

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

მამუკა მაცაბერიძე

მასალათა მიღების, თვისებათა პროგნოზირების  
და ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები

(სალექციო კურსი განკუთვნილია სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის  
ფაკულტეტის სადოქტორო საგანმანათლებლო პროგრამის სტუდენტებისთვის)

საგამომცემლო სახლი  
„ტექნიკური უნივერსიტეტი“

სტუ-2022

სალექციო კურსი „მასალათა მიღების, თვისებათა პროგნოზირების და ექსპერი-  
მენტის დაგეგმვის მეთოდები“ განკუთვნილია ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურ-  
გიის ფაკულტეტის სადოქტორო საგანმანათლებლო პროგრამის სტუდენტებისთვის და  
მოიცავს სასწავლო პროგრამით (სილაბუსით) გათვალისწინებულ ყველა საკითხს.  
სალექციო კურსის მიზანია მოამზადოს ადგილობრივ და საერთაშორისო დარგობრივ  
შრომით ბაზრებზე ორიენტირებული, ინტერდისციპლინარული მიდგომების მცოდნე,  
ტექნოლოგიების უახლეს მიღწევებზე დამყარებული ცოდნით, ადგილობრივი და  
გლობალური გამოწვევების ახლებური გააზრების, კვლევისა და საგანმანათლებლო  
პროცესის წარმართვის უნარებით აღჭურვილი, ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის  
კვალიფიციური მკვლევარი, რაც დააკმაყოფილებს ქიმიური და ბიოლოგიური  
ინჟინერიის დოქტორის ხარისხისადმი წაყენებულ მოთხოვნებს.

რეცენზენტები: პროფესორ-ემერიტუსი ლერი გვასალია  
ასოცირებული პროფესორი გიული ჯოხაძე

## შინაარსი

**შესავლის მაგიერ:** საქართველოს ქიმიური ინდუსტრიის საეტაპო მიღწევებისა და სამომავლო ტექნოლოგიური პერსპექტივისათვის.....10

### თავი 1.

ადამიანის გონება და ცნობიერება; გამოცდილება, მსჯელობა და კვლევა; დედუქციური მსჯელობა, ინდუქციური მსჯელობა და კომბინირებული ინდუქციურ-დედუქციური მიდგომა; მეცნიერების იმანენტურობა და დაშვებები; მეცნიერული მეთოდი; მეცნიერების განვითარების ეტაპები; დაპროგნოზება; მწვანე სასუქები - როგორც ქიმიური სასუქებისა და პესტიციდების ბიო-ეკოლოგიური ალტერნატივა ..... 24

### თავი 2.

ბიოპლასტიკისაგან დამზადებული შესაფუთი მასალები;  
ბიოდეგრადირებადობა და თანამედროვე რეალობა;  
ბიოდეგრადირებადი მასალების განვითარების პერსპექტივებისათვის;  
ბიოდეგრადირებადი და არაბიოდეგრადირებადი მასალები; ნაგავსაყრელთა მწვანე ეკოლოგიური კრიზისი; ბიოლოგიური ნედლეულით დამზადებული მასალა ან პროდუქტი; ბიოდეგრადირებადი  $\neq$  კომპოსტირებადს;  
კომპოსტირებადი = ბიოდეგრადირებადს; ოქსო-დეგრადირებადი მასალა არ არის ბიოდეგრადირებადი ან კომპოსტირებადი და მისი ასოცირება “მწვანე” პლასტიკთან მომხმარებლის შეცდომაში შეყვანას იწვევს;  
კომპოსტირებადობა; ბიოპლასტიკა; ბიოპოლიმერი; EN 13432:2000 და ASTM D6400 სტანდარტები .....57

### თავი 3.

„ჭკვიანი“ მასალების თანამედროვე ერა; „ჭკვიანი“ ანუ ინტელექტუალური მასალები; «smart materials»; შენადნობები "მახსოვრობის ეფექტით"; "ფორმის მახსოვრობა"; თვით-აღდგენადი მასალები; თვითაღდგენადი ლითონის სისტემები; ბეტონის თვითაღდგენა; თვითშემზეთავი მასალები; თვითგამწმენდი მასალები; დენის გამტარი პოლიმერები; მაგნიტორეოლოგიური და ელექტრორეოლოგიური სითხეები; მაგნიტოსტრიქციული და ელექტროსტრიქციული მასალები; ფოტომექანიკური მასალები; პიროელექტრიკები; მეტამასალები; ბუნებრივი საღებავების მიღების შესახებ ..... 76

#### თავი 4.

ჭკვიანი მასალების შექმნის მახასიათებლები და მათი მუშაობის პრინციპები, პრაქტიკაში გამოყენების შესაძლებლობა; ადაპტაციური მართვა; smart-კონსტრუქციის გაჩენა; ადაპტაციის იდეა; smart-მასალები; smart-კონსტრუქცია და ინტელექტუალური კონსტრუქცია; ტერმინები: ინტელექტუალური, ადაპტური, აქტიური, მგრძნობიარე, მეტამორფული კონსტრუქციები და/ან მასალები და/ან სისტემები; ინტელექტუალობა; სიბრძნე/რაციონალობა; სისტემა - კომპონენტების ერთობლივი მუშაობა საერთო მიზნის მისაღწევად; მეტამორფული - სერიოზული გარდაქმნები; აქტუატორები (შემსრულებელი მექანიზმები); smart-ტექნოლოგიები..... 103

#### თავი 5.

თვითაღდგენადი პოლიმერული კომპოზიტი; მიკროკაფსულირება; ეპოქსიდის შემცველი მიკროკაფსულები თვითაღდგენადი კომპოზიციებისათვის; ეპოქსიდური ფისის მიკროკაფსულირების ორსაფეხურიანი მეთოდიკა; in situ ეპოქსიდური მიკროკაფსულირება; კარბამიდფორმალდეჰიდური ოლიგომერი; კარბამიდფორმალდეჰიდის პოლიმერისგან კაფსულის გარსის სინთეზი; „ჭკვიანი“ მასალების დამპროექტებლის სამსახურებრივი ჩამონათვისათვის; ჭკვიანი მასალების დამპროექტებელი; ახალი მასალების დამპროექტებელ-ტექნოლოგი; ჭკვიანი გარემოს დამპროექტებელი; სამრეწველო კომპანიების R&D ცენტრების ქიმიკოს-დეველოპერი; მოძრავი ინტერფაზის საზღვრების თვითლოკალიზაციის პრინციპი; „ჭკვიანი“ მასალების მაღალ ტექნოლოგიური (Hi-Tech) პერსპექტივები საქართველოს დღევანდელ რეალობაში; განათლების ეკონომიკა; გლობალიზაციის დადებითი მხარეები; გლობალიზაციის უარყოფითი მხარეები; მასშტაბის ეკონომიკა; გლობალიზაციის პერსპექტივა; გლობალიზაციის გავლენა ეროვნულ ეკონომიკებზე; ჩვენი პლანეტის ბიოსფერო სგადასვლა ახალ თვისებრიობაში – ნეოსფეროში - მოაზროვნე გარსში; საქართველოს ეკონომიკის შეცდომები, საფრთხეები და მათი დაძლევის რეკომენდაციები..... 122

#### თავი 6.

ხელოვნური მასალების თვითაღდგენის მექანიზმების განხილვა; თვითაღდგენის ეფექტის გამომწვევი მექანიზმების ქიმიური და ფიზიკური პროცესების მოკლე მიმოხილვა; ხელოვნურად შექმნილი მასალები: პოლიმერები, კერამიკა, ლითონები, კომპოზიტები; თვითაღდგენადი მასალების ექსპერიმენტალური პროტოტიპები; ავტონომიური და არაავტონომიური თვითაღდგენადი მასალები; "გარე" და „შინაგანი“ თვით-

აღდგენის მექანიზმები; „self-healing materials“ – „თვითაღდგენადი“, „თვითგანკურნებადი“ ან „თვითშეხორცებადი“ მასალები; თვითაღდგენადი პოლიმერული მასალები; დილს-ალდერის რეაქცია (Diels–Alder reaction) სპეციალურად მოდიფიცირებულ მასალებში; ბეტონის „თვითშეხორცების“ ერთ-ერთი პერსპექტიული მიდგომა არის იმპლანტაცია კირქვის წარმომქმნელი ბაქტერიებით; საქართველოში ეკონომიკის ნეონდუსტრიული ტიპზე გადასვლის თანამედროვე ტექნოლოგიათა ასპექტები; ბიზნესის განვითარების პროგნოზირების პრობლემები; წყლის ელექტროქიმიური აქტივაციის გამოყენებითი ასპექტები; სადღეინფექციო საშუალებების შესარჩევი თანამედროვე მეთოდოლოგიებისათვის; საწარმოო შენობების სანიტარული მომზადების მეთოდები; მოწყობილობის და ინვენტარის დამუშავების მეთოდები; ვალიდაცია და ვერიფიკაცია; კონტრაქტით წარმოების ძირითადი პრინციპები; რეკლამაცია და პროდუქციის გამოთხოვნის ძირითადი პრინციპები; თვითინსპექციის უმთავრესი პრინციპები..... 147

### თავი 7.

საქართველოს ქვანახშირის კონკურენტუნარიანობის ზრდის ფაქტორები ელექტროენერგეტიკაში და აღნიშნულის ეკოლოგიური უსაფრთხოების სრული დაცვის სტრატეგიებისათვის; საქართველოში ქვანახშირის ძირითადი საბადოების საპროგნოზო მარაგები; ადგილობრივი ქვანახშირის ენერგეტიკული მახასიათებლები; ქვანახშირის სავარაუდო ფასის გამოთვლის მეთოდოლოგია; ქვანახშირის წვის ტექნოლოგიები; შეწონილ შრეში წვით მომუშავე ენერგობლოკების გავრცელება-განვითარების გამოცდილება. აირი-ორთქლის კომბინირებული ციკლი შიგაცეკლური გაზიფიკაციით, ენერგობლოკების ტექნოლოგიური სქემები; კომბინირებული ციკლი შიგაცეკლური გაზიფიკაციით; ქვანახშირის თბოელექტროსადგურის საჭიროება საქართველოს ენერგეტიკული სისტემისათვის, ენერგეტიკული სისტემების განვითარების ამოცანები და მიზნები; თბოელექტროსადგურის ადგილმდებარეობის შერჩევა; ქვანახშირიდან მეორეული პროდუქციის წარმოება..... 190

### თავი 8.

ფოროვანი მასალები და საწვავ-ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვის თანამედროვე ალტერნატივა; საშენი მასალების დარგი; საშენი მასალების წარმოების დარგის ძირითადი მახასიათებლებისათვის; ხელოვნური ფოროვანი მასალები; ბუნებრივი ფოროვანი მასალები; ასფალტბეტონი; ყვარელის ფიქალი - ალუმინსილიკატური მასალა, კერამიტი; საგზაო ბეტონი; ფარავნის პერლიტი; კომპოზიტური მასალები (გრანულატები); ბიტუმები; აგურის წარმოება; ბუნებრივი თიხოვანი მინერალები; ტროტუარის ფილის წარმოება; ბეტონის წარმოება; ასფალტის წარმოება;

რესურსეფექტური და სუფთა წარმოების (რესწ) ინსტიტუციები; ბიოსამედიცინო და აგრარული დანიშნულების ფორიანი მასალები; პერლიტი; ვერმიკულიტი; მედიცინის დარგებში გამოყენებული მასალების სისტემური მახასიათებლები; ალტერნატიული ალტერნატიული საწვავი - ნავთობი სხვადასხვა წყაროებიდან..... 207

## თავი 9.

საქართველოს საგზაო ინფრასტრუქტურის საგზაო მშენებლობის საგზაო-საშენი მასალებით უზრუნველყოფის სტრატეგიებისათვის; „წყლის მშვიერი ნაკადი“; ხელოვნური ქვიშა; ქვიშაქვების დაშლა-დაქუცმაცების თბოტენიანი მეთოდი; ქვიშაქვების დაშლა-დაქუცმაცების თბოტენიანი მეთოდი; ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალები და მათი გამოყენება საგზაო საფარის კონსტრუირებისას; ძვრის დეფორმაციები; ნახევრად ხისტი საგზაო ფენილი; ბიტუმ-მინერალურ სისტემები; საგზაო სამოსების ოპტიმიზაცია; ჰორიზონტალური ძალისაგან გამოწვეული დატვირთვები და დეფორმაციები; საგზაო სამოსის გაანგარიშების კომპიუტერული პროგრამა; საქართველოს ტერიტორიაზე საგზაო-სამშენებლო ქვის მასალების გავრცელების რუკები; საგზაო ფენილებში ხელოვნური კვარცული ქვიშების გამოყენების ეფექტიანობისათვის; ფუძის დამატებითი (სადრენაჟო) ფენა; საგზაო ფენილზე ჰიდრო- და კლიმატური ფაქტორების გავლენა; ასფალტბეტონის ნარევებში გამოყენებული ქვიშები; ბუნებრივი ქვიშა; ხელოვნური ქვიშები; გარემოს დაცვა ქვის მასალების მოპოვებისას; სამრეწველო არასამთო საშენი მასალების საწარმოების პროექტირების ტექნოლოგიური ნორმები; საგზაო ფენილები ბიტუმმინერალური მასალებით; ასფალტბეტონის სტრუქტურა; ბიტუმის შემცველი საგზაო ფენილების სიმტკიცის საფუძვლები; კვარცული ქვიშაქვების ქიმიური შემადგენლობის და ფიზიკო-მექანიკური თვისებები; ასფალტბეტონის ნარევის დამზადების ახალი “განცალკავებული” ტექნოლოგია და მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობა; ასფალტური შემკვრელი; კვარცული ქვიშაქვების გადამუშავების თბოტენიანი მეთოდი..... 249

## თავი 10.

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სისტემები; ჩამდინარე წყლების სახეები; ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიური ეტაპები; ჩამდინარე წყლების შეგროვება და ტრანსპორტირება; სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა; ნაკადის გათანაბრება; ფიზიკური გაწმენდის მეთოდები; გაცხრილვის მეთოდები; წნეხ-ფილტრები; მემბრანული სეპარაცია; ფილტრაცია გრანულოვანი გამფილტრავი მასალის გამოყენებით; ბუნებრივი დალექვა; ფლოტაცია; ადსორბცია; იონების გაცვლა; გამოდევნა; მოშორება; ქიმიური გაწმენდის მეთოდები; ბიოლოგიური გაწმენდის

მეთოდები; სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ანაერობული მეთოდების გამოყენებით; სამრეწველო შლამის გაწმენდა; სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდისა და განთავსების სხვა მეთოდები; ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენება; ყურძნის გადამუშავების პროდუქტების მეორადი მატერიალური რესურსების გამოყენებისათვის..... 277

## თავი 11.

ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით; ბუნებრივი ნივთიერებები; ვიტამინები; ქოლესტერინის ბიოსინთეზი; ადამანტანის სინთეზი; ფერმენტები; ცოცხალი უჯრედი და ბუნებრივი ნივთიერებები; უჯრედის ციკლი; სიმსივნური უჯრედების ინვაზია და მეტასტაზირება; სიმსივნური წარმონაქმნების ფოტოქიმიო- და ფოტოთერმოთერაპიის თანამედროვე პრობლემები; მცენარეთა მინერალური კვების ელემენტები - ნორმალური კვება ყველა ცოცხალი ორგანიზმის ზრდისა და განვითარების საფუძველი..... 301

## თავი 12.

ფაუნის როლი სამკურნალო საშუალებების წარმოებისათვის და ცხოველთა სამყაროს მნიშვნელობა თანამედროვე მედიცინისა და ფარმაცოლოგიისათვის; ზღვის ბიოლოგია; სამკურნალო პრეპარატების ერისა ზღვის ნედლეულიდან; რიბოზა; არაბინოზა; ციტოზინარაბინოზა; სპონგინი და სპონგინინი; ნატრიუმის ფტორსილიკატი ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ); „ეპტატეტრინი“; ტეტროდონინი და ტეტროდონინის მჟავა; ტეტროდოტოქსინი; სიმსივნეების დამთრგუნველი სფირნოსტანინები; კატრექსი; თევზისაგან „პელამიდა“ გამოყოფილი ნივთიერება 6-ჰიდროქსიპურინ-5-მონონუკლეოტიდი; გოლოტურინი; წებოვანი ნივთიერებები; ფერმენტი ქოლინესტერაზა; ეკვორინს გააჩნია უნიკალური თვისება ლუმინესცირებისა კალციუმის და სტრონციუმის იონების თანაობისას; პროსტაგლანდინები; პოლიტოქსინის ერლიხის სიმსივნის მთლიან გაქრობის უნარი; ქიტინი ჭრილობების შესახორცებლად; კვიტინი - კანის პირგენტაციის ნორმალიზატორი; ბუფოტოქსინი; დერმორფინები; ცეტეკიტოქსინი - არტერიული წნების დამწვევი; ანტითრომბოპლასტინი; ეპილეფსიის მკურნალობისას გველის შხამები აღზნების უბნების ჩახშობის უნარით დგანან ერთ-ერთ პირველ ადგილზე ცნობილ ფარმაცოლოგიურ პრეპარატებს შორის; ცილოვანი ბუნების ციტოტოქსინი; აცეტილქოლინური რეცეპტორები; მსოფლიო ანტი-დოპინგური კოდექსი – აკრძალული სიის საერთაშორისო სტანდარტი - 2021..... 336



### თავი 13.

მწერებისაგან მიღებული მასალები სამკურნალო პრეპარატების წარმოებისათვის; ფუტკრისაგან მიღებულმა სამკურნალო პრეპარატები; ფუტკრის შხამი (“აპიტოქსინი”); ფუტკრის შხამის აღმოჩენილი და შესწავლილი პოლიპეპტიდები, ფერმენტი გიალურონიდაზა, ახდენს რა შემაერთებელი ქსოვილის შესაბამისი მჟავის ჰიდროლიზს, ხელს უწყობს ორგანიზმში ტოქსიკური კომპონენტების გავრცელებას; ფუტკრის წებო - პროპოლისი; ფუტკრის რძე; ქვეყნებში. ყველაზე ცნობილი სამკურნალო პრეპარატებია: „აპიფორტილი“, „ულკოჟერალი“, „როიაპანი“ (გერმანია), „აპისერუმი“ (საფრანგეთი), „სპინტავიტი“ (იტალია), „ლონჟიპეკს-პლუსი“ (კანადა), „DH-112-ჰოლცინგერი“ (ავსტრია), „სუპერკონცენტრატი“ (რუმინეთი), „ვიტაპინალი“ (ყოფილი ჩეხოსლოვაკია); ბაზის თაფლი; „48/80“ ნივთიერებები; ბუნების განსაკუთრებული ნივთიერება - „ჰირუდინი“, რომელსაც გააჩნია სისხლის შედედების საწინააღმდეგო უნარი თრომბინის ინაქტივაციის გზით; ფერომონები - ცხოველთა კომუნიკაციის ქიმიური საშუალებები; ცხოველთა კერატინების გამოყენება ფარმინდუსტრიის ნედლეულად; „ჟელატინის ღრუბელი“; ნაღვლის მჟავები.; კომბინირებული დუდილის - რძემჟავურის და სპირტულის, პროდუქტია „კუმისი“; ადამიანის რძის „რელიზინგ-ფაქტორი“; საქართველოს ენდემური ყურძნისგან სამკურნალო პრეპარატების დასამზადებელი სანედლეულო მასალების შესახებ..... 367

### თავი 14.

ცხოველთა ორგანოებიდან დამზადებული წამლების ტექნოლოგიის იდეოლოგიისათვის; “ნერვების ზრდის ფაქტორი”; “ეპიდერმალური ზრდის ფაქტორი”; “სწავლის ფაქტორი”, ან “მეხსიერების ფაქტორი”; “ძილის ფაქტორი”; ოპიოიდური პეპტიდები “ენდორფინები” და “ენკეფალინები”; ორაგულის ტვინიდან მიღებულია პრეპარატი; ფერმენტი “გიალურონიდაზა” ხლეჩს გიალურონმჟავას; ჰეპარინი და ჰეპარინის ანტაგონისტი; “ინსულინი”; ნუკლეინმჟავების ჰიდროლიზების უნარი; საშიშროება ჯირკვლის ქსოვილების თვითმონელებისა; ქრონიკული პანკრეატიტებისა და კუჭქვეშა ჯირკვლის უკმარისობა; ადამიანის სისხლის პლაზმის პროფიბრინოლიზინის ტრიპსინით აქტივაცია; “ინტერფერონი”; “ინსულინი”; „ლანგერგანსის კუნძულები“; ინსულინის სინთეზი; ადამიანის და ცხოველთა ინსულინი; რეკომბინატული დნმ-ის ტექნოლოგია და ინტერფერონები; ზრდის ჰორმონი, ვაქცინები და ფერმენტები; ჰიპოფიზი ენდოკრინული სისტემის დირიჟორი; კალციტონინი ანტაგონისტი პარათირეოიდული ჰორმონისა (პარათჰორმონისა), რომელიც ახდენს გავლენას კალციუმის ცვლაზე; ტესტოსტერონი; „ესტრონი (ფოლიკულინი)“ ; კარბის ზღვის გორგონის მარჯნები; ენდოგენური ოპიოიდები - „ენკეფალინები“ და „ენდორფინები“;



ელენტის ექსტრაქტთა მოქმედების მრავალგვარობა; ბუნებრივ ნივთიერებათა სამყაროს პარადოქსები; ეკოლოგიური ბიოქიმია..... 399

**თავი 15.**

მასალათა კვლევის სისტემური ტოპოლოგიისათვის; კვლევის სტრატეგიათა ტოპოლოგია; ექსპერიმენტის სანდოობა; საკვლევი კითხვის დასმა; დაკვირვების ობიექტი; კვლევითი მეთოდი; საკვლევი ობიექტის მეტრიკა ანუ გაზომვა; გადაწყვეტილების მიღების საუკეთესო ვარიანტი; მმართველობითი გადაწყვეტილების მიღების თეორია; გადაწყვეტილების მიღების თეორია; საკვლევი თემის ირგვლივ ჰიპოთეზების ჩამოყალიბება; საძიებელი ცვლადი; სანდო ექსპერიმენტი; კვლევითი მეთოდის გლოსარიუმი; ექსპერიმენტის დაგეგმვის იმიტაციური მოდელირება Matlab-ის გარემოში; იმიტაციური მოდელი; ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები; ახალი თაობის მასალების საპროგნოზო მონაცემებისათვის; ზემტკიცე მასალები; ცვეთამედეგი მასალები; ანტიკოროზიული მასალები; თერმომდგრადი მასალები; რადიაციამედეგი მასალები; ინტელექტუალური და მოსარგები საკუნსტრუქტორო მასალები; მჭიდა მასალების პერსპექტივა; სენსორული მასალების პერსპექტივა; განსაკუთრებული ელექტრო-მაგნიტური თვისებების მქონე მასალები; კატალიზური მასალების პერსპექტივა; განსაკუთრებული ოპტიკური თვისებების მქონე მასალები; მემბრანული მასალების პერსპექტივა; ჰიბრიდული მასალები და კონვერგენტული ტექნოლოგიები; ბიომიმეტური და სამედიცინო დანიშნულების მასალები; მასალათა და პროცესების კომპიუტერული მოდელირების პერსპექტივა; მასალათა დიაგნოსტიკის პერსპექტივა; IV ინდუსტრიული რევოლუციის - ციფრული ტრანსფორმაციის ეპოქა.....424

## შესავლის მაგიერ:

### საქართველოს ქიმიური ინდუსტრიის საექსპო მიღწევებისა და სამომავლო ტექნოლოგიური პერსპექტივისათვის

#### საქართველოს ქიმიური ინდუსტრიის საექსპო მიღწევებისათვის

საქართველოს ქიმიური ინდუსტრიისათვის ბმული აზოტის წარმოების დარგი ქიმიური ტექნოლოგიის გამორჩეული მიმართულებაა, რომლის მნიშვნელობა ხაზგასმულია ნახსენებ დარგში წარმოებული პროდუქციის ასორტიმენტის არასრული ჩამონათვალით: ამიაკი, აზოტმჟავა, ნიტრატები, ნიტრიტები, აზოტის შემცველი მარტივი და კომპლექსური სასუქები, ტროტილი, ამინები, ნიტრობენზოლი, პოლიამიდები (ნეილონი, კაპრონი, კაპროლაქტამი), ნიტროგლიცერინი, ანილინი, ნიტროლაქები, ნიტროსაღებავები და სხვ.

ბმული აზოტის პროდუქციებისას გამოიყენება ურთულესი საქარხნო აღჭურვილობა და ტექნოლოგიები, რომელთა ექსპლოატაცია ხელეწიფებათ მხოლოდ უმაღლესი კვალიფიკაციის სპეციალისტებს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ქვეყანას რომ ჰქონდეს ბმული აზოტის წარმოება, საკმარისი არ არის მხოლოდ ნედლეული და ენერჯია. მასთან ერთად აუცილებელია უმაღლესი კვალიფიკაციის მქონე ინტელექტუალური და საინჟინრო პოტენციალის მატარებელი კადრები; აღნიშნულის გამო, ბმული აზოტის წარმოება ძირითადად განთავსებულია ტექნიკურად მაღალ განვითარებულ ისეთ ქვეყნებში როგორებიცაა: აშშ, გერმანია, საფრანგეთი, რუსეთი, უკრაინა, ბელორუსია, ბულგარეთი, კანადა..., ყოფილ საბჭოთა კავშირში ბმული აზოტის წარმოების 21 საწარმოო ფუნქციონირებდა. აქედან 14 რუსეთის ფედერაციაში, დანარჩენი სხვა რესპუბლიკებში (უკრაინა, ბელორუსია, ყაზახეთი, საქართველო). მათგან რუსთავის, მაშინდელი ს/გ „აზოტი“ ერთ-ერთი მოწინავე იყო.

საქართველოში ბმული აზოტის წარმოების იდეა ჯერ კიდევ გასული, XX, საუკუნის 30-იან წლებში გაჩნდა. ტყიბულის ქვანახშირის გაზიფიკაციით მიღებული აირის ბაზაზე ქუთაისში უნდა აშენებულიყო აზოტოვანი სასუქების ქარხანა, მაგრამ აშენდა მხოლოდ აგურის ქარხანა, რომელსაც საშენი მასალებით უნდა უზრუნველყო მომავალი აზოტის წარმოება, მაგრამ საქმე აღნიშნულის იქით აღარ წასულა. მეორე მსოფლიო ომის დამთავრებისთანავე დაიწყო რუსთავის მეტალურგიული ქარხნისა და ქ. რუსთავის მშენებლობა და უკვე სერიოზულად დადგა საკითხი მეტალურგიული ქარხნის მიერ წარმოებული კოქსის აირის ბაზაზე რუსთავშივე აშენებულიყო აზოტოვანი სასუქების ქარხანა. ამ იდეას ჰყავდა მოწინააღმდეგეებიც, რომლებიც ამტკიცებდნენ, რომ უმჯობესი იყო კოქსის აირი გამოეყენებინათ როგორც საწვავი თვით მეტალურგიულ

ქარხანაში ქარხნის ავტონომიური ენერგო მომარაგებისათვის. აღსანიშნავია, რომ წარმოების ამგვარი სქემა ინდუსტრიულად განვითარებულ დასავლეთში კარგა ხნის უარყოფილი იყო. ხაზგასასმელია, რომ ქართველ ინჟინერ-ქიმიკოსთა და ტექნოლოგთა სახელოვანი პლეადა – ნ. ლანდია, პ. ცისკარიშვილი, რ. აგლაძე, ვ. გეგელე, ი. ბერიძე, ა. შათირიშვილი და განსაკუთრებით ვ. ჩაგუნავა (ამ პერიოდისათვის, მას უკვე ჰქონდა მეტად მნიშვნელოვანი სამეცნიერო კვლევები ბმული აზოტის ტექნოლოგიის დარგში) კვლევითი მტკიცებულებების მობილიზებით იცავდნენ კოქსის აირის ბაზაზე აზოტოვანი სასუქების ქარხნის აშენების იდეას.

აღნიშნული თვალსაზრისით განსაკუთრებით აღსანიშნავი და საეტაპო მნიშვნელობისაა აკადემიკოს რ. აგლაძის ვრცელი სტატია<sup>1</sup>, იმდროინდელი ოფიციალური მთავარ გაზეთში “აზოტოვანი სასუქების ქარხნის მშენებლობის შესაძლებელი გზები”.

ზემოთნახსენებ სტატიაში ავტორი (აკად. რ. აგლაძე) მიმოიხილავს აზოტის წარმოების მნიშვნელობას და ასაბუთებს რუსთავის მეტალურგიულ ქარხანასთან კოოპერირებულ აზოტის წარმოების გადაუდებელ აუცილებლობას. წყალბადის მიღების არსებული მეთოდების ეკონომიკური ანალიზის შედეგად აკად. რ. აგლაძე ემხრობოდა კოქსის აირიდან წყალბადის გამოყოფას ღრმა გაცივების მეთოდით. აღსანიშნავია, რომ ამ სქემას ანიჭებდა უპირატესობას პროფ. ვ. ჩაგუნავაც.

მოგვიანებით, როდესაც ქართველი მეცნიერები გაეცნენ იმ დროისათვის პროგრესულ მეთოდს – კოქსის აირის შემადგენელი მეთანისა და ნახშირჟანგის კატალიზური კონვერსიის გზით წყალბადის მიღებას, უყოყმანოდ დაუჭირეს მხარი ამ სქემას და შემდგომში სწორედ რუსთავის აზოტოვანი სასუქების ქარხანაში, პირველად საბჭოთა კავშირში, განხორციელდა ეს მეთოდი.

ყოველივე აღნიშნულმა სწრაფი შედეგი გამოიღო და 1947 წლის 21 მაისს საბჭოთა კავშირის მინისტრთა საბჭომ მიიღო დადგენილება რუსთავის მეტალურგიული ქარხნის კოქსის აირის ბაზაზე აზოტოვანი სასუქების ქარხნის მშენებლობის დაწყების შესახებ.

უმძლავრესი ქიმიურ-ტექნოლოგიური საწარმოს შექმნას დიდი მნიშვნელობა ჰქონდა არა მარტო საქართველოსთვის, არამედ მთელი საბჭოთა კავშირისთვისაც. იგი სათავო წარმოება იყო დარგში, რომელმაც პირველად დანერგა კოქსის აირიდან მეთანისა და ნახშირჟანგის კონვერსიის მეთოდით წყალბადის მიღების პრინციპულად ახალი ტექნოლოგია. 1947 წლის ოქტომბერში დაიწყო აზოტოვანი სასუქების ქარხნის მშენებლობა, რომელსაც ახორციელებდა ტრესტი „ამიერკავკასიის მეტალურგმშენი“.

<sup>1</sup> Academician R. Agladze, (1945, September 19). Possible ways of building a nitrogen fertilizer plant. Newspaper "Communist" N184

1951-1952 წლებში ექსპლოატაციაში მიიღეს ქარხნის სამმართველო, ჟანგბადშემდგენი სადგური, ელექტრომექანიკური და სარემონტო მექანიკური საამქროები. ამ სამუშაოებს ხელმძღვანელობდა ცნობილი ინჟინერ-ტექნოლოგი ა. შათირიშვილი.

1954 წელს ქარხანა შეივსო ახალგაზრდა სპეციალისტების დიდი ჯგუფით, რომელთა შემადგენლობაში იყვნენ: მ. მინდიაშვილი, ვ. შავშერდიანი, მ. ვოდოხლეხოვა, ა. პიპკო, ნ. ჯიშკარიანი, თ. ხომასურიძე, ა. კალანდაძე, ბ. პრონინი, ე. ჩიქოვანი, მ. ქავთარაძე, თ. ბურკაძე და სხვანი. ამავე პერიოდში ქარხანაში მოვიდნენ საბჭოთა კავშირის სხვადასხვა ქარხანაში მოღვაწე გამოცდილი ინჟინრები დ. აბრამია, ლ. ვარდოსანიძე და ს. გაბრიჩიძე.

1955 წლის აპრილში გაუშვეს პირველი რიგის გადამამუშავებელი საამქროები (აზოტმჟავასი და ამონიუმის გვარჯილის), რომლებიც შემოტანილ ნედლეულზე მუშაობდნენ. ამ საამქროების გაშვებაზე მუშაობდა სპეციალური ბრიგადა, რომელსაც სათავეში ედგა საბჭოთა კავშირის ქიმიური მრეწველობის სამინისტროს აზოტის მთავარი სამმართველოს უფროსი ლ. კონსდანდოვი (შემდგომში საბჭოეთის ქიმიური მრეწველობის მინისტრი).

1956 წლის 26 თებერვალს მიიღეს ამიაკის პირველი ტონები. სწორედ ეს დღე ითვლება საწარმოს დაბადების თარიღად. ამ პერიოდში ქარხნის დირექტორი იყო ნ. ჭიპაშვილი, ხოლო მთავარი ინჟინერი ვ. ნოვიკოვი. საწარმოს განვითარების შემდგომ პერიოდში გრძელდებოდა ახალი სიმძლავრეების მწყობრში შესვლა. ამავე წელს გაუშვეს მიკროსასუქების საამქრო.

1955 წლის ბოლოს ექსპლოატაციაში შევიდა აირადი და თხევადი ჟანგბადის (ჰაერგამყოფი) საამქროები, ხოლო 1956 წლის იანვარში მწყობრში ჩადგა კონვერსიის საამქრო.

1957 წლის დეკემბერში ფუნქციონირება დაიწყო საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის მიერ დამუშავებული (ხელმძღვანელი აკად. რ. აგლაძე) უნიკალური ელექტროქიმიური ტექნოლოგიით მომუშავე კალიუმის პერმანგანატის საამქრომ. ამ პერიოდში ქარხანაში მოვიდა ახალგაზრდა ქიმიკოს-ტექნოლოგების ახალი ნაკადი. მათ შორის იყვნენ გ. ქებაძე, ი. ოშორიძე, ო. კალანდარიშვილი, მ. გუნცაძე, ბ. დოლიძე, პ. პლისი, ო. ლავრენტოვიჩი, დ. ჩარუხჩიანი, ჭ. რუხაძე და სხვ. ამავე წელს ქარხანაში დაინერგა პროფესორ ვ. ჩაგუნავას მიერ დამუშავებული კოქსის აირის გოგირდორგანული ნაერთებისაგან ერთსაფეხურიანი გაწმენდის ორიგინალური მეთოდი მანგანუმის შემცველი შლამებით. დანერგვაში მონაწილეობდნენ ქარხნის ინჟინრები: ნ. ჭიპაშვილი, ი. კრუგლოვი და ს. გაბრიჩიძე. 1958-60 წლებში ქარხანა

შეივსო საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის (დღევანდელი ტექნიკური უნივერსიტეტი) ქიმიური ტექნოლოგიის ფაკულტეტის კურსდამთავრებულთა ახალი ჯგუფით – გ. გოგოლაძე, ა. გუბაევი, ბ. გეგელიშვილი, ლ. გვასალია, ე. ბახტაძე, მ. ჯინჭარაძე, გ. ფაღავა, ვ. ბახტაძე, ჯ. მეხრაძე, ს. ტაბატაძე, ზ. ფადიურაშვილი, ბ. გოგუაძე, რომელთაგან უმეტესობას, შემდგომი წლების განმავლობაში, ქარხნაში საკვანძო თანამდებობები ეკავა.

1959 წელს მწყობრში ჩადგა არგონის და ნატრიუმის ნიტრიტ-ნიტრატის განყოფილებები ჰაერის გამყოფი და აზოტმჟავას საამქროების ბაზაზე. 1960 წლის სექტემბერში ქარხნის ცხოვრებაში მოხდა მნიშვნელოვანი მოვლენა, რუსთავის ქიმიკოსები, საბჭოთა კავშირში პირველები გადავიდნენ კოქსის აირის ნაცვლად, ბუნებრივი აირის გამოყენებაზე, რამაც მნიშვნელოვნად გაამარტივა ტექნოლოგიური პროცესი (ციკლიდან მთლიანად ამოვარდა აირის გოგირდოვანი მინარევებისაგან გაწმენდის ძვირად ღირებული პროცესი), გაზარდა ქარხნის წარმადობა და გააიფა წარმოებული პროდუქცია. ერთი წლის შემდეგ მწყობრში ჩადგა სუსტი აზოტმჟავას კომბინირებული მეთოდით წარმოების საამქრო (3.5 ატმ წნევით).

1960 წლიდან ქ. რუსთავში დაიწყო კიდევ ერთი დიდი საწარმოს – სინთეზური ბოჭკოს ქარხნის მშენებლობა. პარალელურად, აზოტოვანი სასუქების ქარხანაში საფუძველი ჩაეყარა კაპროლაქტამის წარმოებას, რომელსაც ძირითადი ნედლეულით უნდა მოემარაგებინა სინთეზური ბოჭკოს ქარხანა. კაპროლაქტამის წარმოების საინჟინრო კადრებით დაკომპლექტების მიზნით, მაშინდელი საქართველოს პოლიტექნიკური ინსტიტუტის ქიმიური ტექნოლოგიის ფაკულტეტზე, სხვადასხვა სპეციალობის ვაჟი სტუდენტებისაგან დაკომპლექტდა ახალი სპეციალობის – „ორგანულ ნაერთთა ტექნოლოგია“ ჯგუფი 25 კაცის შემადგენლობით. მათ შორის იყვნენ ზ. კერვალიშვილი, ვ. ერისთავი, ჯ. მარგველაშვილი, ნ. გიორგობიანი, რ. გაფრინდაშვილი, ნ. კაკაბაძე, გ. ცხადაია და სხვ. ისინი 6 თვით გაიგზავნენ ქ. ძერჟინსკის ანალოგიურ წარმოებაში სტაჟირებაზე. მათთან ერთად ქარხნიდან გაიგზავნა ახალგაზრდა ინჟინერთა ჯგუფი: გ. გოგოლაძე, ვ. შავშერდიანი, ო. კალანდარიშვილი, ზ. ფადიურაშვილი, ლ. გვასალია, ვ. დობროლეჟინი, ა. კოპაძე, რ. კავთიაშვილი და პ. მურვანიშვილი, რომლებმაც აითვისეს წარმოება და თავიანთი წვლილი შეიტანეს კაპროლაქტამის წარმოების საამქროების დაკომპლექტებაში, მონტაჟსა და საექსპლოატაციო გაშვებაში.

1963 წლის ივნისში მწყობრში ჩადგა ფენოლის ციკლით მომუშვე ციკლოჰექსანონისა და ციკლოჰექსანოლის საამქროები. ერთი თვის შემდეგ ამონიუმის ბისულფატის საამქრო, ხოლო 1963 წლის ოქტომბერში უკვე გამოუშვეს კაპროლაქტამის პირველი პროდუქცია, რამაც განაპირობა ქიმიური ბოჭკოს ქარხნის ფუნქციონირების დაწყება.

1963 წელს აზოტოვანი სასუქების ქარხანა გარდაიქმნა რუსთავის ქიმიურ კომბინატად. კომბინატი თანდათან ფართოვდებოდა, შესაბამისად, იზრდებოდა გამოშვებული პროდუქციის ასორტიმენტი.

1967 წლის ოქტომბერში ამუშავდა ციანმარილების საამქრო, რომელიც თავდაპირველად ტექნიკურ მარილს აწარმოებდა, ხოლო 1973 წლიდან, უკვე სუფთა ციანიდების ახალი სახეობის პროდუქციას.

1970 წელს ექსპლოატაციაში შევიდა კარბამიდის საამქრო და ცენტრალური საქვავი. გაუშვეს ამიაკის წარმოების ახალი ხაზი. 1975 წელს ჭიათურის მანგანუმის ბაზაზე კომბინატში შეიქმნა ელექტროლიზური მანგანუმის ორჟანგის საცდელი საწარმო, რომელიც 1980 წელს ქარხანად გადაკეთდა.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანი იყო წარმოებისათვის 1979-81 წლები. ამ პერიოდში ექსპლოატაციაში შევიდა ამიაკის წარმოების დიდტონაჟიანი ტექნოლოგიური ხაზი, სრულიად ახალი პროგრესული ტექნოლოგიით, რომელის წარმადობა ორჯერ აღემატებოდა ადრე არსებულს. ამავე პერიოდში მწყობრში ჩადგა სუსტი აზოტმჟავასა და ამონიუმის გვარჯილის წარმოებები გაორმაგებული სიმძლავრეებით.

1985 წელს დამთავრდა კაპროლაქტამის წარმოებაში არსებული საამქროების სრული გადაიარაღება, მწყობრში ჩადგა ნედლი ლაქტამისა და კაპროლაქტამის საამქროების მეორე რიგი. 1991 წელს ამუშავდა კოსმეტიკური ფანქრების საამქრო. იმ დროისათვის წარმოებას ჰქონდა მძლავრი ინფრასტრუქტურა: აშენებული იყო რამდენიმე ათეული მრავალსართულიანი საცხოვრებელი კორპუსი ქარხნის თანამშრომლებისათვის. წარმოების განკარგულებაში იყო კულტურის შესანიშნავი სასახლე, სასპორტო მოედნები, საავადმყოფო, პოლიკლინიკა, დასასვენებელი და გამაჯანსაღებელი ბაზები ურეკში, მანავაში, უწერასა და ნუნისში.

გასული საუკუნის 90-იან წლებში საწარმოო გაერთიანება „აზოტი“ მძიმე მდგომარეობაში ჩავარდა. ამის მიზეზი იყო ქვეყანაში მიმდინარე ნეგატიური მოვლენები, რომელსაც დაერთო ქვეყნისათვის შეუფერებელი სამრეწველო პოლიტიკის შედეგად ინიცირებული პრობლემები.

აღსანიშნავია, რომ ჯერ კიდევ მე-20 საუკუნის 80-იან წლებში გაუმართლებლად შეწყვიტა ფუნქციონირება კარბამიდის საამქრომ შემდეგი გარემოების გამო: თავდაპირველად ქარხანა კარბამიდს უშვებდა ტომრებში დაფასოებულს, შემდგომში კი იგი მომხმარებელთან იგზავნებოდა დაუფასოებლად, სპეციალური სარკინიგზო ვაგონებით – ე.წ. „ხოკერებით“, რომლებიც იტვირთებოდა ზემოდან, ხოლო ჩამოტვირთვა ხდებოდა ვაგონის ქვედა ნაწილში განთავსებული სარქველიდან.

არც თუ იშვიათად ხდებოდა პროდუქციის შეგოზვა, რის გამოც გაძნელებული იყო „ხოკერების“ ჩამოცლა. საჭირო ხდებოდა შეგოზილი მასისაგან ჩამოსატვირთი სარქვლის გათავისუფლება პნევმატური ჩაქუჩებით ან წერაქვებით. ამის გამო მიმღები ორგანიზაცია უკან აბრუნებდა კარბამიდით სავსე ვაგონებს, რაც მძიმე ფინანსურ ტვირთად აწვებოდა წარმოებას. შეგოზვის მიზეზი კი იყო, წარმოების ტექნოლოგიაში დაშვებული შეცდომები, ზოგჯერ კლიმატური პირობებიც. იმის ნაცვლად, რომ გამოველინათ კარბამიდის შეგოზვის მიზეზები და გაეტარებინათ მისი თავიდან აცილების ღონისძიებები ან პროდუქცია ტომრებში დაეფასობინათ, საერთოდ გააჩერეს კარბამიდის საამქრო და საქართველოში შეწყდა ამ მეტად ძვირფასი პროდუქციის გამოშვება.

ამის შემდგომ, ნედლეულის (ბუნებრივი აირი), ენერგორესურსების თუ გასაღების ბაზრების დეფიციტის მიზეზით, ზედიზედ გააჩერეს არგონის, კალიუმის პერმანგანატის, მანგანუმის ელექტროლიტური ორჟანგის საამქროები. მაგრამ ყველაზე დიდი დარტყმა წარმოებისათვის იყო კაპროლაქტამის წარმოების გაჩერება და დაკონსერვება, რაც თავის მხრივ გამოწვეული იყო პროდუქციის ძირითადი მომხმარებლის – რუსთავის ქიმიური ბოჭკოს ქარხნის გაჩერებით.

1997 წლისთვის ქარხანას, რომლის აქციების თითქმის 100 % სახელმწიფოს ეკუთვნოდა დაუგროვდა ასეულ მილიონიანი ვალი (ძირითადად, ბუნებრივი აირის, ელექტროენერჯის, სახელფასო, საბიუჯეტო და ა.შ.) და პრაქტიკულად გაკოტრებული იყო.

1998 წელს მთლიანად შეიცვალა ქარხნის ხელმძღვანელობა. ახლად არჩეულ სამეთვალყურეო საბჭოში (თავმჯდომარე ი. არემიძე) ეკონომიკისა და ქონების მართვის სამინისტროებისა და წარმოების წარმომადგენლებთან ერთად მიწვეული იყვნენ დარგის ცნობილი მეცნიერები – საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის არაორგანულ ნივთიერებათა ტექნოლოგიის კათედრის გამგე, პროფესორი ლ. გვასალია (სამეთვალყურეო საბჭოს თავმჯდომარის მოადგილე) და თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის ქიმიის ფაკულტეტის დეკანი, პროფესორი შ. სიდამონიძე.

სამეთვალყურეო საბჭომ საწარმოს გენერალურ დირექტორად ხელახლა მიიწვია ცნობილი სპეციალისტი გ. გოგოლაძე, რომლის სახელთანაც დაკავშირებული იყო ქარხნის ყველა წარმატება მე-20 საუკუნის 70-იანი და 80-იანი წლების დასაწყისში. ახალი დირექტორის წარდგინებით ქარხნის მთავარ ინჟინრად დაინიშნა ახალგაზრდა სპეციალისტი ა. ხმიადაშვილი, ტექნიკური განყოფილების უფროსად კი გამოცდილი ინჟინერი ა. გუბაევი. ახალმა ხელმძღვანელობამ პირველ რიგში გადაამოწმა თუ რამდენად სწორი იყო ქარხნის დავალიანება. აღმოჩნდა, რომ იგი ხელოვნურად და



უსაფუძვლოდ იყო გაზრდილი. ქარხანამ ზედიზედ მოიგო სასამართლო პროცესები, რის შედეგადაც აღმოჩნდა, რომ ქარხნის რეალური დავალიანება არც ისე კატასტროფული იყო (დაახლოებით 30 მილიონამდე), რისი დაფარვაც საწარმოს ნორმალური ფუნქციონირების პირობებში სავსებით რეალური იყო. ასეთ პირობებში საწარმოს ძირითადმა კრედიტორმა, საერთაშორისო ენერგეტიკულმა კომპანია „იტერამ“ თანხმობა განაცხადა აღედგინა ქარხნისათვის ბუნებრივი აირის მიწოდება. სწრაფი ტემპებით მწყობრში ჩააყენეს წარმოების მანქანა-დანადგარები და 1999 წლის იანვარში, ორწლიანი იძულებით შეჩერების შემდეგ, გაუშვეს ამიაკისა და ამონიუმის გვარჯილის წარმოებები. ეს იყო საწარმოს ხელმეორედ დაბადება. ს.ს „აზოტი“ კოლექტივი დაულალავი შრომის შედეგად ძალებს იკრეფდა, მალე ხელახლა გაუშვეს ციანმარილებისა და ყველა დამხმარე საამქროები. ამის შედეგი იყო ის, რომ საქართველოს ფინანსთა, ეკონომიკისა და ქონების მართვის სამინისტროების მხარდაჭერითა და მთავარი კრედიტორის - „იტერას“ თანხმობის საფუძველზე, რუსთავის საქალაქო სასამართლომ 2001 წლის 27 ივნისს ს/ს „აზოტის“ რეაბილიტაციის პროგრამა დაამტკიცა, რამაც საწარმო გავოტრებისაგან იხსნა. ეს უკვე საწარმოს გადარჩენა იყო, რაშიც ლომის წილი ქარხნის დირექტორს გ. გოგოლაძეს მიუძღოდა და საწარმო უკვე რამდენიმე სახის პროდუქციას უშვებდა, ესაა:

- ამონიუმის გვარჯილა – მთლიანად აკმაყოფილებს ამიერკავკასიის რესპუბლიკების (აზერბაიჯანი, სომხეთი, საქართველო) მოთხოვნებს. გარდა ამისა, საექსპორტოდ იგზავნება თურქეთში, საბერძნეთში, ესპანეთში, საფრანგეთში.
- ამონიუმის სულფატი – მომხმარებლებია საქართველო, აზერბაიჯანი, სომხეთი.
- ციანმარილები – მოიხმარება როგორც შიდა ბაზარზე, ასევე იგზავნება საზღვარგარეთ – სომხეთში, უზბეკეთში, ყაზახეთში, ირანში, კორეაში, ავსტრალიაში.
- თხევადი და აირადი აზოტი და ჟანგბადი, აგრეთვე მშრალი ყინული – ძირითადად საქართველოში მოიხმარება. დღევანდელი რეალობა საქართველოს ქიმიური ინდუსტრიის წინაშე გამოარჩევს რიგ ტექნოლოგიურ ამოცანებს, რომლებიც არ ითხოვენ მნიშვნელოვან ენერგო- და მასალატევადობას, მაგრამ ითვალისწინებენ მაღალ მეცნიერებატევადობას.

უნდა აღინიშნოს, რომ საქონლის მატერიალური წარმოების განვითარება და ბაზარზე შესვლა ხდება სამი მნიშვნელოვანი ფაქტორის გამო:

- საზოგადოების მეცნიერული და ტექნოლოგიური პროგრესი.
- მაღალი სამეცნიერო პოტენციალი.

- საწარმოო საშუალებების ხელმისაწვდომობა და ტექნოლოგიური პროგრესი. აღნიშნულის სოციალური სტიმული და მოტივი არის ადამიანების მოთხოვნილებების დაკმაყოფილება - მარტივი ფიზიოლოგიურიდან მოწინავე და სულ უფრო სპეციალიზირებულ მოთხოვნილებებამდე.

საზოგადოების მეცნიერულ - ტექნოლოგიური წინსვლა და სამეცნიერო პოტენციური უზრუნველყოფილია ფუნდამენტური საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების წარმატებული განვითარებით - ფიზიკა, ქიმია, მათემატიკა, ბიოლოგია, ბიოქიმია და ა.შ., სწორედ ისინი ქმნიან საფუძველს მეცნიერული აღმოჩენებისთვის, ახალი ნივთიერებების, ახალი მასალებისა და ენერჯის წყაროების წარმოშობისთვის.

დღეისათვის მეცნიერების და ტექნოლოგიების განვითარების პრიორიტეტული სფეროებია:

- ახალი მასალების მისაღები ქიმიური ტექნოლოგიები.
- წარმოების უახლესი ტექნოლოგიები (ნახშირორჟანგის გარდაქმნის ტექნოლოგიებით მაღალი ღირებულების პროდუქციის პროდუცირება).

### **ნახშირორჟანგის სასარგებლო პროდუქტად გადამუშავების კატალიზური მეთოდები**

CO<sub>2</sub>-ის გადამუშავება ქიმიური მრეწველობისა და საწვავის ღირებულ პროდუქტად CO<sub>2</sub>-ის უტილიზების ერთერთი ყველაზე პერსპექტიული გზაა. ნახშირორჟანგის უტილიზაციის ამ ხერხს ციკლურ ტექნოლოგიას უწოდებენ. ეს მეთოდი მთლიანად არ იღებს CO<sub>2</sub>-ს ატმოსფეროდან, მაგრამ ხელს უწყობს წიაღისეული საწვავის მოხმარების შემცირებას. CO<sub>2</sub>-ის ქიმიურ პროდუქტებში (შარდოვანა, პოლიკარბონატები) და საწვავში (მეთანოლი, მეთანი, დიმეთილეთერი, ფიშერ-ტროპშის სინთეზის პროდუქტები) 2050 წელს მიაღწევს 0,3–0,6 და 1–4,2 მილიარდ ტონა CO<sub>2</sub>-ს წელიწადში, რაც დღევანდელ 14%-ს შეადგენს ანთროპოგენური CO<sub>2</sub>-ის ემისიისაა რაც უდრის 34 მილიარდ ტონას წელიწადში<sup>2</sup>.

კატალიზური ტექნოლოგიების სრულყოფა გააჩენს ენერგოეფექტურობის ამაღლების შანსს, ასევე სასარგებლო პროდუქტების ნომენკლატურის გაზრდის და მათი თვითღირებულების შემცირების საშუალებას. როგორც ცნობილია ყველა ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროცესის დაახლოებით 90 % იყენებს კატალიზატორებს.

<sup>2</sup> Hepburn, C., et al.; (2019). The technological and economic prospects for CO<sub>2</sub> utilization and removal. Nature. 575, pp. 87–97.

თანამედროვე ქიმიურ-ტექნოლოგიური ინდუსტრია წარმოდგენელია კატალიზური პროცესების გარეშე. ინდუსტრიულად განვითარებულ ქვეყნებში ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროდუქციის ახალი სახეობების პროდუცირება შესაძლებელია მხოლოდ სპეციალური კატალიზატორების გამოყენებით. დღევანდელ მსოფლიოში 15 ტრანსნაციონალური კომპანიაა, რომლებიც აწარმოებენ ასი(100) ძირითადი ტიპის მყარ კატალიზატორებს. საყურადღებოა, რომ უკვე დღეისათვის CO<sub>2</sub>-ისგან სამრეწველო მასშტაბში იწარმოება: შარდოვანა, სალიცილის მჟავა, ეთილენკარბონატი<sup>3</sup> და მეთანოლი<sup>4</sup>.

დღევანდელ მსოფლიოში არის კარბამიდის წარმოების რამდენიმე ტექნოლოგია, მაგალითად ერთერთია Urea 2000plus, რომელიც წარმატებით ფუნქციონირებს ჩინეთში (CNOOC<sup>5</sup>) და მისი წარმადობაა 2700 ტონა/დღელამეში, წარმოება გაშვებულია 2004 წელს. კატარში 2005 წლიდან ფუნქციონირებს კარბამიდის წარმოების ტექნოლოგიური ხაზი (Qafco IV<sup>6</sup>) წარმადობით 3200 ტონა/დღელამეში.

დღეისათვის მუშავდება კარბამიდის წარმოების მეგა-დანადგარების საპროექტო წინადადებები, წარმადობით 5000 ტონა/დღელამეში<sup>7</sup>. ნახშირორჟანგის გამოყენებას კარბამიდის საწარმოებლად გააჩნია დასაბუთებული პერსპექტივები, რადგან კარბამიდის ქიმიური თვისებები განაპირობებენ მის ფართო გამოყენებას ქიმიურ მრეწველობაში: კარბამიდ-ალდეჰიდური და კარბამიდ-ფორმალდეჰიდური ფისების სინთეზისას, რომლებიც ფართოდ გამოიყენებებიან როგორც ადგილობრივი ხის ბოჭკოვანი მასალების დასამზადებლად ავეჯის საწარმოებლად.

კარბამიდისგან ასევე იწარმოება შარდოვანას წარმოებულები, რომლებიც წარმოადგენენ ეფექტურ ჰერბიციდებს. კარბამიდისგან აწარმოებენ მელამინს, რომლის მნიშვნელოვანი წილი გამოყენებულია ფარმაცევტულ მრეწველობაში. ფუნქციური დანიშნულებით კარბამიდი წარმოადგენს მინერალურ სასუქს, რომელიც გამოიყენება ნიადაგის ყველა სახეობაზე და ნებისმიერ სასოფლო-სამეურნეო კულტურისათვის. სასუქის ამგვარი (კარბამიდული) ფორმა მნიშვნელოვნად ზრდის ს/ს კულტურების მოსავლიანობას და თუ შევადარებთ კარბამიდს სხვა აზოტოვან სასუქებთან აღმოჩნდება, რომ კარბამიდი

<sup>3</sup> Goepfert, A., (2014). Recycling of carbon dioxide to methanol and derived products – closing the loop. Chem. Soc. Rev. 43 (23): pp. 7995–8048.

<sup>4</sup> Forecast for the development of energy in the world and Russia 2019 (2019) / ed. Makarova, A. A., Mitrova, T. A., Kulagina, V. A.; Moscow School of Management SKOLKOVO. Moscow, 210 p.

<sup>5</sup> China National Offshore Oil Corporation is the largest offshore oil and gas producer in China. Headquartered in Beijing, CNOOC was founded on February 15, 1982. With a registered capital of RMB 113.8 billion, CNOOC is the parent company of 5 listed subsidiaries at home and abroad. <https://www.cnooc.com.cn/col/col6141/index.html>

<sup>6</sup> QAFCO IV - Expansion of existing Ammonia & Urea Plant. <https://www.dmsprojects.net/qatar/projects/qafco-iv-expansion-of-existing-ammonia-urea-plant/APR00078>

<sup>7</sup> Zinifer Ismagilov. (2021). CATALYTIC METHODS FOR PROCESSING CARBON DIOXIDE FROM COAL-FIRED GENERATION INTO USEFUL PRODUCTS, pp. 54- 74. [http://www.coal.sbras.ru/wp-content/uploads/2021/06/Pages%2054-74%20%20from%2010ideas\\_ENG.pdf](http://www.coal.sbras.ru/wp-content/uploads/2021/06/Pages%2054-74%20%20from%2010ideas_ENG.pdf)

შეიცავს აზოტის ყველა სხვა სასუქზე მეტ აზოტს - 46,2 %, რაც განაპირობებს მის ეკონომიკურ მიზანშეწონილობას ყველა ს/ს კულტურისათვის და ნებისმიერი ნიადაგისათვის.

ცხოველთა კვებაში შარდოვანას უმატებენ საკვებში, როგორც ცილის შემცველს, ხოლო სამედიცინო პრაქტიკაში მას იყენებენ როგორც სადეჰიდრატაციო საშუალებას. კარბამიდი გამოიყენება თბოელექტროცენტრალების და ნაგავსაწვავი დანადგარების გამონაბოლქვების გასაწმენდად; აღნიშნული განპირობებულია კარბამიდის უნარით იყოს აღმდგენელი აზოტის ჟანგეულებისათვის. დიზელის ძრავების გამონაბოლქვის Euro-4 და Euro-5 ნორმებთან შესაბამისობისათვის გამოიყენება კარბამიდის ხსნარი სავაჭრო დასახელებით - AdBlue<sup>8</sup>.

ზოგადად, შარდოვანას პროდუცირებისას წელიწადში 200 მილიონი ტონის რაოდენობით, უტილიზდება 150 მილიონი ტონა ნახშირორჟანგი წელიწადში. ამგვარი პროცესი მიმდინარეობს 185 °C ტემპერატურასა და 150 ბარ წნევაზე, რა დროსაც მიიღწევა CO<sub>2</sub> -ის კონვერსია 85–90 % -ით. ამ მეთოდის CO<sub>2</sub> -ის უტილიზაციის პოტენციის შესაფასებლად გასათვალისწინებელია, რომ ერთ ტონა შარდოვანაზე იხარჯება 0,58 ტონა ამიაკი ენერგო- და ნახშირბადტევადი ჰაბერ-ბოშის<sup>9</sup> პროცესით<sup>10</sup>; აღწერილ გარემოებათა გამო მიმდინარეობს კვლევები შარდოვანას მისაღებად ნახშირბად-ნეიტრალური ტექნოლოგიების კვლევა, სადაც იყენებენ განახლებადი ენერჯის წყაროებს, მაგალითად განხორციელდა აზოტიდან შარდოვანას სინთეზი, ნახშირორჟანგის და წყლის თანაობისას ოთახის ტემპერატურაზე, ტიტანის დიოქსიდზე დაფენილი სპილენძის და პალადიუმის ნანო ნაწილაკებიანი ელექტროკატალიზატორების გამოყენებით.

ნახშირორჟანგის სამრეწველო გამოყენების კიდევ ერთი აქტუალური პროცესია პოლიურეთანების სინთეზი, რა დროსაც რეაქციის ამოსავალ კომპონენტებად გამოყენებულია პოლიოლები და ბის-იზოციანატები<sup>11</sup>.

---

<sup>8</sup> AdBlue is the marketing term for a fluid used in the catalytic convertor fitted to the exhaust systems of some diesel cars. It is injected into the exhaust gases and burnt at very high temperatures to break down harmful nitrogen oxides. Some diesel engines need AdBlue to help them meet tough Euro 6 emissions standards that regulate what level of harmful emissions can come out of a car's exhaust. <https://www.whichcar.com.au/car-advice/what-is-adblue-diesel-exhaust-fluid>

<sup>9</sup> The Haber-Bosch process is a process that fixes nitrogen with hydrogen to produce ammonia - a critical part in the manufacture of plant fertilizers. The process was developed in the early 1900s by Fritz Haber and was later modified to become an industrial process to make fertilizers by Carl Bosch. The Haber-Bosch process is considered by many scientists and scholars as one of the most important technological advances of the 20th century - <https://www.thoughtco.com/overview-of-the-haber-bosch-process-1434563>

<sup>10</sup> Chen, C., et al., (2020). Coupling N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O to synthesize urea under ambient conditions. Nat. Chem. N 12: pp. 717–724.

<sup>11</sup> North, M., Styring, P. (2015). Perspectives and visions on CO<sub>2</sub> capture and utilization. Faraday Discuss. N183: pp. 489–502.

CO<sub>2</sub> -ის, როგორც ქიმიური რეაგენტის გამოყენების უმნიშვნელოვანესი პროცესია სალიცილმჟავას წარმოება კოლბე-შმიტის რეაქციით<sup>12</sup> ინგლ. - Kolbe Schmitt Reaction. ამგვარი წარმოება ყოველწლიურად ამუშავებს 25 000 ტონა CO<sub>2</sub>-ს, რაც შესამჩნევად დაბალია CO<sub>2</sub>-ის, იმ მოცულობაზე, რაც გამოყენება შარდოვანას ან პოლიურეთანის სინთეზში. ქიმიური მრეწველობის უმნიშვნელოვანესი ორგანული ნივთიერებაა მეთანოლი, გლობალური წარმოების მოცულობით - 150 მილიონი ტონა/წელიწადში.

დღეისათვის მეთანოლი იწარმოება კატალიზური ტექნოლოგიებით ბუნებრივი აირიდან და ქვანახშირის გაზიფიკაციის პროდუქტებიდან. აქ უნდა აღინიშნოს, რომ გაეროს მდგრადი განვითარების კონცეფციის რეგულაციების ფარგლებში მუშავდება<sup>13</sup> მეთანოლის მიღების<sup>14</sup> ტექნოლოგია CO<sub>2</sub>-ის გამოყენებით. მეთანოლის სინთეზისათვის ნახშირორჟანგიდან და წყალბადიდან გამოიყენება Cu-Zn-Zr-O-კატალიზატორი სხვადასხვა ქიმიური შედგენილობის მქონე Ga, La, Ce, Cr, Si, B, Al და In ფუნქციური დანამატებით<sup>15</sup>.

CO<sub>2</sub>-ის მეთანოლად გარდაქმნის პირველი სამრეწველო რეალიზება დაიწყო ისლანდიურ კორპორაცია Carbon Recycling International (CRI)-ში 2012 წლიდან. ამ ქარხნის წარმადობაა 4000 ტონა მეთანოლი/წელიწადში, ამასთან CO<sub>2</sub>-ის ჩართულობის მოცულობა ნახსენებ პროცესში არის 6000 ტონა/წელიწადში. ტექნოლოგიისათვის საჭირო წყალბადი იწარმოება წყლის ელექტროლიზით იმ იაფი და ეკოლოგიურად სუფთა ენერჯის გამოყენებით, რომელიც მიიღება ჰიდროთერმალური წყაროებიდან. Carbon Recycling International კომპანიის მიერ დამუშავებულია პროექტი ინტეგრირებული ქარხნისა განახლებადი მეთანოლის საწარმოებლად<sup>16</sup> წარმადობით 100 000 ტონა/წელიწადში<sup>17</sup>.

<sup>12</sup> **Kolbe Schmitt Reaction** is a type of addition reaction named after Hermann Kolbe and Rudolf Schmitt. When phenol is treated with sodium hydroxide, phenoxide ion is generated. The phenoxide ion generated is more reactive than phenol towards electrophilic aromatic substitution reaction. Hence, it undergoes electrophilic substitution reaction with carbon dioxide, which is a weak electrophile. Ortho-hydroxybenzoic acid (salicylic acid) is formed as the primary product. This reaction is popularly known as Kolbe's reaction. <https://www.byjus.com/kolbe-schmitt-reaction-mechanism/>

<sup>13</sup> Ren, S., et al., (2019). Highly active and selective Cu-ZnO based catalyst for methanol and dimethyl ether synthesis via CO<sub>2</sub> hydrogenation. *Fuel*. N239: pp. 1125–1133.

<sup>14</sup> Shulenberg, A. M., et al., (2007). Process for Producing Liquid Fuel from Carbon Dioxide and Water, US Pat. Appl., 2007/0244208 A1.

<sup>15</sup> Goepfert, A., (2014). Recycling of carbon dioxide to methanol and derived products – closing the loop. *Chem. Soc. Rev.* 43 (23): pp. 7995–8048.

<sup>16</sup> The Emissions-to-Liquids Technology. Available online (2021 April) <https://www.carbonrecycling.is/technology-and-services#services-banner-1>

<sup>17</sup> The plant's production process is based on the Emissions-to-Liquids (ETL) technology developed by Carbon Recycling International (CRI) and first demonstrated in Iceland. The new facility can capture 160,000 tonnes of carbon dioxide emissions a year, which is equivalent to taking more than 60,000 cars off the road. The captured carbon dioxide is then reacted with the recovered hydrogen in CRI's proprietary ETL reactor system with the capacity to produce 110,000 tonnes of methanol per year. <https://renewable-carbon.eu/news/worlds-largest-co2-to-methanol-plant-starts-production/>

გარდა აღნიშნულისა, ნახშირორჟანგის გადამუშავების საინტერესო ტექნოლოგია წარმოადგინა კომპანიამ **Canadian Carbon Engineering** რომელიც გვთავაზობს ნახშირბად-ნეიტრალური თხევადი საწვავის წარმოებას ჰაერის CO<sub>2</sub>-ისგან და H<sub>2</sub> – რომელსაც დებულობენ ელექტროლიზით<sup>18</sup>.

ნახშირორჟანგის კატალიზური გადამუშავების პროცესების უმნიშვნელოვანესი დარგია CO<sub>2</sub>-ის ჰიდრირება, რომელი გზითაც მიიღება მეთანი, ნაჯერი ნახშირწყალბადები, ოქსიგენატები ან სინთეზ-გაზი. დღევანდელი ქიმიური მრეწველობა ნახშირწყალბადებს იღებს არააგანახლებადი ბუნებრივი რესურსებიდან - მსუბუქი ალკანების დეჰიდრირების ან ნავთობის კრეკინგის გზით.

მეორე მხრივ CO<sub>2</sub>-ის გადამუშავება ჰიდრირების გზით საშუალებას აჩენს ძვირფასი ნაერთების წარმოებისა განახლებადი (CO<sub>2</sub>) ნედლეულიდან, რაც საშუალებას იძლევა განეიტრალდეს საზოგადოების დამოკიდებულების მაღალი ალბათობა სასარგებლო წიაღისეულზე.

### CO<sub>2</sub>-ის მეთანირების რეაქცია

ბოლო დროს ძალზე აქტუალური გახდა CO<sub>2</sub>-ის ჩართვის და უტილიზაციის მეთოდის გამოყენება ნივთიერებების სინთეზირების ენერგოეფექტურ მეთოდოლოგიებთან ერთად. ამგვარი პროცესი მიმდინარეობს 250–400 °C ტემპერატურაზე და მომატებული წნევისას Ni, Rh ან Ru კატალიზატორის თანაობისას, რაც განაპირობებს CO<sub>2</sub>-ის 100 % კონვერსიას<sup>19</sup>.

ფირმა Audi-ს მიერ 2013 წელს გაშვებული იქნა ქარხანა Power-to-Gas (PtG) გერმანიის ჩრდილოეთში, CO<sub>2</sub>-ითა და H<sub>2</sub> -ით სინთეზური ბუნებრივი აირის საწარმოებლად. ქარხანა დაკომპლექტებულია ელექტროლიზის დანადგარით სიმძლავრით 6 მვტ - წყალბადის საწარმოებლად მეთანირების დანადგარისათვის, თუმცა ჯერჯერობით ნახშირორჟანგის უტილიზების მასშტაბი მცირეა და შეადგენს 2800 ტონა CO<sub>2</sub> წელიწადში<sup>20</sup>. დიდ პერსპექტივას ავლენს პროცესი სადაც CO<sub>2</sub> გამოიყენება C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub> - ნახშირწყალბადების სინთეზისათვის ესაა ფიშერ-ტროფშის სინთეზის მოდიფიცირებული პროცესი, რომელიც მოიცავს რეაქციას - CO-ს კონვერსიის უკუ რეაქცია წყლის ორთქლით და CO-ს შემდგომი ჰიდრირებით, რაც თავის მხრივ განაპირობებს ნახშირწყალბადების პროდუცირებას<sup>21</sup>. CO-ს ჰიდრირების კომბინირება

<sup>18</sup> AIR TO FUELSTM PLANTS. Available online (2021 March) <https://carbonengineering.com/%20our-technology/>

<sup>19</sup> Chen, C., et al., (2020). Coupling N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> in H<sub>2</sub>O to synthesize urea under ambient conditions. Nat. Chem. N 12: pp. 717–724.

<sup>20</sup> Audi opens power-to-gas facility in Werlte/Emsland; e-gas from water, green electricity and CO<sub>2</sub>. Available online (2021 March) <https://www.greencarcongress.com/2013/06/audi-20130625.html>

<sup>21</sup> Jarvis, S. M., Samsatli, S. (2018). Technologies and infrastructures underpinning future CO<sub>2</sub> value chains: A comprehensive review and comparative analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews. N85: pp. 46–68.



ოლიგომერიზაციის რეაქციასთან აჩენს შესაძლებლობას CO<sub>2</sub>-ის უტილიზებისა და ბენზინების ფრაქციის ნახშირწყალბადების პროდუცირებისა, რომელიც შედგება იზოპარაფინების, არომატული და ნაფტენური ნახშირწყალბადების (C<sub>5</sub>-C<sub>11</sub>) ნარევისაგან<sup>22</sup>. ამგვარი პროცესის უნიკალობა იმაშია, რომ ჰიდრირების რეაქცია პოლიფუნქციური კატალიზატორის Na-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ცეოლითი თანაობისას მიმდინარეობს სამ ეტაპად:

I ეტაპი - CO-ს მიღება Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> -ის ცენტრებზე წყლის წანაცვლებითი უკურეაქციით.

II ეტაპი - CO-ს ჰიდრირება ოლეფინებამდე Fe-C<sub>2</sub> ცენტრებზე ფიშერ-ტროფშის სინთეზის რეაქციით.

III ეტაპი - C<sub>5</sub>-C<sub>11</sub>- ნახშირწყალბადების წარმოქმნა ცეოლითის მჟავურ ცენტრებზე ოლეფინების ოლიგომერიზაციის, იზომერიზაციის და არომატიზაციის რეაქციების შედეგად.

აქ ნახშირწყალბადთა წარმოქმნის სელექტიურობა შეადგენს 78 %, CO<sub>2</sub>-ის 22 % კონვერსიისას.

CO<sub>2</sub>-ის გადამუშავების უმნიშვნელოვანესი მიმართულებაა ჰიანჭველმჟავას სინთეზი  $CO_2 + H_2 \rightarrow HCOOH$  და დიმეთილეთერის მიღება, რაც თანამედროვე ქიმიური მრეწველობის მაღალტონაჟიანი პროდუქციაა და განიხილება როგორც ნაერთი ქიმიური ენერჯის შესანახად. ნახსენები ნაერთები წარმოადგენენ წყალბადის მოლეკულა-მატარებლებს განახლებადი ენერჯის მარაგის შექმნისა და ტრანსპორტირების ციკლებში<sup>23</sup>. CO<sub>2</sub>-ის პირდაპირი კატალიზური აღდგენისათვის ჰიანჭველმჟავის სინთეზისათვის გამოიყენება, როგორც ჰომოგენური სისტემები (ანუ Rh, Ru და Ir შემცველი მეტალორგანული ნაერთები), ისე Pt, Pd, Au საფუძვლიანი ჰეტეროგენული კატალიზატორები.

დიმეთილეთერის (DME) სინთეზი CO<sub>2</sub>-ისა და H<sub>2</sub> -ით დიმეთილეთერის (DME) სინთეზი მოიცავს ჰიდრირებისა და დეჰიდრატაციის თანმიმდევრულ რეაქციებს, რაც მოითხოვს ბიფუნქციური კატალიზატორების გამოყენებას, რომელნიც შეიცავენ მეტალის (მაგ. Cu) და მჟავურ ცენტრებს.

დადგენილია, რომ Cu-შემცველი აქტიური ნაწილაკების გაბარიტების შემცირება ზრდის აღნიშნული პროცესის ეფექტურობას [Yan, N., Philippot, K., (2018). Transformation of CO<sub>2</sub> by using nanoscale metal catalysts: cases studies on the formation of formic acid and dimethylether. Curr. Opin. Chem. Eng. N 20; pp. 86–92].

<sup>22</sup> Wei, J., et al., (2017). Directly converting CO<sub>2</sub> into a gasoline fuel. Nat. Commun. N8: p. 15174.

<sup>23</sup> Yan, N., Philippot, K., (2018). Transformation of CO<sub>2</sub> by using nanoscale metal catalysts: cases studies on the formation of formic acid and dimethylether. Curr. Opin. Chem. Eng. N20: pp. 86–92.



კატალიზში გამორჩეული მნიშვნელობისაა მეთანის ნახშირმჟავოვანი კონვერსია რომლის დროსაც ხდება ერთდროული უტილიზება სათუბის ორი აირისა ( $\text{CO}_2$  და  $\text{CH}_4$ ) და ამავე დროს შესაძლებელია სინთეზ-გაზის პროდუცირება, რომლის შემდგომი გარდაქმნა სინთეზურ საწვავში ხდება ფიშერ-ტროფზის რეაქციით. ამ რეაქციისას მაღალ აქტივობას ავლენენ ნიკელის საფუძვლიანი კატალიზატორები<sup>24</sup>, პროცესი მიმდინარეობს 800–900 °C და ატმოსფერულ წნევაზე, სადაც მანიფესტირდება  $\text{CO}_2$ -ის კონვერსიის მაღალი ნიშნულები - 80–90 %. აქვე დაფიქსირდა კომპოზიტური კატალიზატორების ეფექტურობა, სადაც აქტიური კომპონენტის Ni ნაწილაკები დამაგრებულია ნახშირბადოვანი ნანომილაკების რელიეფის უმაღლეს წერტილებზე<sup>25</sup>.

ნახსენებ სარეაქციო ნარევი წყლის ორთქლის დამატება ზრდის სისტემის მდგრადობას ნახშირბადოვანი დანალექებისადმი, ჩნდება საშუალება პროცესის პარამეტრების ოპტიმიზირებისა, რითაც ხდება წინასწარ გათვლილი კონვერსიის რეაგენტების და მიღებული სინთეზ-გაზის აუცილებელი შედგენილობის უზრუნველყოფა<sup>26</sup>.

ზემოთაღნიშნულის შეჯამების ფარგლებში შეიძლება აღინიშნოს, რომ  $\text{CO}_2$ -ის კონვერსიის მაღალი ღირებულების ქიმიურ ნივთიერებებში, ისეთებში როგორებიცაა: კარბამიდი, მეთანოლი, პოლიურეთანები, ასევე -  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ .  $\text{CO}_2$ -ის მოლეკულა თერმოდინამიკურად ძალზე სტაბილურია, რის გამოც მისი აქტივაცია მოითხოვს დიდ ენერჯიას, რომლის(ე.ი. ამ ენერჯიის) წარმოება ხშირად მიმდინარეობს  $\text{CO}_2$ -ის გამოფრქვევით, რის გამოც ნახშიროქსიდული გამონაბოლქვების შესამცირებლად აქტუალურია  $\text{CO}_2$ -ის კონვერსიის ახალი ეფექტური კატალიზატორების შექმნა. კატალიზური კონვერსია შესაძლოა მიმდინარეობდეს აირად ფაზაში, თხევადფაზიან ან ელექტროქიმიურ კონტურებში.  $\text{CO}_2$ -ის წყალში ხსნადობის დაბალი უნარის გამო  $\text{CO}_2$ -ის კონვერსია თხევად ფაზაში დაბალმწარმოებლურია, რის გამოც აქტუალურია  $\text{CO}_2$ -ის კონვერსიის აირადი ფაზის პროცესები სადაც გამოიყენებიან კატალიზატორები მეტალის ოქსიდებით, დაფენილი მეტალის საფუძვლის მქონე კატალიზატორები და კარბიდ ნახშირბადოვანი მასალები.

$\text{CO}_2$ -ის ელექტროქიმიური კონვერსია კატალიზური პროცესების თანაობისას ჯერჯერობით დაპროექტების საწყის სტადიაზეა და საჭიროებს პროცესის ოპტიმიზირების რთულ სამუშაოებს, რაც ექვგარეშეა, რომ უახლოეს პერიოდში წარმატებით რეალიზდება თუნდაც ელექტროქიმიური აქტივაციის მნიშვნელოვანი მიღწევების გამო, ტექნოლოგიური სრულყოფის უკვე მიმდინარე ეტაპზე.

<sup>24</sup> Nedolivko V.V. et al. (2020). Carbon dioxide conversion of methane (review). Journal of Applied Chemistry. N93 (6): pp. 763-787.

<sup>25</sup> Donphai, W., et al., Carbon-structure affecting catalytic carbon dioxide reforming of methane reaction over Ni-carbon composites. Journal of  $\text{CO}_2$  Utilization. N16: pp. 245– 256.

<sup>26</sup> Matus, E. V., et al., (2021). Bi-reforming of methane: thermodynamic equilibrium analysis and selection of preferable reaction conditions. J. Phys. Conf. Ser. N1749: p. 012023.

## თავი 1

ადამიანის გონება და ცნობიერება; გამოცდილება, მსჯელობა და კვლევა; დედუქციური მსჯელობა, ინდუქციური მსჯელობა და კომბინირებული ინდუქციურ-დედუქციური მიდგომა; მეცნიერების იმანენტურობა და დაშვებები; მეცნიერული მეთოდი; მეცნიერების განვითარების ეტაპები; დაპროგნოზება; მწვანე სასუქები - როგორც ქიმიური სასუქებისა და პესტიციდების ბიო-ეკოლოგიური ალტერნატივა

---

კაცობრიობის მთელი ისტორიის განმავლობაში ცხადი იყო, რომ ადამიანს უწევს გარემოსთან ურთიერთობა და იმ ფენომენტთა ბუნებაში წვდომა, რომელნიც მის გონებასა და ცნობიერებას წარუდგენდა მოულოდნელ და ახალ რეალობებს.

საშუალებანი, რომლითაც ადამიანი ცდილობდა გარკვეულიყო მის წინაშე მდგარ პრობლემატიკაში – სამ კატეგორიად შეიძლება დაჯგუფდეს: **გამოცდილება, მსჯელობა და კვლევა**. მიუხედავად იმისა, რომ ეს კატეგორიები არც დამოუკიდებელია და არც ურთიერთგამომრიცხავი, ისინი ერთმანეთის შემავსებლად და გადამფარავად უნდა იქნეს მიჩნეული. აღნიშნული სწორედ ის ყველაზე თვალშისაცემი მახასიათებლებია, რომლებიც კომპლექსური პრობლემების თანამედროვე გადაწყვეტისას მოიაზრება.

ყოველდღიური ცხოვრებისეული პრობლემების ადაპტირება/შეგუების მცდელობისას უმეტესწილად დამოკიდებულნი ვართ გამოცდილებასა და ავტორიტეტზე. აქვე უნდა გვახსოვდეს, რომ ისინი, როგორც საბოლოო ჭეშმარიტების დადგენის საშუალებები, გარკვეული შეზღუდვებით ხასიათდება. მაგალითად, პიროვნული გამოცდილების შეზღუდვები, საღი აზრის ცოდნის ფორმით, სწრაფად შეგვიძლია გამოვავლინოთ, თუ მას პრობლემის გადაწყვეტისადმი მეცნიერული მიდგომის მახასიათებლებს შევადარებთ.

ასევე მაგალითისთვის, შესაძლებელია განვიხილოთ თეორიათა გამოყენების საოცრად განსხვავებული გზები. არაპროფესიონალები თავიანთ თეორიებს შემთხვევით მოვლენებზე აგებენ და თავისუფლი არაკრიტიკულობით აპელირებენ. ხოლო როცა ამ თეორიების შემოწმების საჭიროება დგება დღის წესრიგში – ისინი (არაპროფესიონალები) ამას სელექციურად აკეთებენ, ანუ ხშირად მხოლოდ იმ მტკიცებულებას ირჩევენ, რომელიც მათ ვარაუდებს თანხვდება და ყურადღებისმილმა ტოვებენ იმას, რომელიც წინააღმდეგობაში მოდის მათ მტკიცებულებებთან ან მოსაზრებებთან. მეცნიერები კი პირიქით, თავიანთ თეორიებს ფრთხილად და სისტემატურად აგებენ. ნებისმიერი ჰიპოთეზა, რომელსაც ისინი აყალიბებენ, ემპირიულად (ცდისეულად) უნდა შემოწმდეს. ასე რომ, ფაქტობრივად, მათ (მეცნიერების) მოვლენათა ახსნებს მყარი საფუძველი გააჩნია.

არაპროფესიონალები, ზოგადად, არ ცდილობენ გავლენის ნებისმიერი გარეშე წყაროს გაკონტროლებას ხდომილობის ახსნის მცდელობისას. მეცნიერები, რომლებიც, ამის საპირისპიროდ, მეტისმეტი სიფრთხილით ეკიდებიან მოცემული ხდომილობის

მიზეზების მრავალრიცხოვნობას, გარკვეულ დადგენილ ტექნიკებსა და პროცედურებს მიმართავენ, რათა გამოაცალკევონ და შეამოწმონ ერთი ან მეტი სავარაუდო მიზეზის მიერ გამოწვეული ეფექტი.

აღსანიშნავია რომ, განსხვავებულია ფენომენებს შორის მიმართებისადმი დამოკიდებულება. არაპროფესიონალების დამოკიდებულება ასეთი მიმართებისადმი თავისუფალი, არასისტემური და უკონტროლოა. ორი მოვლენის ერთმანეთის სიახლოვეს გამოჩენა საკმარისი მიზეზია მათ შორის მიზეზ-შედეგობრივი კავშირის წინასწარმეტყველებისთვის და შორს მიმავალი პროგნოზირებისათვის. მეცნიერები გაცილებით სერიოზულ პროფესიულ დამოკიდებულებას ავლენენ ასეთი მიმართებებისადმი და მხოლოდ მკაცრად გაკონტროლებული ცდის ან ექსპერიმენტის შემდეგ აღიარებენ ორ ფენომენს შორის მიზეზ-შედეგობრივი ურთიერთ-მიმართების არსებობას.

აღამიანები მათ ირგვლივ არსებული სამყაროს შეცნობას სამი სახის კონცეპტუალური მსჯელობით ცდილობენ. ესენია: **დედუქციური მსჯელობა, ინდუქციური მსჯელობა და კომბინირებული ინდუქციურ-დედუქციური მიდგომა.**

**დედუქციური მსჯელობა** ეფუძნება სილოგიზმს, რომელიც ფორმალურ ლოგიკაში **არისტოტელეს**<sup>27</sup> მიერ შეტანილი უმნიშვნელოვანესი ღვაწლია. **სილოგიზმის**<sup>28</sup> უმარტივესი ფორმა შედგება:

- დიდი წანამძღვრისგან, რომელიც, ცხად მტკიცებას ეფუძნება,
- მცირე წანამძღვრისგან, რომელიც კონკრეტულ შემთხვევას აღწერს.

მაგალითად: ყველა პლანეტა მზის ირგვლივ ბრუნავს. დედამიწა პლანეტაა. მაშასადამე, დედამიწა მზის ირგვლივ ბრუნავს.

სილოგიზმს საფუძვლად უდევს დაშვება, რომ ლოგიკის ფორმალური ნაბიჯების გავლით ზოგადიდან კერძოსკენ შესაძლებელია სარწმუნო წანამძღვრებიდან სანდო დასკვნის გამოტანა. მისი მთავარი შეზღუდვა ისაა, რომ მხოლოდ გარკვეული სახის დებულებების შემთხვევაში მოქმედებს.

სილოგიზმმა ჩამოაყალიბა სისტემატური მსჯელობის ბაზისი დასაბამიდან რენე-სანსის ეპოქამდე. შემდგომში მისი ეფექტურობა შემცირდა, ვინაიდან ის უკვე აღარ

---

<sup>27</sup> ბერძენი სწავლული-ფილოსოფოსი, ორიგინალური ფსიქოლოგიური სისტემის შემქნელი, რომელშიც ინტეგრირებულია ანტიკური აზრის მიდწევები და რომელსაც საუკუნეთა განმავლობაში ემყარებოდა შეხედულებები სულის შესახებ. ბავშვობა გაატარა მაკედონიაში, სადაც მამამისი მეფის კარის ექიმად მსახურობდა. მამამ მისცა არისტოტელეს პირველადი საექიმო და საბუნებისმეტყველო განათლება.

არისტოტელე ყველა დროს ერთ-ერთ უდიდეს მოაზროვნედაა მიჩნეული. მან განმსაზღვრელი, ფუძემდებლური წვლილი შეიტანა მეცნიერების მრავალი სხვადასხვა დარგის განვითარებაში, ფილოსოფიის გარდა. არისტოტელეს ტრაქტატი „სულის შესახებ“ მიჩნეულია დასავლურ ცივილიზაციაში პირველ წმინდა ფსიქოლოგიურ მონოგრაფიად. მასში დამუშავებული საკითხების კომპლექსი დღემდე რჩება ზოგადი ფსიქოლოგიის ძირითად შინაარსად: სულის რაობა და სულის სახეები (ანუ, დღევანდელი გაგებით, ფსიქოლოგიის საგანი)... <http://www.nplg.gov.ge/wikidict/index.php/არისტოტელე>

<sup>28</sup> დედუქციური დასკვნა, რომელშიც ორი მოცემული მსჯელობიდან (წანამძღვრიდან) გამოდის მესამე (დანასკვნი). <http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=3&t=36786>

უკავშირდებოდა დაკვირვებასა და გამოცდილებას და მხოლოდ უბრალო გონებრივ სავარჯიშოდ იქცა. აღნიშნულის ერთ-ერთი შედეგი იყო ის, რომ ემპირიული მტკიცებულება, როგორც დასაბუთების საფუძველი, ავტორიტეტმა ჩაანაცვლა და რაც უფრო მეტი ავტორიტეტის ციტირება შეეძლო პერსონას, მით მეტად მარწმუნებელი იყო მისი პოზიცია. ცხადია, რომ ძირითადი მეთოდის ამგვარი მცდარი გამოყენებით მეცნიერება უნაყოფო და არაქმედუნარიანი გახდა. მსჯელობის ისტორიაში გარდამტეხი ცვლილებები მოხდა მე-17 საუკუნიდან, როდესაც ფრენსის ბეკონმა<sup>29</sup> უფრო მეტი აქცენტის გაკეთება დაიწყო მეცნიერების დაკვირვებით საფუძველზე. იგი აკრიტიკებდა დედუქციური მსჯელობის მოდელს იმ მოსაზრებით, რომ დიდი წანამძღვრები ხშირად წინასწარ შექმნილი დებულებები იყო, რომლებსაც გარდაუვლად მიკერძოებული დასკვნები მოსდევდა. ბეკონმა, სანაცვლოდ, ინდუქციური მსჯელობის მეთოდი შემოიღო, რომლითაც გარკვეული რაოდენობის ცალკეული შემთხვევების შესწავლა ჰიპოთეზამდე და შემდგომში განზოგადებამდე მიგვიყვანდა. გეორჯ მოლი (George J. Mouly)<sup>30</sup> ამას შემდეგი მოსაზრებით ხსნის: ბეკონის ძირითადი წანამძღვარი იყო, რომ საკმარისი მონაცემების არსებობის პირობებში, მაშინაც კი, თუ ადამიანს წინასწარ არავითარი მოსაზრება არ გააჩნია მათი მნიშვნელოვნებისა თუ მნიშვნელობის შესახებ, ყურადღებიანი დამკვირვებელი მაინც შეძლებს საგულისხმო მიმართებებისა და კანონების აღმოჩენას.

ამრიგად, ბეკონის მიერ მეცნიერებაში შეტანილი ძირითადი წვლილი ისაა, რომ მან შეძლო მეცნიერების გადარჩენა დედუქციური მეთოდის შემაფერხებელი მარწმუნებისგან, რომლის მცდარმა გამოყენებამ შეაჩერა მეცნიერული პროგრესი. მან მეცნიერების ყურადღება ადამიანების პრობლემების გადაწყვეტის ბუნებისკენ მიმართა იმით, რომ შემოწმებისთვის ემპირიული მტკიცებულება მოითხოვა. ლოგიკა და

---

<sup>29</sup>ფრენსის ბეკონი (ინგლ. Francis Bacon; დ. 22 იანვარი 1561, ლონდონი გარდაცვ. 9 აპრილი 1626) ინგლისელი ფილოსოფოსი, ისტორიკოსი და პოლიტიკური მოღვაწე. ემპირიზმის ფუძემდებელი. ბეკონის ფილოსოფიას მეცნიერებისა და კულტურის იმდროინდელი აღმავლობის დაღი აზის. ბეკონის აზრით, მეცნიერების ძირითადი მიზანია ბუნების დამორჩილება და კულტურული მიზანშეწონილი გარდაქმნა, მაგრამ, ბეკონი ფიქრობდა, რომ ადრინდელ მეცნიერულ აღმოჩენებს შემთხვევითი ხასიათი ჰქონდა, საჭირო იყო მეცნიერების პროგრესის სისტემატური ხასიათი მისცემოდა, ამისათვის კი აუცილებელი იყო შემეცნების ახალი მეთოდების შემუშავება, რომელიც დაეყრდნობოდა ცდასა და ცდას. ეს მეთოდი იწოდებოდა ინდუქცია. ბეკონის შრომებიდან მთავარია „მეცნიერებათა დიადი გადახალისება“, მისი პირველი ნაწილის ძირითადი თემაა არსებული და შესაძლო მეცნიერებათა კლასიფიკაცია. მეორე ნაწილი - „ახალი ორგანონი“, რომელიც ცოდნის ანალიზსა და მეცნიერების ახალ მეთოდს ეხება, დაუმთავრებელია, ხოლო მესამე ნაწილის მხოლოდ ცალკეული თავებია დაწერილი. ადამიანის სამი უნარის - მეხსიერების, ფანტაზიისა და განსჯის შესაბამისად ბეკონი მეცნიერებას სამ ნაწილად ჰყოფს: ბუნებისა და საზოგადოების ისტორია, პოეზია, ფილოსოფია. ბეკონის მიხედვით, შემეცნების ერთადერთი გზაა შეგრძნებებისა და განსჯის მონაცემების სწორი შეერთება. ეს არის ინდუქციის უპირატესობა, სქოლასტიკურ მეთოდებთან შედარებით. იგი იძლევა ცდისა და ცდას საფუძველზე ბუნების კანონებისაკენ უწყვეტი წინსვლის საშუალებას. ბეკონის ფილოსოფიამ დიდი გავლენა მოახდინა მეცნიერებისა და ფილოსოფიის შემდგომ განვითარებაზე. მისი მიმდევრები არიან: ჯონ ლოკი, ტომას ჰობზი, ჯონ სტიუარტ მილი და სხვ. [https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A4%E1%83%A0%E1%83%94%E1%83%9C%E1%83%A1%E1%83%98%E1%83%A1\\_%E1%83%91%E1%83%94%E1%83%99%E1%83%9D%E1%83%9C%E1%83%98](https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%A4%E1%83%A0%E1%83%94%E1%83%9C%E1%83%A1%E1%83%98%E1%83%A1_%E1%83%91%E1%83%94%E1%83%99%E1%83%9D%E1%83%9C%E1%83%98)

<sup>30</sup>George J. Mouly Allyn and Bacon, 1978. **Educational Research: The Art and Science of Investigation.**

ავტორიტეტი თავისთავად აღარ განიხილებოდა, როგორც დასაბუთების დამაჯერებელი საშუალება, აღნიშნულის ნაცვლად, ისინი სამყაროსა და მისი ფენომენების შესახებ ჰიპოთეზების წყაროებად იქცნენ.

ფრენსის ბეკონის ინდუქციურ მეთოდს შემდგომში ინდუქციურ-დედუქციური მიდგომის განვითარება მოჰყვა, რომელიც აერთიანებს არისტოტელესეულ დედუქციასა და ბეკონისეულ ინდუქციას. ამ შემთხვევაში მკვლევარი ინდუქციისა (დაკვირვებიდან ჰიპოთეზისკენ) და დედუქციის (ჰიპოთეზიდან დასკვნებისკენ) ორმხრივ პროცესშია ჩართული. ჰიპოთეზები მკაცრად მოწმდება და საჭიროების შემთხვევაში ხელახლა გადაიხედება.

მიუხედავად იმისა, რომ ორივეს, როგორც დედუქციას, ისე ინდუქციას, საკუთარი სუსტი მხარეები აქვს, მეცნიერების განვითარებაში მათ მიერ შეტანილი წვლილი განუზომელია და სამ იმგვარ კატეგორიაშია განთავსებული, როგორიცაა:

- ჰიპოთეზების შეთავაზება.
- ამ ჰიპოთეზების ლოგიკური განვითარება.
- მეცნიერული კვლევის შედეგების დაწმენდა, ინტერპრეტაცია და კონცეპტუალურ ჩარჩოში ჩართვა.

ჭეშმარიტების დადგენის კიდევ ერთ საშუალებაა კვლევა, რომელიც **კერლინგერმა**<sup>31</sup> (1970) განსაზღვრა, როგორც ბუნებრივ მოვლენებს შორის სავარაუდო მიმართების შესახებ ჰიპოთეტური დებულებების სისტემატური, გაკონტროლებული, ემპირიული და კრიტიკული შესწავლა. უფრო კონკრეტულად, პრობლემების გადაჭრის ზემოთ აღწერილი საშუალებებისგან, კერძოდ, გამოცდილებისგან კვლევას სამი მახასიათებელი განასხვავებს:

**პირველი**, თუ გამოცდილებას შემთხვევითად განხორციელებულ მოვლენებთანაქვს საქმე, კვლევა სისტემატური და გაკონტროლებულია, მისი ოპერაციები კი ზემოთ აღწერილ ინდუქციურ-დედუქციურ მოდელს ეფუძნება.

**მეორე**, კვლევა ემპირიულია. მეცნიერი გადამოწმებისთვის გამოცდილებას მიმართავს. როგორც ფრედ კერლინგერი (Fred Kerlinger) ამბობს, სუბიექტური, პიროვნული რწმენა უნდა გადამოწმდეს რეალობასთან მიმართებაში, ანუ შედარდეს ობიექტურ, ემპირიულ ფაქტებსა და ტესტებთან.

**მესამე**, კვლევა თვითკორეგირებადია. მეცნიერული მეთოდი არა მარტო საკუთარ თავში მოიცავს მექანიზმებს, რომლებიც მეცნიერებს სხვა ადამიანისთვის დამახასიათებელი შეცდომისგან იცავს, არამედ მისი პროცედურები და შედეგები ღიაა საჯარო კრიტიკული განხილვისათვის. მცდარი შედეგები, ამ მეთოდოლოგიით, დროულად გამოვლინდება.

<sup>31</sup> ფრედ კერლინგერი - „არ არსებობს ისეთი რამ, როგორიცაა თვისებრივი მონაცემები. ყველაფერი ან ერთია, ან ნული.“ [http://css.ge/wp-content/uploads/2019/07/raodenobrivi\\_kvlevis\\_meTodebis\\_saxelomzgv.pdf](http://css.ge/wp-content/uploads/2019/07/raodenobrivi_kvlevis_meTodebis_saxelomzgv.pdf)



## მეცნიერების იმანენტურობა<sup>32</sup> და დაშვებები

მეცნიერული რწმენის პრინციპებს განეკუთვნება იმ დაშვებათა სახესხვაობანი, რომლებსაც მეცნიერები თავიანთ ყოველდღიური აქტივობით ქმნიან.

**პირველი - დეტერმინიზმის დაშვება.** მარტივად ეს ნიშნავს, რომ მოვლენებს გააჩნიათ მიზეზები და ეს მოვლენები დეტერმინირებულია სხვა მოვლენებით ან გარემოებებით. მეცნიერება ვითარდება რწმენით, რომ დროთა განმავლობაში შესაძლებელია ამ მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების გამოვლენა ან გაგება და, რომ მოვლენები აიხსნება მათი წინაპირობებით. გარდა აღნიშნულისა, ბუნებრივ სამყაროში მოვლენები არა მარტო დეტერმინირებულია სხვა გარემოებებით, არამედ არსებობს დეტერმინირების კანონზომიერებაც და მეცნიერების საბოლოო მიზანს სამყაროში ხდომილობების განხორციელების ამხსნელი კანონების ფორმულირება წარმოადგენს, რაც მათი(ხდომილებების) პროგნოზირებისა და კონტროლის მყარ საფუძველს იძლევა.

**მეორე - ემპირიზმის დაშვება.** ამ პოზიციის მიხედვით გარკვეული სახის სანდო ცოდნის მიღება მხოლოდ გამოცდილებით არის შესაძლებელი. მეცნიერული თვალსაზრისით, პრაქტიკაში ეს ნიშნავს, რომ თეორიის ან ჰიპოთეზის სიმყარე დამოკიდებულია მის მხარდასაჭერად მოპოვებული ემპირიული საბუთის ბუნებაზე. აქ ემპირიული ნიშნავს იმას, რაც ექვემდებარება დაკვირვებით და უშუალო გამოცდილებით გადამოწმებას, ასევე, კვლევის სიტუაციაში თეორიის ან ჰიპოთეზის მტკიცებულებას: დასაბუთების შემცველ მონაცემებს ან არგუმენტირებულ დასაბუთებას, რომელიც ალბათობის ტერმინებით არის ფორმულირებული.

**ჯორჯ მოლი (George J. Mouly) ემპირიული მეცნიერების პროცესში ხუთ ეტაპს გამოყოფს:**

1. გამოცდილება: სამეცნიერო ინიციატივის საწყისი წერტილი ელემენტარულ დონეზე.
2. მონაცემთა კლასიფიკაცია – ნაკლებად გასაგები ერთობლიობების ფორმალური სისტემატიზაცია.
3. კვალიფიკაცია: უფრო დახვეწილი ეტაპი, რომელზეც გაზომვის სიზუსტე მათემატიკური მეთოდების გამოყენებით ფენომენის უფრო ადეკვატური ანალიზის საშუალებას იძლევა.
4. ურთიერთმიმართების აღმოჩენა: ფენომენებს შორის ფუნქციური ურთიერთმიმართების იდენტიფიცირება და კლასიფიცირება.
5. ჭეშმარიტებასთან მიახლოება: მეცნიერება ჭეშმარიტებასთან თანდათანობით მიახლოებით ვითარდება.

**მესამე დაშვება,** რომელიც საფუძვლად უდევს მეცნიერის მუშაობას, ეკონომიკურობის პრინციპია. აქ ძირითადი იდეა ისაა, რომ ფენომენი შემდგომადგვარად ეკონომიკურად ყველაზე რენტაბელური გზით უნდა აიხსნას.

<sup>32</sup>საგნის, მოვლენის შინაგანად დამახასიათებელი, მისთვის ნიშანდობლივი, მისი ბუნებიდან გამომდინარე თვისება.

როგორც აინშტაინი<sup>33</sup> ამბობდა, საქმე იმდენად მარტივი უნდა გავხადოთ, რამდენადაც შესაძლებელია. ამ პრინციპის პირველი ისტორიული განაცხადი უილიამ ოკამს<sup>34</sup> (William Occam) ეკუთვნის, როდესაც მან განაცხადა, რომ ახსნის პრინციპები უსარგებლოდ არ უნდა მომრავლდეს.

ამ გამონათქვამის ინტერპრეტირება სხვაგვარადაც შეიძლება: ფენომენი უმჯობესია ორი ცნებით ავხსნათ და არა - სამით; მარტივი თეორია უნდა ვამჯობინოთ რთულს; და ბოლოს - **ზოგადობის დაშვება** მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მსჯელობის ორივე მეთოდში – დედუქციურშიც და ინდუქციურშიც. ფაქტობრივად, ისტორიულ ჭრილში თუ შევხედავთ, კონკრეტულ კერძოსა და აბსტრაქტულ ზოგადს შორის პრობლემური დამოკიდებულება არსებობდა, რაც შემდგომში ცოდნის შესახებ ორი კონკურენტული თეორიის – რაციონალურის და ემპირიულის სახით ჩამოყალიბდა. იწყებენ რა კერძოზე დაკვირვებით, მეცნიერები თავიანთი შედეგების განზოგადებას მთელ სამყაროზე ცდილობენ, ასე იმიტომ ხდება, რომ მათ, საბოლოო ჯამში, მოვლენის ახსნა აინტერესებთ. აქვე ცხადია, რომ ზოგადობის ცნება გაცილებით ნაკლებ პრობლემას ქმნის საბუნებისმეტყველო მეცნიერებაში მოღვაწე მკვლევრებისათვის, რომლებიც, ძირითადად, არაცოცხალ საკვლევ ობიექტთან მუშაობენ, ვიდრე სოციალურ მეცნიერებათა დარგში მოღვაწეთათვის, რომელთაც ცალსახად უწევთ ადამიანთა პოპულაციიდან აღებულ მონაცემებთან გამკლავება და შემდეგ ამ მონაცემებით მიღებული შედეგების განზოგადება მთელ პოპულაციაზე.

აღნიშნულიდან იკვეთება ძირითადი კითხვა: რა არის მეცნიერება? ფრედ კერლინგერი (Fred Kerlinger) მიუთითებს, რომ თავად მეცნიერულ სამყაროში შეიძლება მეცნიერების შესახებ ორი ზოგადი მოსაზრება ვიპოვოთ, ესენია: **სტატიკური და დინამიკური**.

**სტატიკური მოსაზრებით**, რომელიც, განსაკუთრებით, არაპროფესიონალებისკენ არის მიმართული, მეცნიერება არის აქტივობა, რითაც სამყაროს სისტემატური ცოდნა ემატება. მეცნიერის საქმეა ახალი ფაქტების აღმოჩენა და ცოდნის უკვე არსებულ ბაზაში მათი ჩართვა. ამგვარად, მეცნიერება განიხილება, როგორც მონაცემების აკუმულირებული ერთობლიობა და აქცენტი, ძირითადად, ცოდნის მიმდინარე მდგომარეობასა და მის შევსებაზე კეთდება. აღნიშნულის საპირისპიროდ, **დინამიკური**

<sup>33</sup> ალბერტ აინშტაინი - ფიზიკოს-თეორეტიკოსი, მიჩნეულია XX საუკუნის უდიდეს მეცნიერად. მან წამოაყენა ფარდობითობის თეორია და ასევე დიდი წვლილი აქვს შეტანილი კვანტური მექანიკის, სტატისტიკური მექანიკისა და კოსმოლოგიის განვითარებაში. 1921 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია ფიზიკაში 1905 წელს ფოტოელექტრონული ეფექტის მისეული განსაზღვრებისთვის და ასევე თეორიულ ფიზიკაში მის მიერ შეტანილი წვლილისთვის. <https://intermedia.ge/სტატია/67754-ვინ-იყო-აინშტაინი/19/>

<sup>34</sup> მე-14 საუკუნის ყველაზე გავლენიანი ევროპელი ფილოსოფოსი, წარმოშობით ინგლისელი დღეს ძირითადად ცნობილია უნივერსალური სამეცნიერო პრინციპის ჩამოყალიბებით, რომელსაც ოკამის სამართებლის სახელით ვიცნობთ. ეს პრინციპი, რომელიც გამოიყენებოდა ცრუმეცნიერული დასკვნების თავიდან ასაცილებლად, ჟღერს როგორც - „ნუ ამრავლებ არსთა რაოდენობას აუცილებლობის გარეშე (ნუ დაუშვებ სიმრავლეს აუცილებლობის გარეშე)“. ზოგადად ეს ნიშნავს, რომ რაიმე მოვლენის აღწერის დროს უმჯობესია ყველაზე მარტივ განმარტებას დავსჯერდეთ. <http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=5&t=13316>



**ხედვისთვის** მეცნიერება უფრო მეტია, ვიდრე აქტივობა; უფრო მეტი, ვიდრე რაღაც, რასაც მეცნიერები აკეთებენ. ამ კონცეფციის მიხედვით, მნიშვნელოვანია დაგროვილი ცოდნის ქონა, მაგრამ რაც მართლაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, ის აღმოჩენებია, რომელსაც მეცნიერები აკეთებენ. შესაბამისად, აქ აქცენტი მეცნიერების ევრისტიკულ ბუნებაზე კეთდება.

არსებობს საპირისპირო მოსაზრებები მეცნიერების ფუნქციების შესახებ. თუმცა, პროფესიონალი მეცნიერისათვის მეცნიერება სამყაროს წვდომის მეთოდია - ახსნისა და გაგების, წინასწარმეტყველებისა და კონტროლის საშუალებაა. მათთვის მეცნიერების საბოლოო მიზანი თეორიაა ტექნოლოგიის შესაქმნელად.

მეცნიერული თეორიები ბუნებით დროებითი არიან. თეორია ვერასოდეს იქნება დასრულებული იმ თვალსაზრისით, რომ მოიცავდეს ყველაფერს, რაც კი არის ცნობილი და ნაკვლევ მიცემული ფენომენის შესახებ და ერთ მეცნიერულ თეორიას მაშინვე ანაცვლებს უფრო დახვეწილი თეორია, როგორც კი ახალი ცოდნის მოპოვება ხდება.

თეორიებსა და მოდელებზე საუბრისას უნდა შევხვდეთ იმ ინსტრუმენტებს, რომლებსაც მეცნიერები მუშაობისას იყენებენ. მაგალითისათვის განვიხილოთ ორი ასეთი ხელსაწყო - ინსტრუმენტი – **ცნება და ჰიპოთეზა**, რომლებიც გადამწყვეტ როლს ასრულებენ მეცნიერებაში.

**ცნებები** ასახავენ კონკრეტულიდან გაკეთებულ განზოგადებებს, მაგალითად, რისხვა, მიღწევა, გაუცხოება, სისწრაფე, ინტელექტი, დემოკრატია. თუ ამ მაგალითებს უფრო კარგად დავაკვირდებით, ვნახავთ, რომ თითოეული მათგანი არის სიტყვა, რომელიც იდეას გამოხატავს: უფრო ზუსტად, **ცნება არის სიტყვის (ანუ სიმბოლოს) და იდეის, ანუ კონცეფციის სემანტიკა**. დარგობრივი სფეროს თვალსაზრისით - ვინც არ უნდა ვიყოთ და რასაც არ უნდა ვაკეთებდეთ, ყველანი ვიყენებთ ცნებებს.

ბუნებრივია, რომ ზოგიერთი ცნება საერთოა ერთ კულტურაში მცხოვრები ადამიანების ყველა ჯგუფისათვის და ყველა იყენებს მათ. ასეთი ცნებებია: ბავშვი, სიყვარული და სამართლიანობა. თუმცა, სხვა ცნებების გამოყენების არეალი უფრო შეზღუდულია და მათ მხოლოდ გარკვეული ჯგუფები, სპეციალისტები ან პროფესიის წარმომადგენლები იყენებენ. ასეთი ცნებების მაგალითებია: კატალიზი, რეაქციის უნარიანობა, სტანდარტი, ტექნიკური რეგლამენტი, იდიოგლოსია<sup>35</sup>, რეტროაქტიული შეკავება და ანტიციპატორული<sup>36</sup> სოციალიზაცია.

ცნებები საშუალებას გვაძლევს, რომ ადამიანის გარე და შიდა სამყაროს გარკვეული მნიშვნელობები მივანიჭოთ. მათი საშუალებით რეალობა მნიშვნელობას, წესრიგსა და ლოგიკურ თანმიმდევრულობას იძენს. ცნებები საშუალებებია, რომლითაც თანხმობაში მოვდივართ საკუთარ გამოცდილებასთან. შესაბამისად, ის, თუ როგორ აღვიქვამთ სამყაროს, მნიშვნელოვანწილად დამოკიდებულია ჩვენ ხელთ არსებულ ცნებათა

<sup>35</sup> მეტყველების დარღვევა. რომლის დროსაც ზოგიერთი ჩვეულებრივი სიტყვა იცვლება განსაკუთრებული, აზრს მოკლებული ბგერებით (აღინიშნება ბავშვებში და ოლიგოფრენიის დროს) <http://www.nplg.gov.ge/academic/index.php?a=term&d=3&t=8838>

<sup>36</sup> ანტიციპაცია - წინასწარი წარმოსახვა. <http://dictionary.css.ge/content/anticipatory-coping>

ერთობლიობაზე. რაც უფრო მეტი ცნება გვაქვს მარაგში, მით უფრო მეტი სენსორული მონაცემი შეგვიძლია შევაგროვოთ და რაც არ უნდა იყოს „სადღაც იქ“, მით მეტად სანდო იქნება ჩვენი პერცეპტული (და კოგნიტური) წვდომა. თუ სამყაროს ჩვენეულ აღქმებს ჩვენ ხელთ არსებული ცნებები განაპირობებს, მაშინ აღნიშნულიდან გამომდინარეობს, რომ ცნებათა სხვადასხვა ერთობლიობის მქონე ადამიანები „ერთსა და იმავე“ ობიექტურ რეალობას სხვადასხვაგვარად აღიქვამენ – ექიმი სრულიად განსხვავებულ ცნებებზე დაყრდნობით დასვამდა დაავადების დიაგნოზს, ვიდრე, ვთქვათ, არაპროფესიონალი იმსჯელებდა იმავე დაავადებაზე შეზღუდული და გამარტივებული ფრაზებით.

ამრიგად, შეიძლება დაისვას კითხვა, საით მივყავართ ამ ყველაფერს? პასუხი მარტივია: იმისკენ, რომ მკვლევარებს მსგავსად ჩამოყალიბებული ან დეტალური განსაზღვრულობის მქონე ცნებები გააჩნიათ, რაც მათვე უქმნის პირობებს, რომ ერთმანეთის მსგავსად აღიქვან სამყარო და სამყაროსის ის ნაწილი ასახონ, რომელიც მათი კვლევის სფეროშია. ზოგადად, ცნებები ქმნიან უფრო ფართო მნიშვნელობათა სისტემას, რომელიც მათ იმ რეალობის ახსნის შესაძლებლობის უნარს ანიჭებს, რაც ყოველდღიურ ცხოვრებისეულ გამოცდილებაში იღებს სათავეს და მეცნიერულად დასტურდება.

მეცნიერულ ცნებებზე საუბრისას ორი მნიშვნელოვანი მომენტი უნდა აღინიშნოს. **პირველია** ის, რომ ისინი არ არსებობენ ჩვენგან დამოუკიდებლად: ფაქტობრივად, ისინი ჩვენი გამოგონებაა, რომელიც საშუალებას გვაძლევს რაღაც მაინც გავარკვიოთ ბუნების აშკარად შესამჩნევ ქაოსში.

**მეორეა** ის, რომ მათი რაოდენობა სასრულია და ამით უპირისპირდებიან იმ ფენომენტთა უსასრულო რაოდენობას, რომელთა ახსნაც მოეთხოვებათ. მეცნიერის მეორე უმნიშვნელოვანესი ხელსაწყო **ჰიპოთეზაა**. სწორედ აქედან იწყება კვლევათა უმრავლესობა, განსაკუთრებით მაშინ, როდესაც მიზეზ-შედეგობრივ ან თანმხლებ ურთიერთობებს იკვლევენ.

ფრედ კერლინგერი (Fred Kerlinger) ჰიპოთეზას განმარტავს, როგორც სავარაუდო დებულებას ორი ან მეტი ცვლადის ურთიერთმიმართების შესახებ, ან „ცოდნაზე დაფუძნებულ ვარაუდს“, თუმცა ის განსხვავდება ცოდნაზე დამყარებული ვარაუდისგან იმით, რომ ხშირად მნიშვნელოვანი შესწავლის, გააზრებისა და დაკვირვების შედეგია.

ფრ. კერლინგერმა (Fred Kerlinger) გამოყო „კარგი“ ჰიპოთეზის ორი კრიტერიუმი. **პირველია** ის, რომ ჰიპოთეზა არის დებულება ცვლადების ურთიერთმიმართების შესახებ; **მეორეა** ის, რომ ჰიპოთეზა ასახავს მასში გამოთქმული ვარაუდის შემოწმებისა და მიმართებების დადგენის გზებს. აღნიშნულს ფრ. კერლინგერი ორ დამხმარე კრიტერიუმს უმატებს: **ჰიპოთეზა** არსებულ ცოდნასთან შედარების შესაძლებლობას იძლევა და ის შეძლებისდაგვარად ლაკონურად არის გადმოცემული. ამგვარად, თუ ვვარაუდობთ, რომ სოციალური კლასი განაპირობებს აკადემიურ მიღწევას, ჩვენ გვაქვს ერთი ცვლადის - სოციალური კლასის მიმართება მეორესთან - აკადემიურ მიღწევასთან, და ვინაიდან ორივე ცვლადი გაზომვადია, კერლინგერის მიერ განსაზღვრული ძირითადი კრიტერიუმები დაკმაყოფილებულია.

## მეცნიერული მეთოდი

### მეცნიერების განვითარების ეტაპები

თუ მეცნიერების ყველაზე გამორჩეული თვისება ემპირიულობაა, შემდეგი ყველაზე მნიშვნელოვანი მახასიათებელი მისი პროცედურებია, რომლებიც არა მარტო იმას გვიჩვენებს, თუ როგორ მიიღება მონაცემები, არამედ საკმაოდ ცალსახა და **გამეორებადია** კოლეგა-მკვლევრებისათვის ანუ სხვებს შეუძლიათ იმავე ან სხვა მასალის გამოყენებით მათი შემოწმება და ამით შედეგების გადამოწმება ობიექტური რეალობის დასადგენად.

ამ რეალობის დამდგენ სტანდარტებსა და პროცედურებს ცხადი აღქმისათვის „**მეცნიერულ მეთოდს**“ ვუწოდებთ, თუმცა ამან შეიძლება შეცდომაში შეგვიყვანოს შემდეგი მიზეზის გამო: ზედსართავი სახელისა და მხოლოდით რიცხვში მოცემული არსებითი სახელის კომბინაცია ზოგი ადამიანის გონებაში პრობლემის გადაწყვეტისადმი ერთი კონკრეტული მიდგომის წარმოდგენის სურათს ქმნის. მიდგომაში, სადაც ატომები ან საკვლევი ვირთხები მოიაზრებიან და აღნიშნული ლაბორატორიის ფარგლებში ხორციელდება შეიძლება გაცილებით მეტი რამ იგულისხმებოდეს. ეს ტერმინი, ფაქტობრივად, მოიცავს მეთოდების ჩამონათვალს, რომლებიც ერთმანეთისგან განსხვავდებიან დახვეწილობის ხარისხით და იმის მიხედვით, თუ რა ფუნქციას ასრულებენ და მოცემულ მომენტში განვითარების რა ეტაპზეა კვლევა.

ქვემოთ წარმოდგენილია მეცნიერების განვითარების საფეხურები ან, უფრო რეალურად თუ ვიტყვით, ის საფეხურები, რომლებიც ყოველთვის ფიქსირდება მის განვითარებაში და რომელთა გამოწვევაც შეუძლიათ მეცნიერებს იმის მიხედვით, თუ რა ტიპის ინფორმაციას ეძებენ, ან რა ტიპის პრობლემის წინაშე დგანან.

#### მეცნიერების განვითარების ეტაპებია:

1. მეცნიერების იმ ფენომენების იდენტიფიცირება, რომლებიც ერთიანდება ამ მეცნიერებაში.
2. დაკვირვების ეტაპი, რომელზეც ხდება რელევანტური ფაქტორების, ცვლადების ან დებულებების იდენტიფიცირება და სახელდება; ასევე, აქვე ყალიბდება კატეგორიები და ტაქსონომიები.
3. კორელაციური კვლევა, რომელშიც ერთმანეთს უკავშირდება ცვლადები და პარამეტრები და ინფორმაცია სისტემატურად ინტეგრირდება და ყალიბდება თეორიების სახით.
4. ცვლადების სისტემატური და გაკონტროლებული მანიპულაცია იმის სანახავად, იძლევა თუ არა ექსპერიმენტი მოსალოდნელ შედეგებს - კორელაციიდან მიზეზ-შედეგობრიობისკენ გადანაცვლება.

5. წინა ეტაპებზე დაგროვილი ცოდნის თეორიული სისტემის სახით გაფორმება. საკვლევე ფენომენების ბუნებიდან გამომდინარე, შესაძლებელია კანონების ფორმულირება და სისტემატიზირება.
6. ჩამოყალიბებული თეორიის პრობლემების გადასაჭრელად, ან ჰიპოთეზების წყაროდ გამოყენება.

ტერმინის „მეცნიერული მეთოდი“ ასახსნელად განსაკუთრებით საინტერესოა II, III და IV ეტაპი. II ეტაპი შედარებით ნაკლები სირთულით ხასიათდება. ამ ეტაპზე მკვლევარი ფაქტებზე დაკვირვებითა და მათი ჩაწერით კმაყოფილდება და, სავარაუდოდ, კლასიფიკაციის გარკვეულ სისტემამდე მიდის. III ეტაპზე მეტი დახვეწილობა და სირთულე შემოდის, ვინაიდან ჩამოყალიბების პროცესში მყოფ ფართო თეორიულ ჩარჩოში ცვლადებს შორის მიმართების დადგენას ცდილობენ. IV ეტაპი ყველაზე დახვეწილი და რთულია და მკვლევარები ხშირად მხოლოდ მას მიიჩნევენ მეცნიერულ მეთოდად. მიზეზ-შედეგობრიობის დასადგენად, მარტივი ასოციაციის საზომებისგან განსხვავებით, მკვლევარები ქმნიან ექსპერიმენტულ სიტუაციებს, რომლებშიც წამოყენებული ჰიპოთეზების შემოწმების მიზნით ცვლადებით მანიპულირებენ. ეს პროცესი იწყება პირველადი, ჩამოუყალიბებელი იდეებიდან და უფრო ზუსტ ჰიპოთეზებამდე, მათ ემპირიულ შემოწმებამდე და შემდეგ ამ ჰიპოთეზების დადასტურებამდე ან მოდიფიკაციამდე მიდის და მას **ფრ. კერლინგერის (Fred Kerlinger) მოდელი ქვია**<sup>37</sup>. ამ მოდელის III და IV ეტაპების გათვალისწინებით, შეიძლება ითქვას, რომ მეცნიერული მეთოდი მოცემულ სიტუაციაში არსებული ელემენტების მთელი ერთობლიობიდან ზოგიერთი ელემენტის ცნობიერი და მიზანმიმართული შერჩევით იწყებს მუშაობას.

შედარებით მოგვიანებით, 1995 წელს ჰიჩკოკმა და ჰიუზმა<sup>38</sup> შემოგვთავაზეს მეცნიერული მეთოდის რვაეტაპიანი მოდელი, რომელიც ეხმიანება კერლინგერის მოდელს და წარმოდგენილია ქვემოთ:

- I ეტაპი:** ჰიპოთეზები, ეჭვები და ვარაუდები.
- II ეტაპი:** ექსპერიმენტი დაგეგმილია, გაკეთდა შერჩევა, გამოყვეს ცვლადები.
- III ეტაპი:** იპოვეს კორელაციები, დაადგინეს კანონზომიერებები.
- IV ეტაპი:** ჩამოაყალიბეს ჰიპოთეზები კანონზომიერებების ასახსნელად.
- V ეტაპი:** შეამოწმეს ახსნები და წინასწარმეტყველებები; ფალსიფიცირებადობა.
- VI ეტაპი:** კანონები ჩამოაყალიბეს ან არ დაადასტურეს (ჰიპოთეზების უარყოფა).
- VII ეტაპი:** განზოგადებები ანუ გენერალიზაცია გაკეთდა.
- VIII ეტაპი:** ახალი თეორიები.

<sup>37</sup> Kerlinger, Fred N. (1973) *Foundations of Behavioral Research*. 2<sup>nd</sup> edition. Holt, Rinehart and Winston

<sup>38</sup> DOI <https://doi.org/10.4324/9780203424605>

ელემენტები, რომელთაც მკვლევარი ეყრდნობა, ბუნებრივად უნდა ერგებოდეს მეცნიერულ ფორმულირებას. ეს ნიშნავს, რომ მათ (ელემენტებს რასაც მკვლევარი ეყრდნობა) რაოდენობრივი ასპექტი ექნებათ.

ძირითადი სამუშაო ხელსაწყო იქნება ჰიპოთეზა, რომელიც, როგორც ცნობილია, არის დებულება. ის მიუთითებს ორ ან მეტ არჩეულ ელემენტს შორის კავშირზე (ან ამ კავშირის არარსებობაზე) და ისეა ფორმულირებული, რომ ნათლად იძლეოდეს შემოწმების შესაძლებლობას. ამის შემდეგ მეცნიერები ირჩევენ ყველაზე შესატყვის მეთოდს და იწყებენ თავიანთი ჰიპოთეზების შემოწმებას.

### პოზიტივიზმის<sup>39</sup> და მეცნიერული მეთოდის კრიტიკა

მიუხედავად იმისა, რომ მეცნიერული საქმიანობა პოზიტივიზმის გამოყენებით წარმატებული გამოდგა, განსაკუთრებით, საბუნებისმეტყველო მეცნიერებების სფეროში, მისი ონტოლოგიური და ეპისტემოლოგიური საფუძვლები გარკვეულ წრეებში უწყვეტი და ზოგჯერ მწვავე კრიტიკის ქარცეცხლში ექცეოდა. XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან წინა პლანზე წამოიწია პოზიტივიზმის წინააღმდეგ აქტივობამ და ევროპის ზოგიერთი გამორჩეული მოაზროვნე – ფილოსოფოსი, მეცნიერი, სოციალური კრიტიკოსი და ხელოვანი მიიზიდა. არსებითად, ეს იყო რეაქცია მეცნიერთა მიერ აღწერილ ისეთ სამყაროზე, რომელიც, როგორც ისინი ამტკიცებდნენ, ძირს უთხრის სიცოცხლესა და აზროვნებას. მიიჩნევდნენ რა სამყაროს ცოცხალ ორგანიზმად და არა მექანიკურ მანქანად, ანტიპოზიტივისტური შეტევის კონკრეტულ სამიზნეს წარმოადგენდა მეცნიერთა მიერ ბუნების მექანიკური და რედუქციონისტული ხედვა, რომელიც, თავისი არსით, სიცოცხლეს გაზომვადი და არა შინაგანი გამოცდილების ტერმინებით განმარტავს და გამორიცხავს არჩევანის, თავისუფლების, ინდივიდუალობისა და მორალური პასუხისმგებლობის იდეებს.

პოზიტივიზმის მტკიცებულებების კრიტიკა დანიელი ფილოსოფოსისგან, ეგზისტენციალიზმის ერთ-ერთი დამაარსებლისგან, **სიორენ კიერკეგარდი (Kierkegaard)**<sup>40</sup>

<sup>39</sup>პოზიტივიზმი, როგორც ფაქტის, ხელშესახების, პოზიტიურის განსაკუთრებული ღირებულების დოქტრინა. საბოლოო ჯამში პოზიტივიზმი იგივე ემპირიზმია, შემდეგი განსხვავებით: იმ დროს, როდესაც ემპირიზმი შემეცნების მსვლელობაზე აკეთებდა აქცენტს (უფრო ფსიქოლოგია, ვიდრე სხვა რამ), პოზიტივიზმი უფრო შემეცნების ღირებულებასა და საზღვრებზე ამახვილებს ყურადღებას (უფრო გნოსეოლოგია, ანუ შემეცნების კრიტიკა, თუმცა, ზედმეტი კრიტიკულობის გარეშე). პოზიტივიზმს შემეცნების საზღვრების, საშუალებათა და ღირებულების შესახებ მეთოდის, ანუ მეთოდოლოგიის სახით სურს ჩვენს წინაშე თავის წარმოდგენა. თუმცა, სინამდვილეში მას არ ძალუძს არ გამოხატოს რეალობისადმი დამოკიდებულება და ამგვარად ის რეალობის შესახებ დოქტრინად იქცევა. პოზიტივიზმის წარმომადგენელი ქვეყნები ძირითადად საფრანგეთი და ინგლისი არიან, რომლებსაც განმანათლებლობით განმტკიცებული საკუთარი ძლიერი ემპირისტული ტრადიცია ახასიათებთ. <http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=5&t=14100>

<sup>40</sup> Søren Kierkegaard (დანიურად); დაბ. 5 მაისი, 1813, კოპენჰაგენი - გარდ. 11 ნოემბერი, 1855) - დანიელი ფილოსოფოსი, თეოლოგი, კრიტიკოსი, პოეტი, ქრისტიანული მორალის და ეთიკის წარმომადგენელი, თეისტური ეგზისტენციალიზმის მიმდინარეობის წარმომადგენელი. კიერკეგორის დროს გამეფებული ჰეგელის მოძღვრების მოწინააღმდეგე, კლასიკური გერმანული იდეალიზმის საწინააღმდეგოდ ემხრობოდა რაციონალიზმის მეორადობას და წმინდა არსებობის

მოდოდა. ს. კიერკეგარდს აინტერესებდა პიროვნებები და მათი საკუთარი თავის უმაღლეს დონემდე განვითარების რეალიზაციის მოთხოვნილება. პიროვნების პოტენციალის რეალიზება მისთვის იყო არსებობის საზრისი, რომელსაც იგი ხედავდა, როგორც „კონკრეტულსა და ინდივიდუალურს, უნიკალურსა და არარედუქციურს, რომელიც არ ექვემდებარება კონცეპტუალიზაციას“. ჩვენი ეპოქის დამახასიათებელი ნიშანი – დემოკრატიული მასის მენტალური რწმენა, გონების დომინირება, მეცნიერული და ტექნიკური პროგრესი – ეს ყველაფერი აფერხებს ამ მიზნის მიღწევას და ინდივიდის დეჰუმანიზაციას უწყობს ხელს. სურდა რა ადამიანების მათივე ილუზიებისგან განთავისუფლება, სიორენ კიერკეგარდს ყველაზე მეტად ობიექტურობა აფიქრებდა, რაშიც ის ქცევისა და აზროვნების წესების შემოღებას გულისხმობდა და, ასევე, მოიაზრებდა პიროვნების დამკვირვებლად გადაქცევას, რომელიც ადამიანის ქცევის წარმმართველი ზოგადი კანონების აღმოსაჩენად უნდა ყოფილიყო მოწოდებული. ის ამტკიცებდა, რომ ადამიანებმა სუბიექტურობის შესაძლებლობა უნდა დაიბრუნონ. იგი სუბიექტურობას უწოდებდა ადამიანის უნარს, საკუთარი ურთიერთობა, როგორც არ უნდა ყოფილიყო ის, კვლევა-ძიების ფოკუსში მოექცია.

### **დაპროგნოზება და მასთან დაკავშირებული ძირითადი ცნებები**

**დაპროგნოზება** – ესაა სპეციალური სამეცნიერო კვლევა, რომელიც ორიენტირებულია მოვლენის ან პროცესის განვითარების პერსპექტივების დასადგენად. ამ ტერმინის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ გარკვეული მეთოდებით დავამუშავოთ დაპროგნოზების ობიექტზე არსებული ინფორმაცია და შევიქმნათ წარმოდგენა ამ ობიექტის ევოლუცია/განვითარების მიმართულების შესახებ, ამ ობიექტის განვითარების ტენდენციის ანალიზის საფუძველზე.

ადამიანის შემეცნებითი საქმიანობის შედეგია მომავალ მოვლენებზე ცოდნის მიღება, რომელიც შეიძლება გამოიხატებოდეს სხვადასხვა ფორმით. წინასწარმეტყველება და განჭვრეტა ახლო ცნებებია, რომლებიც შეიცავენ სხვადასხვა აზრს. **წინასწარმეტყველება** ესაა მსჯელობა სუბიექტის ან ობიექტის მდგომარეობაზე მომავალში, რომელიც ეფუძნება ლოგიკურ დასკვნას.

**განჭვრეტა** კი არის მსჯელობა ობიექტის მდგომარეობაზე მომავალში, რომელიც ეფუძნება ობიექტის განვითარების კანონზომიერების შემეცნებას.

**განჭვრეტის სამი ფორმა არსებობს:** მეცნიერული, არამეცნიერული და ემპირიული.

**მეცნიერული განჭვრეტა** წარმოადგენს მეცნიერული თეორიის შედეგს, რომელიც აგებულია მეცნიერული მეთოდებით გამოვლენილი კანონზომიერების საფუძველზე.

---

(ეგზისტენციალიზმის) პირველადობას, რომლითაც რთული დიალექტიკური განვითარების გზით პიროვნებას ძალუმს საკუთარი არსის აღქმა რწმენაში. [https://ka.wikipedia.org/wiki/სერენ\\_კიერკეგორი](https://ka.wikipedia.org/wiki/სერენ_კიერკეგორი)



არამეცნიერული განჭვრეტა ეფუძნება არარეალურ, ფანტასტიკურ ურთიერთკავშირებს.

ემპირიული განჭვრეტა ეფუძნება ადამიანთა ყოველდღიურ გამოცდილებას.

მეცნიერულ განჭვრეტას გააჩნია სამი ფორმა: **ჰიპოთეზა, პროგნოზი და გეგმა.**

**ჰიპოთეზა** არის ამა თუ იმ მოვლენის განვითარების შესახებ ვარაუდი, რომელიც შეიძლება მოხდეს, შეიძლება არა. ჰიპოთეზის დონეზე, როგორც წესი, გვეძლევა საკვლევი ობიექტის განვითარების ხარისხობრივი მახასიათებლები, მისი ზოგადი კანონზომიერებები და მახასიათებლები.

**პროგნოზი** არის ალბათური, მეცნიერულად დასაბუთებული მსჯელობა ობიექტის მდგომარეობაზე მომავალში, მისი მიღწევის ალტერნატიულ გზებზე და ვადებზე. ჰიპოთეზასთან შედარებით მას გააჩნია დიდი განსაზღვრულობა, შეიცავს არა მარტო ხარისხობრივ, არამედ რაოდენობრივ მახასიათებლებსაც.

**გეგმა** წარმოადგენს მკაფიოდ განსაზღვრული მიზნის დასახვას და საკვლევი ობიექტის კონკრეტული, დეტალური ვითარების წინასწარ ხედვას.

#### **პროგნოზი უნდა აკმაყოფილებდეს შემდეგ მოთხოვნებს:**

- ა) გამოქვეყნებისას შეუძლებელია ცალსახად განისაზღვროს მისი ჭეშმარიტება და მცდარობა, რადგანაც პროგნოზი ეხება არადაკვირვებად მოვლენას;
- ბ) ის უნდა შეიცავდეს მითითებას სივრცულ და დროით ინტერვალზე, რომლის შიგნითაც ადგილიეჭნება პროგნოზირებად მოვლენას;
- გ) გამოქვეყნების მომენტში აუცილებელია ვფლობდეთ იმ მეთოდებს, რომელთა დახმარებითაც შესაძლებელია პროგნოზის სიზუსტისა და საიმედოობის შეფასება. ამგვარ მეთოდებს ეწოდება **პროგნოზის ვერიფიკაციის<sup>41</sup> მეთოდები** (მისი სიზუსტისა და საიმედოობის შეფასება).

#### **გეგმისა და პროგნოზის განსხვავებულობა:**

- 1) გეგმა დირექტიული ხასიათისაა, პროგნოზი კი სარეკომენდაციო;
- 2) გეგმის შემუშავებას წინ უსწრებს პროგნოზის შემუშავება;
- 3) პროგნოზი მრავალვარიანტიანია, გეგმა კი არა.

<sup>41</sup> **პროგნოზის ვერიფიკაცია** – პროგნოზის სიზუსტის და საიმედოობის ან დასაბუთების დონის შეფასება სხვადასხვა მეთოდის (მათ შორის სტატისტიკური) გამოყენებით. თანამედროვე ეტაპზე პროგნოსტიკის მსოფლიო პრაქტიკაში ფართოდ გამოიყენება პროგნოზების ვერიფიკაციის შემდეგი ზოგადი ხერხები: პირდაპირი და ირიბი ვერიფიკაცია, აგრეთვე რამდენიმე კონკრეტული წესი.

[https://tsu.ge/assets/media/files/48/nashromebi/Simon\\_Gelashvili.pdf](https://tsu.ge/assets/media/files/48/nashromebi/Simon_Gelashvili.pdf)

პროგნოზისა და გეგმის შემუშავების კვალდაკვალ დგება კონკრეტული ღონისძიების რეალიზების პერიოდი. ხშირად ეს პროცესი ხორციელდება პროგრამების შემუშავების ფორმით.

**პროგრამა** ესაა დოკუმენტი მკაფიოდ ჩამოყალიბებული მიზნითა და ამოცანებით, რომელიც შეთანხმებულია შესრულების ვადით, დაფინანსების წყაროებითა და კონკრეტული შემსრულებლებით.

**პროგნოსტიკა** ესაა მეცნიერება პროგნოზების შემუშავების კანონზომიერების შესახებ. ის სწავლობს ნებისმიერი ბუნების ობიექტების განვითარების დაპროგნოზების მეთოდების აგების საერთო პრინციპებს. აქ მოიაზრება ყველა საკითხი, რომლებიც დაკავშირებულია დაპროგნოზების მეთოდოლოგიასა და ამ პროცესის აღმწერი პრინციპების შემუშავებასთან.

### **დაპროგნოზების ამოცანები, ფუნქციები და პრინციპები**

დაპროგნოზება ორიენტირებულია გადაწყვიტოს ორი ამოცანა: ერთი მხრივ, მან უნდა მოგვცეს მომავლის ობიექტური, მეცნიერულად დასაბუთებული სურათი დღევანდელი დღის პროცესებზე დაყრდნობით, მეორე მხრივ აირჩიოს რეალურ დროში საქმიანობის მიმართულება საპროგნოზო შეფასებათა გათვალისწინებით. ამასთან ერთად, დაპროგნოზების უმნიშვნელოვანეს ამოცანად შეიძლება ჩაითვალოს იმ ფაქტორთა გამოვლენა, რომლებიც თავის მხრივ, გავლენას მოახდენენ საკვლევი პროცესების პერსპექტივაზე.

**დაპროგნოზების მთავარი ფუნქცია** მდგომარეობს პროცესების და ტენდენციების მეცნიერული ანალიზის ჩატარებაში, აგრეთვე ახალი დარგობრივი სიტუაციის განჭვრეტაში და საკვანძო დარგობრივი პრობლემების გამოვლენაში. **დაპროგნოზების ძირითადი ფუნქცია** მდგომარეობს აგრეთვე დაპროგნოზების ობიექტის შეფასებასა და ოპტიმალური გადაწყვეტილებების მიღებაში.

**დაპროგნოზების პრინციპები** იცვლება ეკონომიკურ და დარგობრივ პირობებზე დამოკიდებულებით, რომელიც არსებობს საზოგადოების განვითარების ამა თუ იმ ეტაპზე. საბაზრო პირობებში იმ ძირითად პრინციპებს შორის, რომელსაც ეფუძნება დაპროგნოზების პროცესი, შეიძლება გამოვყოთ შემდეგი სტრატეგიები:

1. პროგნოზის მეცნიერული დასაბუთება (საზოგადოებისა და აზროვნების მეცნიერული მეთოდებით დამუშავება, ბუნების განვითარების კანონზომიერებათა გათვალისწინებით).
2. დაპროგნოზების უწყვეტობა (პროგნოზი მუდმივად უნდა განიცდიდეს კორექტირებას ქვეყანასა და ეკონომიკაში სიტუაციის ცვლილებათა გათვალისწინებით).



3. პერსპექტიული და მიმდინარე დაპროგნოზების შეხამება (დაპროგნოზების მოცემული სახეები ხორციელდება ურთიერთკავშირში, მაგრამ პრიორიტეტი ენიჭება პერსპექტიულ დაპროგნოზებას).
4. დაპროგნოზების შეთანხმებულობა (შემუშავებული პროგნოზი დაკავშირებული უნდა იყოს მომიჯნავე დარგობრივ პროგნოზებთან).
5. პროგნოზის მრავალვარიანტობა, ალტერნატიულობა (რეკომენდირებულია პროგნოზის მრავალი ვარიანტის შემუშავება, რათა სიტუაციის ცვლილების შემთხვევაში გამოყენებულ იქნას სხვა ვარიანტი. როგორც წესი, არსებობს პროგნოზის სამი ვარიანტი: ოპტიმისტური, პესიმისტური და რეალისტური).
6. ძირითადი ფაქტორების გამოყოფა (დაპროგნოზების დროს მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული ძირითადი ფაქტორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ საკვლევ პროცესზე. ეს განსაკუთრებით აქტუალურია, რადგანაც ეკონომიკური პროცესები რთული და მრავალფაქტორულია და ყველა ფაქტორის გავლენის გათვალისწინება შეუძლებელია).
7. პროგნოზის შემუშავების სისტემურობა (დაპროგნოზების პროცესი, ერთი მხრივ, უნდა იქნას გათვალისწინებული, როგორც ერთიანი მთლიანი სისტემა, ხოლო მეორე მხრივ, როგორც რთული სისტემა, რომელიც შედგება ცალკეული დამოუკიდებელი ბლოკებისგან).
8. პროგნოზის ვერიფიცირება (საპროგნოზო შეფასებები უნდა იყოს სარწმუნო და დასაბუთებული).
9. ადეკვატურობა (საპროგნოზო მოდელები მაქსიმალურად უნდა უახლოვდებოდეს რეალურ სინამდვილეს, ტენდენციებსა და კანონზომიერებებს).
10. რენტაბელურობა (შემუშავებული პროგნოზიდან ეფექტიანობა უნდა ჭარბობდეს მის შემუშავებაზე გაწეულ დანახარჯებს).

### პროგნოზების კლასიფიკაცია

#### პროგნოზების კლასიფიკაციის სხვადასხვა ნიშნები არსებობს:

1. შემუშავების მიზნის მიხედვით პროგნოზები იყოფა **სამიეზო და ნორმატიულ პროგნოზებად**. სამიეზო ეფუძნება საკვლევ მოვლენის მომავალი განვითარების განჭვრეტას წარსულის ტენდენციის შენარჩუნებით. ნორმატიული კი ითვალისწინებს წინასწარ დასახულ მიზნებს და მათი მიღწევის განსაზღვრულ გზებსა და ვადებს.
2. დროითი ფაქტორის მიხედვით გამოყოფენ: **ოპერატიულ პროგნოზებს**, რომლებიც მუშავდება ერთ თვემდე ვადით და შეიცავს მხოლოდ რაოდენობრივ მაჩვენებლებს; **მოკლევადიან პროგნოზებს**, რომლებიც მუშავდება ერთ წლამდე ვადით, შეიცავს ზოგად რაოდენობრივ მაჩვენებლებს; **საშუალოვადიან პროგნოზებს**, რომლებიც

მუშავდება 1-5 წლის ვადით, მოიცავს როგორც რაოდენობრივ, ასევე ზოგად ხარისხობრივ შეფასებებს; **გრძელვადიან პროგნოზებს** - კეთდება 5-15 წლიანი პერიოდისათვის და მოიცავს ზოგად რაოდენობრივ და ხარისხობრივ მაჩვენებლებს; **პერსპექტიულ პროგნოზებს** შეიმუშავენ 20 წელზე მეტი პერიოდისათვის და მოიცავს მხოლოდ ზოგად ხარისხობრივ მახასიათებლებს.

3. შინაარსის მიხედვით პროგნოზები არსებობს:

- ა) **ეკონომიკური** – გვთავაზობს ინფორმაციას ნებისმიერი ეკონომიკური მაჩვენებლის განვითარებაზე.
- ბ) **დემოგრაფიული** – მოიცავს მოსახლეობის მოძრაობასა და შრომითი რესურსების კვლავწარმოებას, მოსახლეობის დასაქმების დონესა და სტრუქტურას და ა.შ.
- გ) **სოციალური** – გვთავაზობს ინფორმაციას მოსახლეობის ცხოვრების დონესა და ხარისხზე.
- დ) **ეკოლოგიური** – იძლევა ინფორმაციას ქვეყანაში, ქალაქსა თუ რეგიონში ეკოლოგიური სიტუაციის შესახებ.
- ე) **ბუნებრივი რესურსების პროგნოზი** – მოიცავს ინფორმაციას საზოგადოების საჭიროების შესახებ ბუნებრივ რესურსებზე და მათი გამოყენების შესაძლებლობებზე, მოიცავს საზოგადოებრივი კვლავწარმოების ყველა სახესა და ბუნებრივ გარემოს.
- ვ) **მეცნიერულ-ტექნიკური** – ითვალისწინებს მეცნიერულ-ტექნიკური პროგრესის მიღწევებს.

4. შემუშავების მეთოდების მიხედვით არის **ინტუიციური და ფორმალიზებული პროგნოზი**. **ინტუიციური** ეყრდნობა ინფორმაციას, რომელიც მიღებულია ექსპერტების შეფასებით. ზოგიერთ სიტუაციაში, დაპროგნოზების დროს შეიძლება გამოყენებულ იქნას მხოლოდ ნახსენები ტიპის(ინტუიციური) პროგნოზი (მაგალითად, როდესაც დაპროგნოზების ობიექტი ახალია და მის შესახებ არაა სტატისტიკური მონაცემი).

დაპროგნოზების ობიექტი რთულია და მის განვითარებაზე გავლენას ახდენს მრავალი ფაქტორი). **ფორმალიზებული პროგნოზი** ეფუძნება ობიექტზე მოპოვებულ ფაქტოლოგიურ მონაცემებს. სტატისტიკური მონაცემები მუშავდება სპეციალისტების მიერ ფორმალიზებული მეთოდების დახმარებით.

5. დაპროგნოზების მასშტაბების მიხედვით გამოყოფენ:

- **მაკროეკონომიკურ პროგნოზებს** (დაპროგნოზების ობიექტი მთლიანად ქვეყნის ეკონომიკაა).
- **სტრუქტურულ პროგნოზებს** (რეგიონთაშორისი, დარგთაშორისი და ა. შ.).

- დარგობრივი კომპლექსების განვითარების პროგნოზებს, რეგიონულ პროგნოზებს (აქ დაპროგნოზების ობიექტად გვევლინება რეგიონი).
- ეკონომიკის პირველადი რგოლების პროგნოზებს (ამ შემთხვევაში, დაპროგნოზების ობიექტია ფირმა).
- გლობალური განვითარების პროგნოზებს (ობიექტია მთელი მსოფლიო, მსოფლიოს უმსხვილესი რეგიონები).

### **დაპროგნოზების ობიექტების კლასიფიკაცია**

**დაპროგნოზების ობიექტი** – ეს არის საკვლევი მოვლენა, პროცესი, რომლისთვისაც მუშავდება პროგნოზი. დაპროგნოზების ობიექტის კლასიფიკაცია აუცილებელია იმისათვის, რათა არჩეულ იქნეს მისთვის ყველაზე ადეკვატური ანალიზისა და დაპროგნოზების მეთოდები (არსებობს დაპროგნოზების 150-მდე მეთოდი).

#### **დაპროგნოზების ობიექტები კლასიფიცირდება შემდეგი ნიშნების მიხედვით:**

1. **ფუნქციონალური დატვირთვის მიხედვით** დაპროგნოზების ობიექტები შეიძლება იყოს:

- ა) მეცნიერულ-ტექნიკური (ახალი ტექნიკის შეყვანა, ახალი მასალების გამოჩენა, ახალი მეცნიერული აღმოჩენები და ა. შ.).
- ბ) ტექნიკურ-ეკონომიკური (წარმოების ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლების დაპროგნოზება).
- გ) ეკონომიკური (ნებისმიერი ეკონომიკური მაჩვენებელი).
- დ) სამხედრო-პოლიტიკური (კონფლიქტები, სამხედრო პოტენციალი და ა. შ.).
- ე) ბუნებრივი (ამინდის, მიწისძვრის, ვულკანების, შტორმების დაპროგნოზება).

2. **მასშტაბურობის მიხედვით** დაპროგნოზების ობიექტები შეიძლება კლასიფიცირდეს ცვალებადი ფაქტორების რიცხვზე დამოკიდებულებით, რომლებიც შედიან მის აღწერაში ანალიზის დროს:

- სუბლოკალური – ცვალებადი ფაქტორების რიცხვით 1-დან 3-მდე (ქვეყნის მოსახლეობის რიცხოვნობა).
- ლოკალური - ცვალებადი ფაქტორების რიცხვით 4-დან 14-მდე (შრომის მწარმოებლურობა).
- სუბგლობალური - ცვალებადი ფაქტორების რიცხვით 15-დან 35-მდე (მოსახლეობის მოთხოვნა რაიმე სახის საქონელზე).
- გლობალური – ცვალებადი ფაქტორების რიცხვით 36-დან 100-მდე (რეგიონის სატრანსპორტო ქსელი).

- სუპერგლობალური – 100-ზე მეტი ცვალებადი ფაქტორების რიცხვით (რაიმე დარგის განვითარება, ქვეყნის სატრანსპორტო ქსელი).

3. **განსაზღვრულობის ხარისხის მიხედვით** ობიექტები შეიძლება იყოს **დეტერმინირებული და სქოლასტიკური**. დეტერმინირებულის(განსაზღვრულობის) აღწერა შესაძლებელია მათემატიკური ფორმულებით (მაგალითად, უმუშევრობის დონე, მოსახლეობის ერთ სულზე საქონელბრუნვის სიდიდე). **სქოლასტიკურის** აღწერა რთულია მათემატიკური ფორმულებით, რადგანაც მის განვითარებაზე გავლენას ახდენს ის ფაქტორები, რომელთა რაოდენობრივი მაჩვენებლით გამოხატვა შეუძლებელია (მაგალითად, ქალაქში საცხოვრებელი ბინების შეყვანა ექსპლოატაციაში).

4. **დროში განვითარების ხასიათის მიხედვით** დაპროგნოზების ობიექტები შეიძლება დაიყოს დისკრეტული, აპერიოდული და ციკლური ნიშნის მიხედვით.

**დისკრეტული (წყვეტილი)** - ესაა ობიექტები, რომელთა განვითარება ხდება ნახტომისებურად (მაგალითად, დოლარის კურსი). **აპერიოდული** - ესაა ობიექტები, რომლის განვითარების ციკლი ხასიათდება მკაფიოდ გამოხატული ტენდენციით. **ციკლური** - ესაა ციკლური ხასიათის მქონე ტრენდების ობიექტები, ე. ი. ვარდნა იცვლება აღმავლობით (მაგალითად, სეზონურ საქონელზე მოთხოვნა).

5. **ინფორმაციული უზრუნველყოფადობის ხარისხის მიხედვით** გამოყოფენ პროგნოზირების შემდეგ ობიექტებს:

- რეტროსპექტულ პერიოდში რაოდენობრივი ინფორმაციის სრული უზრუნველყოფადობით.
- რეტროსპექტულ პერიოდში ხარისხობრივი მაჩვენებლის არსებობით.
- რეტროსპექტული ინფორმაციის სრული არარსებობით.

**დაპროგნოზების ობიექტის ანალიზის ამოცანები და პრინციპები**

**უმთავრესი**

დაპროგნოზების ობიექტის ანალიზის მიზანი და მთავარი ამოცანაა საპროგნოზო მოდელების შემუშავება. დაპროგნოზების ობიექტის ანალიზი იწყება მისი აღწერით. ის უნდა მოიცავდეს მონაცემებს ყველაზე განზოგადოებულ საკვანძო მაჩვენებლებზე, მოცემული ობიექტის მახასიათებლებზე, ობიექტის სტრუქტურაზე და სტრუქტურის ნაწილებს შორის ურთიერთკავშირებზე.

## ობიექტის სტრუქტურის ანალიზი ხორციელდება ორი გზით:

1) აგრეგირებით, ე. ი. კერძო დეტალური მახასიათებლების უფრო ზოგადი სახით გაერთიანებით. ამის გამოყენება მიზანშეწონილია, როდესაც საკვლევინ ობიექტის სტრუქტურა რთულია (მაგალითად, ქვეყნის ეკონომიკა, ქვეყნის რომელიღაც მხარის ეკონომიკა). მოცემული მეთოდი საჭიროებს ექსპერტების და ინტუიციური მეთოდების გამოყენებას.

2) დეზაგრეგირებით, ე. ი. სტრუქტურის დეტალიზაციის გაღრმავებით უფრო ზოგადი მახასიათებლებიდან უფრო კერძო მახასიათებლებამდე. მიზანმიმართულია მისი გამოყენება ნაკლებად მასშტაბური დაპროგნოზების ობიექტებისათვის (მაგალითად, ქალაქის ან მხარის მოსახლეობის რიცხოვნობა). ამ შემთხვევაში გამოიყენება ფორმალური მეთოდები.

## დაპროგნოზების ობიექტების ანალიზის ძირითადი მეთოდოლოგიური პრინციპებია:

1) სისტემურობა (დაპროგნოზების ობიექტი განიხილება, როგორც ურთიერთდაკავშირებული მახასიათებლების სისტემა).

2) სპეციფიკურობა (დაპროგნოზების დროს გაითვალისწინება სპეციფიკური შტრიხები, პროგნოზირების ობიექტის კანონზომიერებები).

3) დაპროგნოზების ობიექტების აღწერის ოპტიმიზაცია (დაპროგნოზების ობიექტების აღწერა უნდა უზრუნველყოფდეს მაღალ სანდოობას და გაანგარიშების სიზუსტეს).

4) ანალოგიურობა (დაპროგნოზების ობიექტის თვისების ანალიზის დროს მუდმივად ედრება ერთმანეთს თვისებით ერთნაირი, უფრო შესწავლილი და ცნობილი პროცესები პროგნოზების შესამუშავებელი დანახარჯების მინიმიზაციის მიზნით).

**მოდელი**<sup>42</sup> (ლათინურად ნიშნავს საზომს, ნიმუშს) და არის ობიექტის მათემატიკური აღწერა, აგრეთვე ფორმულა, რომელიც განსაზღვრავს მისი ფუნქციონირების კანონებს. დაპროგნოზებაში კი ეს არის ობიექტის მოდელი, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ინფორმაცია ობიექტის შესაძლო მდგომარეობაზე მომავალში და ამ მდგომარეობის მიღწევის გზებზე.

---

<sup>42</sup> **მოდელი** (ფრანგ. modèle, ლათ. modulus-დან — „ზომვა, ანალოგი, ნიმუში“) — სისტემა, რომლის გამოკვლევებიც ემსახურება სხვა სისტემის შესახებ ინფორმაციის მიღებას, ეს არის გამარტივებული წარმოდგენა რეალური მოწყობილობის და/ან მასში მიმდინარე პროცესებისა და მოვლენების შესახებ. მოდელების აგება და გამოკვლევა, ანუ მოდელირება, ამარტივებს რეალურ მოწყობილობაში (პროცესში...) არსებული თვისებებისა და კანონზომიერებების გამოკვლევას. გამოიყენებენ შემეცნებისთვის (განხილვისთვის, ანალიზისა და სინთეზისთვის). <https://ka.wikipedia.org/wiki/მოდელი>

## განასხვავებენ მოდელების რამდენიმე კლასს:

1. ფუნქციონალური მოდელები, რომლებიც აღწერს ფუნქციას, რომელიც სრულდება სისტემის ძირითადი შემადგენელი ნაწილებით;
2. ფიზიკური პროცესის მოდელი, რომელიც იგება წარმოების პროცესის ცვლადების მათემატიკურ დამოკიდებულებათა გამოვლენის საფუძველზე;
3. ეკონომიკური მოდელები, რომლებიც ეყრდნობა სისტემის სხვადასხვა ეკონომიკურ მაჩვენებლებს შორის დამოკიდებულებათა განსაზღვრას;
4. პროცედურული მოდელები, რომლებიც აღწერს სისტემაში მმართველობითი ზემოქმედების წესრიგსა და შინაარსს;
5. საექსპერტო მოდელები, რომლებიც წარმოადგენს სპეციალურ ფორმულებს საექსპერტო შეფასებათა შესამუშავებლად და საშუალებას იძლევა დახასიათდეს მოდელირების ობიექტის ფუნქციონირების უნარიანობა.

აღწერის არსებული ფორმებიდან, რომლებიც გამოიყენება საპროგნოზო მოდელებში, შეიძლება გამოყოფილ იქნეს შემდეგი:

- ა) სიტყვიერი აღწერა – ყველაზე მარტივი ხერხია, რომლებიც გამოიყენება საექსპერტო შეფასებებში (სცენარული პროგნოზი);
- ბ) გრაფიკული აღწერა – გამოიყენება პროგნოზირების ადრეულ სტადიაზე (ექსტრაპოლაციის მეთოდები);
- გ) ბლოკ-სქემა, მატრიცა-ამოხსნა („მიზნობრივი ხის“ მეთოდი);
- დ) მათემატიკური აღწერა ფორმულის სახით, მათემატიკური მოდელები (ცვალებადი საშუალოს მეთოდი).

დაპროგნოზების ობიექტის ანალიზი უნდა განხორციელდეს რიგი მეთოდური პრინციპების გათვალისწინებით, ეს პრინციპებია: სისტემურობა, ბუნებრივ-სფეციფიკურობა, აღწერის ოპტიმიზაცია, ანალოგიურობა, ვერიფიკაცია.

## დაპროგნოზების მეთოდების კლასიფიკაცია

დღეისათვის არსებობს დაპროგნოზების დაახლოებით 150 მეთოდი, მაგრამ პრაქტიკაში გამოიყენება 20-30 ძირითადი მეთოდი.

**დაპროგნოზების მეთოდი** – ეს არის დაპროგნოზების ობიექტის გამოკვლევის ხერხი, რომელიც მიმართულია პროგნოზების შემუშავებისკენ.

**დაპროგნოზების მეთოდიკა** – ეს არის კონკრეტული პროგნოზების შემუშავების სპეციალური ხერხებისა და წესების ერთობლივობა.

**დაპროგნოზების ხერხი** – ეს არის მათემატიკური ან ლოგიკური ოპერაცია, რომელიც მიმართულია კონკრეტული შედეგების მიღებისკენ პროგნოზების შემუშავების პროცესში.



დაპროგნოზების მეთოდების კლასიფიკაცია ხორციელდება სამი ძირითადი ნიშნის მიხედვით:

- 1) მეთოდების ფორმალიზაციის ხარისხის მიხედვით.
- 2) მოქმედების საერთო პრინციპის მიხედვით.
- 3) საპროგნოზო ინფორმაციის მიღების ხერხების მიხედვით.

კოლექტიური საექსპერტო შეფასებები ეფუძნება სპეციალისტ-ექსპერტთა მთელი ჯგუფისგან გაერთიანებული შეფასებების მიღებას, რომლებიც შემუშავებულია უშუალო კონტაქტების შემთხვევაში. ასეთ მეთოდს მიეკუთვნება **დელფის მეთოდი**, **„ბრეინშტორმის“ მეთოდი**<sup>43</sup>, საექსპერტო კომისიის მეთოდი.

ეკონომიკურ დაპროგნოზირებაში გამოიყენება ორი ერთმანეთისგან პრინციპულად განსხვავებული მიდგომა – საძიებო და ნორმატიული.

**საძიებო პროგნოზი** შეიძლება განისაზღვროს, როგორც საკვლევი მოვლენის ან პროცესის დაკვირვებადი ტენდენციის მომავალში პირობითად გაგრძელება, რომლის განვითარების კანონზომიერება წარსულში და აწმყოში საკმაოდ კარგადაა ცნობილი. ამასთან, თუკი შესაძლო ორგანიზაციულ გადაწყვეტილებებს ძალუძს არსებითად შეცვალონ დასახული ტენდენცია, მისგან აბსტრაგირება უნდა მოვახდინოთ. საძიებო პროგნოზის ძირითადი მიზანია ნათელი მოეფინოს იმას, თუ რა შეიძლება მოხდეს, რა პრობლემები შეიძლება წარმოიქმნას განვითარების არსებული ტენდენციის შენარჩუნების დროს.

**ნორმატიული პროგნოზი** ეფუძნება მომავლიდან აწმყოში ექსტრაპოლაციას, ე. ი. მიზანშეწონილი საშუალებების გამოყენებით შესასწავლი ობიექტის ოპტიმალური მდგომარეობის განსაზღვრას პროგნოზირების პერიოდში წინასწარ ფორმულირებული კრიტერიუმებით. ნორმატიული პროგნოზის დროს თავდაპირველად დაისახება დაპროგნოზების ობიექტის განვითარების რაიმე მიზანი, ხოლო შემდგომ განისაზღვრება დაპროგნოზების პროცესის ან მოვლენის ცვლილების ტრაექტორია.

მოცემული მიდგომის მიზანია გამოვლინდეს ოპტიმუმის მიღწევის ალტერნატიული გზა. საძიებო და ნორმატიული პროგნოზები არათუ ურთიერთგამომრიცხავი, არამედ ურთიერთშემავსებლებია. როგორც წესი, საძიებო პროგნოზი შეადგენს საპროგნოზო გამოკვლევის შემუშავების პირველ ეტაპს, როდესაც მიიღება განვითარების შესაძლო ვარიანტების შედარებითი შეფასება. მეორე ეტაპზე ხორციელდება ნორმატიული პროგნოზის შემუშავება, რომელიც გამომდინარეობს შეცნობილი საზოგადოებრივი კანონზომიერებიდან, ტენდენციიდან, განვითარების მოთხოვნილებიდან. გარდა ამისა, ხორციელდება შესაძლო გზების, ზომებისა და პირობების პროგრამების ფორმულირება დასახული მიზნების მისაღწევად აუცილებელი რესურსებისა და საშუალებების მოზიდვით.

<sup>43</sup> ახალი იდეის სწრაფად მოფიქრების გზა.

## მწვანე სასუქი – ნიადაგის ეკოლოგიური მახასიათებლების უმნიშვნელოვანესი პროტექტორი

ქიმიური სასუქებისა და პესტიციდების უკონტროლო მოხმარებამ, მძიმე მექანიზაციის ინტენსიურმა გამოყენებამ, ნიადაგის ინტენსიურმა დამუშავებამ, უკონტროლო ძოვებამ და სხვა ფაქტორებმა განაპირობა ნიადაგის ფიზიკურ-ბიოლოგიური დეგრადაცია, საძოვრებზე ბალახმდგნარი საფარის გაუარესება, გამეჩხერება და ყოველივე ამის შედეგად უარყოფითი პროცესები. ცნობილია, რომ მონოკულტურა მოსავლიანობას 25-30%-ით ამცირებს, ხოლო ჰუმუსის მოძრავი ფორმების შემცველობას – 40-50%-ით.

საქართველოს სასოფლო-სამეურნეო-სავარგულებზე და საძოვრებზე უკანასკნელი 30 წლის განმავლობაში მკვეთრად გაუარესდა ნიადაგების ნაყოფიერება. დღეისათვის მდგომარეობა არასახარბიელოა: ნიადაგის სტრუქტურა დარღვეულია, დაქვეითებულია ჰუმუსისა და საკვებ ნივთიერებათა შემცველობა, წარმოქმნილია სახნავი ფენის ქვედა გამკვრივებული ფენა, გაუარესებულია ნიადაგის თვისებები – წყალგამტარობა, ტენიანობა, აერაცია და სხვა. ასეთ დეგრადირებულ, „გადაღლილ“ ნიადაგებზე მოსავლიანობა 55-65%-ით ნაკლებია<sup>44</sup>.

ასეთი ნიადაგების ბიოლოგიური გაუმჯობესების ერთ-ერთი საუკეთესო მეთოდია სიდერაცია ანუ მწვანე სასუქებია და სხვადასხვა ბალახნარეგების შეთესვა.

მწვანე სასუქის გამოყენების ქვეშ, იგულისხმება სასოფლო-სამეურნეო ღონისძიება, რომელიც ნიადაგი სნაყოფიერების გადიდების მიზნით სპეციალურად დათესილი კულტურების მწვანე მასის ნიადაგში ჩახვნას წარმოადგენს, ამ პროცესს სიდერაცია ეწოდება, ხოლო ამ მიზნით დათესილ კულტურებს – სიდერატები.

**მწვანე სასუქად უმეტესად გამოიყენება პარკოსანი კულტურები.** მწვანე სასუქი ეფექტურია არამარტო გამოყენების წელს, არამედ 3-4 და 10 წლის მანძილზეც, ჩაის პლანტაციებში კი უფრო მეტხანს – 17-18 წლის განმავლობაში.

**მწვანე სასუქი მრავალმხრივ სასარგებლო ზემოქმედებას ახდენს ნიადაგის თვისებებზე, კერძოდ:**

- ნიადაგში შედის ორგანული მასა, რომელიც მდიდარია მცენარისათვის საჭირო ყველა საკვები ელემენტით;

<sup>44</sup>მწვანე სასუქის სასარგებლო ზემოქმედება ნიადაგის თვისებებზე, იხ. ლინკი:  
<https://agrokavkaz.ge/fermerta-skola/mtsvane-sasuqis-sasargeblo-zemoqmedeba-niadagis-thvisebeze.html?fbclid=IwAR05ht4TUbxpVBYgbmb2A5WuJtiHOI8kexSatfgwKZxLOoWxlN9x16le5t0>

- უმჯობესდება ნიადაგის სტრუქტურა, მისი ფიზიკური, ქიმიური, მიკრობიოლოგიური თვისებები;
- სიდერატი კულტურები უკეთ ითვისებს საკვებ ელემენტებს, მწვანე მესათვისებელი ნაერთები გადაჰყავთ მესათვისებელ ფორმაში;
- ფესვთა სისტემით აფხვიერებს ნიადაგის ღრმა ფენებს და საკვები ელემენტები ამოაქვს ზევით;
- მწვანე სასუქების გამოყენებით იზრდება სხვა ორგანული და მინერალური სასუქების ეფექტურობა;
- კარგად განვითარებული სიდერატები ახშობს სარეველა მცენარეებს და ქმნის საუკეთესო პირობებს მომდევნო კულტურების განვითარებისათვის;

**სიდერატი**, როგორც **ორგანული სასუქის** ერთ-ერთი სახე, აძლიერებს მცენარეთა ყინვაგამძლეობის უნარს. სიდერატები გამოიყენება ყველა ტიპის ნიადაგზე – ყველა კულტურისათვის: ხეხილის ბაღებში, სუბტროპიკულ მეურნეობაში, ჩაის პლანტაციებში, ციტრუსოვანთა ნარგავებში, სხვადასხვა ტექნიკურ კულტურებში და საძოვრებზე. მწვანე სასუქად დათესილი მცენარეები ნიადაგში უნდა ჩაიხნას, ყვავილობის და მწვანე პარკების გამოღების ფაზაში, ვინაიდან ამ პერიოდში მასა უფრო სწრაფად იხრწნება. სიდერატების ჩახვნა უნდა მოხდეს მომდევნო კულტურის დათესვამდე, 20-30 დღით ადრე.

**სიდერაცია** არის ორგანულ ნივთიერებათა და აზოტით ნიადაგის განოციერების ისეთი ხერხი, რომელიც ხორციელდება ნაკვეთზე სპეციალურ მცენარეთა, უპირატესად პარკოსნების ოჯახიდან, თესვითა და მათი მწვანე მასის ნიადაგში ჩახვნით.

მწვანე სასუქების პრაქტიკაში გამოყენება ევროპაში ჯერ კიდევ XVIII საუკუნის დასაწყისიდან, რუსეთში კი XIX საუკუნიდან იწყება. საქართველოში მწვანე სასუქის გამოყენება მჭიდროდაა დაკავშირებული სუბტროპიკული კულტურების განვითარებასთან. ჩაის, ციტრუსების და ტუნგის პლანტაციებში, ხეხილის ბაღებში, ვენახებში ფართოდ გამოიყენებოდა **სიდერატები**.

**ორგანულ მეურნეობაში ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებასა და მდგრადი შენარჩუნებისათვის დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მწვანესასუქებს – სიდერატებს.** ისინი ფართოდ გამოიყენება მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში, თითქმის ყველგან მწვანე სასუქებად იყენებენ შუალედურ კულტურებს, მხოლოდ ძლიერ გამოფიტულ ნიადაგებზე და მეცხოველეობის ფერმებიდან ძლიერ დაშორებულ ნაკვეთებზე მწვანე სასუქები მოჰყავთ როგორც ძირითადი კულტურა. **მწვანე სასუქებს** იყენებენ ნაკელისა და სხვა ორგანული სასუქების უკმარისობის პირობებში ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებისათვის. სიდერატების გამოყენება წარმოადგენს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის გაზრდისა და ნიადაგის ყველა თვისების გაუმჯობესების კარგ საშუალებას.

**მწვანე სასუქები** წარმოადგენს კულტურებს, ისინი მოჰყავთ მწვანე მასისათვის, რომელიც შემდგომ ნიადაგში უნდა ჩაიხვნას. ამ დროს ხდება ჯერ კიდევ ცოცხალი, წვნიანი და ნაწილობრივ გახევებული მცენარეებისა და მათი ჯერ კიდევ მოქმედი ფესვების ჩახვნა ნიადაგში. ჩახვნის მომენტისათვის სიდერატები მდიდარია შაქრებით, სახამებლით, ვიტამინებითა და ფერმენტებით. ეს პრინციპულად განასხვავებს მწვანე სასუქებს სხვა ორგანული სასუქებისაგან. იმის გარკვევა, თუ რითი განსხვავდება სიდერატები სხვა სასუქებისაგან, შეიძლება მდოგვის მაგალითზე, რომელიც დათესილია საშემოდგომო ხორბლის ადების შემდეგ. თუ **მდოგვის მწვანე მასას** შემოდგომაზე ჩავხნავთ, როდესაც ის ჯერ კიდევ მწვანეა და არ არის ყინვისაგან დაზიანებული, ეს **მწვანე სასუქია**, მაგრამ თუ იმავე მდოგვს დავტოვებთ გაზაფხულამდე მინდორში და გაზაფხულზე მოყინულს ჩავხნავთ ნიადაგში, მაშინ ეს უბრალოდ **ორგანული სასუქი** იქნება, თუმცა საექვო ხარისხის.

**მწვანე სასუქებისათვის** ხშირად იყენებენ პარკოსნებს, რომელთა ფესვებზე მცხოვრებ კოჟრის ბაქტერიებს შეუძლია ატმოსფერული აზოტის ფიქსაცია და ნიადაგის გამდიდრება აზოტით. ამდიდრებს რა აზოტით ნიადაგს, მწვანე სასუქები აუმჯობესებს შემდგომი კულტურების კვებას. **მწვანე სასუქები** ნიადაგის განოყიერების ეფექტურობის თვალსაზრისით არ ჩამოუვარდება ნაკელს. ისინი შეიძლება განვიხილოთ, როგორც ადგილზე მიღებული ნაკელი. მისი ეფექტი 10 წლამდე რძელდება.

სხვადასხვა კულტურები ნიადაგის თვისებებზე სხვადასხვანაირად მოქმედებენ. ასე, მაგალითად, **პარკოსნები, მნიშვნელოვნად ამდიდრებს ნიადაგს ორგანული ნივთიერებებით, ხოლო ნიადაგის წყლისა და ჰაერის რეჟიმის გაუმჯობესებაში წამყვან როლს ასრულებს მარცვლოვნები.** მძიმე ნიადაგებზე ისინი აუმჯობესებენ მათ სტრუქტურას, შლიან რა ნიადაგს მცირე ნაწილაკებად, მსუბუქ ნიადაგებზე კი აუმჯობესებენ ნიადაგის წყლის შეკავების უნარს. ამიტომ ხშირად **მწვანე სასუქებს** თესვენ ნარევის სახით. ასევე აუცილებელია, გავითვალისწინოთ, რომ ნებისმიერი მწვანე სასუქის ზემოქმედება დამოკიდებულია არამარტო შერჩეულ კულტურებზე, არამედ ასაკზე, მწვანე მასის რაოდენობაზე და ასევე იმ დროზე, რომელიც გადის ძირითადი კულტურის დათესვამდე.

#### **აუცილებელია სიდერაციისას გარკვეული წესების დაცვა:**

- ნიადაგი კარგად უნდა იყოს გაფხვიერებული თესლის თანაბრად და მცირე სიღრმეზე ჩასათესად;
- არ შეიძლება სიდერატებად ჯვაროსნების გამოყენება, თუ შემდგომში ამავე ნაკვეთზე იგეგმება იმავე ოჯახის წარმომადგენლის, მაგალითად, კომბოსტოს მოყვანა;

- მწვანე სასუქების ჩახვნა რეკომენდებულია მცენარეთა ყვავილობამდე, ვიდრე ისინი არ წარმოქმნიან აზოტით ღარიბი და ნახშირწყლებით მდიდარ უხემ ღეროს, რომელიც ძნელად იშლება;
- იმისათვის, რომ სიდერატი ადვილად დაიშალოს, მისი ჩახვნის სიღრმე არ უნდა აღემატებოდეს მძიმე ნიადაგებზე -10 სმ, ხოლო მსუბუქ ნიადაგებზე 15 სმ-ს;
- ძირითადი კულტურა არ უნდა დაითესოს სიდერატის ჩახვნიდან ორი-სამი კვირის გასვლამდე;

პარკოსნებიდან **სიდერატებად** ხშირად შემდეგ კულტურებს იყენებენ: ბარდას, ოსპს, ძიძოს, ცერცვს, ცულისპირას, ესპარცეტს, სამყურას, იონჯას და სხვ. არაპარკოსანი კულტურებიდან ამ მხრივ საინტერესოა წიწიბურა, მდოგვი, შვრია, რაფსი, ჭვავი, ფაცელია, მზესუმზირა და სხვ. მცენარის მიერ აზოტის შეთვისება დამოკიდებულია სიდერატში ნახშირწყლების შემცველობაზე.

- მწვანე სასუქის ჩახვნით პირველ წელს მცენარეს შეუძლია შეითვისოს მწვანე მასაში არსებული აზოტის 30-40 %. სიდერატის კარგი მოვლის შემთხვევაში ნიადაგში გროვდება 150-160 კგ აზოტი ჰა-ზე, რომლის მოქმედება გრძელდება შემდგომ წლებშიც. ჩაის პლანტაციებში სიდერატების ეფექტი 11 წელს გრძელდება;
- სიდერატები კარგ ეფექტს იძლევიან ტენიან, კორდიანეწერ ნიადაგებზე. ტენიანი სუბტროპიკული ზონის წითელ მიწებსა და ეწერნიადაგებზე გამოიყენება თეთრი, ყვითელი და მწვანე ხანჭკოლა და ჩიტფეხა, ნემომპალა კარბონატულ ნიადაგებზე – სამყურა, ძიძო და იონჯა.

მწვანე სასუქის მიწის ზედა ნაწილების ქიმიური შემადგენლობა<sup>45</sup>

მცენარე	მწვანე მასის რ-ბა, ტ/ჰა	მწვანე მასაში აზოტის რ-ბა, კგ	შემცველობა, %				
			N	P	K	Ca	H <sub>2</sub> O
ხანჭკოლა	16-30	80-150	0.5	0.11	0.4	0.17	85
ცერცველა	16-25	80-130	0.5	0.15	0.5	0.3	85
ზარდა	13-15	75-130	0.5	0.15	0.5	0.3	85
ჩიტოფეხა	12-28	60-140	0.4	0.15	0.35	0.3	80
ცულისპირა	10-18	50-90	0.4	0.14	0.4	0.32	87
იონჯა	14-23	85-140	0.6	0.16	0.45	0.39	82
სამყურა	13-26	70-140	0.4	0.13	0.44	0.4	80
ცერცი	15-25	80-140	0.5	0.15	0.5	0.32	87

პარკოსნების თესვის შემთხვევაში ნიადაგის ზედა ფენა მდიდრდება კალიუმით, კალციუმით და სხვა საჭირო საკვები ელემენტებით. ნიადაგის აზოტითა და ორგანული ნივთიერებებით გამდიდრების ხარისხი დამოკიდებულია მწვანე სასუქად გამოყენებული კულტურის ბიოლოგიურ თავისებურებაზე, აგროტექნიკის დონესა და ნიადაგის თვისებებზე.

პარკოსნების მიწისქვეშა ნაწილებისა და ნაწვერალის რაოდენობა, მათში საკვებ ნივთიერებათა შემცველობა, კგ/ჰა

მცენარე	მიწისქვეშა ნაწილების და ნაწვერალის საერთო რაოდ-ბა. კგ	აზოტი %	ფოსფორი %	კალიუმი %
ხანჭკოლა	2000	50	10	12
იონჯა	5500	75	22	20
სამყურა	5000	100	47	45
ესპარცეტი	3400	60	16	24

<sup>45</sup> ნ. ნაკაშიძე; დ. ჯაში. ბათუმის შოთა რუსთაველის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, აგროეკოლოგიისა და სატყეო საქმის დეპარტამენტი; იხ. ლინკი: <https://agrokavkaz.ge/fermerta-skola/ra-aris-mtsване-sasuqi-sideratebida-sideratsia.html>



## სიდერატების (მწვანე სასუქი) თესვა

საჭიროა თუ არა მწვანე სიდერატების თესვა და როდის არის ამისთვის საუკეთესო დრო? ადიდებენ თუ არა ეს კულტურები ნიადაგს და რა ვუყოთ მათ ყვავილობის შემდეგ?

უხსოვარი დროიდან იყენებდნენ. ევროპელებმა ეს სასოფლო-სამეურნეო ტექნიკა ჩინელებისგან გადმოიღეს და უკვე ძველი საბერძნეთის დროს, ხმელთაშუა ზღვის ქვეყნებში გავრცელდა.

**ორგანული მეურნეობის** აღორძინებასთან ერთად, რომელშიც მინერალური სასუქები სრულიად არ გამოიყენება (ან სტანდარტებით გათვალისწინებული მცირე დოზებით არის დაშვებული, მაგ., სპილენძის შემცველი პრეპარატები). სიდერატებისადმი ინტერესი ისევ დაბრუნდა.

### რატომ სიდერატები?

მთელი სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში სხვადასხვა მცენარეს ნიადაგიდან სხვადასხვა რაოდენობის საკვები გამოაქვს, ნიადაგის სიცოცხლისუნარიანობის და მოსავლიანობის შენარჩუნებისთვის, სხვა აგროტენიკურ ღონისძიებებთან ერთად საჭირო მისი გამოკვება. მწვანე სასუქები ნიადაგს ორგანული ნივთიერებებით და აზოტით ამდიდრებენ.

ნუ დაუშვებთ ნიადაგის გამოფიტვას – დაიცავით ბალ-ბოსტანი პრობლემებისგან. ბუნებრივ ან ორგანულ მეურნეობაში არსებობს კანონი: მიწა არასოდეს უნდა დარჩეს მცენარეების გარეშე. იმისათვის, რომ ნიადაგის ზედაპირი მუდმივად იყოს დაფარული, თესვენ მწვანე სასუქებს, რომლებსაც ეწოდება სიდერატები, ხოლო ამ პროცესს სიდერაცია. სიდერაციისთვის გამოიყენება კულტურები, რომლებიც ერთმანეთ სხელს არ უშლიან (შეთავსებადი არიან) და სწრაფად იზრდებიან. სიდერატები ითესება გაზაფხულზე, ზაფხულსა და შემოდგომაზე – ანუ, ნებისმიერ დროს.

**სიდერატების თესვა სხვადასხვა დროს.** სიდერაციისთვის საჭიროა სწრაფად მზარდი მცენარეები, რომლებიც ასწრებენ მწვანე მასის განვითარებას ბოსტნეულის თესვამდე ან მოსავლის აღების შემდეგ, აგრეთვე ულტურებს შორის შუალედში.

**ზამთრის წინათესვა** – საკვები პარკოსნები, რაფსი, ცერცველა, ჭვავი. ამ კულტურებს, რომლებიც დათესეს ზამთარამდე, ადრე გაზაფხულზე ბოსტნეულის თესვამდე, ჩითილების ან კარტოფილის გადარგვამდე უკვე განვითარებული აქვთ მწვანე მასა.

**ადრე საგაზაფხულო თესვა** – მინდვრის ბარდა, ცერცვი. განსაკუთრებით შესაფერისია გაზაფხულის თესვისთვის ფოთლოვანი მდოგვი. ამ ყინვაგამძლე

კულტურის თესვა შესაძლებელია დაუყოვნებლივ ზამთრის გასვლის შემდეგ, რამდენიმე საგაზაფხულო კვირის განმავლობაში, რომლებიც ბოსტნეულის თესვამდე/დარგვამდე რჩება, მდოგვს ექნება დრო, რომ გაეზარდოს სრულყოფილი ფოთლები და აყვავილდეს. ამ მდგომარეობაში მისი ჩახვნა ნიადაგს მნიშვნელოვნად გაამდიდრებ საზოტით.

**გაზაფხულის შუა პერიოდში** წიწიბურა ითესება. კულტურას ახასიათებს სწრაფი ზრდა, იგი მყისიერად აყალიბებს განშტოებულ და ღრმა ფესვებს, ამიტომ, განსაკუთრებით რეკომენდებულია, მძიმე ნიადაგებზე გაშენებისთვის. თუ წიწიბურას გაზაფხულზე თესავთ, მისი ჩახვნა მოგიწევთ არაუადრეს შემოდგომისა, ასე რომ, მეტწილად ამ კულტურას რიგთაშორისებში ნიადაგის გასაუმჯობესებლად იყენებენ.

**ზაფხულის დასაწყისში** ითესება მრავალწლოვანი სამყურა და ხანჭკოლა: ყვითელი, ლურჯი და თეთრი. ხანჭკოლას დათესვა შესაძლებელია არა მხოლოდ ივნისში, არამედ ივლის-აგვისტოში, ისევე როგორც გაზაფხულზე, თუ კლიმატი რბილია. ეს მცენარე ითვლება მარწყვის პლანტაციების საუკეთესო წინამორბედებად, რადგან ის აქტიურად თრგუნავს ნიადაგის ნემატოდებს. ამიტომ, ყოველთვის აქვს აზრი გაზაფხულის ადრეულ თესვაში მის გამოყენებას.

### **რომელი მცენარეები გამოიყენება სიდერატებად?**

პარკოსნიებიდან სიდერატებად ხშირად შემდეგ კულტურებს იყენებენ: ბარდას, ოსპს, ძიძოს, ცერცვს, ცულისპირას, ესპარცეტს, სამყურას, იონჯას და სხვ. არაპარკოსანი კულტურებიდან ამ მხრივ საინტერესოა წიწიბურა, მდოგვი, შვრია, რაფსი, ჭვავი, ფაცელია და სხვ.

### **რამდენიმე სიდერატის შესახებ:**

**ხანჭკოლა (ლათ. Lupinus)** შეიძლება გაიზარდოს ქვიშაზე და თიხნარზე, მლაშე ნიადაგებზეც, მდელოებზე, კარგად უძლებს გვალვას. ხანჭკოლა მოჰყავთ ძირითადად, როგორც მწვანე სასუქი, რადგანაც ის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით აგროვებს აზოტს და ნიადაგში ტოვებს ორგანულ ნივთიერებებს. ხანჭკოლა ერთ ჰექტარზე (საშუალო მოსავალი 5-6 ტონა მწვანე მასა) 180-200 კგ ორგანულ ნივთიერებებს აგროვებს. ფესვთა სისტემა საკმაოდ ღრმად ჩადის ნიადაგში და იქიდან ძნელად ხსნად ფოსფორს ითვისებს და ამოაქვს სახნავ ფენაში. თეთრი ხანჭკოლას თესლი 50 %-მდე ცილებს შეიცავს. მაღალ მოსავლიანია ყვითელი ხანჭკოლა, ახალი უალკალოიდო სამარცვლე მიმართულების ფორმები ბარდასთან შედარებით ორჯერ მეტ ცილას იძლევა. ხანჭკოლა ბალახოვანი მცენარეა, ღერო სწორმდგომია, შებუსუსული, 1-1,5 მ სიმაღლის, უხვად შეფოთლილი (5-11 ფოთოლი). ყვავილეთი გრძელი 50 სმ-მდე.

**ხანჭკოლას** 200-ზე მეტი სახეობაა ცნობილი, მაგრამ მათგან ძირითადად გავრცელებულია:

**ლურჯი ანუ ვიწრო ფოთლიანი ხანჭკოლა** – ერთწლოვანი, მაღალმოზარდი მცენარეა. ფესვები ღრმად ჩადის ნიადაგში, კოჭრები უხვად აქვს განვითარებული, 1000 მარცვლის მასა 160-200 გრ. მწვანე მასის მოსავალი 50 ც/ჰა-ზე, თესლისა 2 ც/ჰა-ზე.



**ყვითელი ხანჭკოლა** – ერთწლოვანია, კარგად შეფოთილი, მეტწილად ჯვარედინ დამამტვერიანებელია. 1000 მარცვლის მასა 120-150 გრ. მწვანე მასის მოსავალი 60-80 ც/ჰა-ზე, თესლისა 3ც/ჰა.



**თეთრი ხანჭკოლა** – მაღალმოზარდია (1-1,5 მ) 1000 მარცვლი სმასა 350-450 გრ. მწვანე მასის მოსავალი 30 ც/ჰა, თესლის 5,1 ც/ჰა.



მრავალწლოვანი ანუ მრავალფოთლიანი ხანჭკოლა<sup>46</sup> მწვანე მასის მოსავალს იძლევა 30 ტ/ჰა, თესლისა 0,4-0,6ტ/ჰა. ერთ ადგილზე მას შეუძლია 8-10 წელი იცოცხლოს და მოსავალი მოგვეცეს. სამხრეთის რაიონებში წელიწადში 3-4 განათიბს იძლევა.

წინამორბედად ხელსაყრელია ანეული<sup>47</sup>, აგრეთვე სათოხნი კულტურები. ითესება ადრე გაზაფხულზე, ჩვეულებრივ მწკრივებში 1-1,3 მლნ. მარცვალი ჰექტარზე (200-250 კგ/ჰა) 3-5 სმ სიღრმეზე. მრავალწლოვან ხანჭკოლას თესვენ თესლბრუნვის გარეშე, სადაც ის 5-6 წელი და მეტი ხნით ყოვნდება. სათესლედ ხანჭკოლისა მიზანშეწონილია დაითესოს ფართო მწკრივებად (45X15 სმ), რაც აჩქარებს თესლის გამრავლებას და არ საჭიროებს საფარქვეშ თესვას. კარგ შედეგს იძლევა სათესლე ნაკვეთებზე ფოსფორკალიუმისანი სასუქების შეტანა და აგრეთვე ნიტრაგინი. თესლის მოსავალს იღებენ მცენარის სიცოცხლის მეორე წლიდან. ამ დროისათვის თესლის მოსავლიანობა 0,6-0,8 ტ/ჰა-ზე აღწევს.

---

<sup>46</sup>თ.დარსაველიძე.მინდვრის კულტურების ეკოლოგიური და ჯიშური აგროტექნილოგია; იხ. ლინკი: <https://agrokavkaz.ge/dargebi/memcenareoba/khantchkola-mtsvane-sasuqi-mosavlianobis-gasazrdelad.html>

<sup>47</sup>ანეული -ზაფხულის ნახნავი - საშემოდგომო ხორბლის დასათესად. ანეულის ხვნა ძირითადად დამახასიათებელი იყო ქართლ-კახეთის ბარისათვის. აქ მეურნეობის წამყვანი დარგი მიწათმოქმედება იყო, რომელშიც ერთ-ერთი ძირითადი ადგილი მარცვლეული კულტურების მოყვანას ეჭირა. ცნობილი იყო საგაზაფხულო ხვნა („ახალთესლი“ - ქართლ-კახეთი, „ქერობა“ - მესხეთი), ზაფხულის ხვნა („ანეული“ - ქართლ-კახეთი, „თერძვა“ - მესხეთი) და საშემოდგომო მოხვნა - „ნაოში“. ანეულის ხვნა იწყებოდა მაისის ბოლოდან და მთელი ივნისის განმავლობაში გრძელდებოდა. ანეულად იხვნებოდა ნასვენები მიწა. ანეულად მოხნულ მიწის ნაკვეთს შემოდგომით აოშავდნენ, ე. ი. მეორედ მსუბუქად მოხნავდნენ და მოთესავდნენ. მიწათმოქმედების რთულ სისტემაში განსაკუთრებული მნიშვნელობა ანეულს ენიჭებოდა. ურწყავში თითქმის სულ ანეულად ხნავდნენ, რადგან ანეულად მიწა ღრმად იხვნებოდა და დათესილი ყანა ადვილად იტანდა გვალვას. <http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=39&t=224>



**ფაცელია** დათესვიდან სამი დღის შემდეგ უკვე ამოდის, კულტურა ძალიან სწრაფად იზრდება, ეგუება ნებისმიერ ნიადაგს. ფაცელიას ღერო და ფოთლები ნაზია, ადვილად იშლება ნიადაგში და ამდიდრებს მას აზოტით. გარდა ამისა, ფაცელია კარგი თაფლოვანი მცენარეა და ფუტკრებს იზიდავს. ითესება გაზაფხულზე და ზაფხულში და 6 კვირის შემდეგ ყვავილობს. თესვის ნორმა – კვადრატულ მეტრზე 5-10 გრამი. კარგი წინამორბედია ნებისმიერი კულტურისთვის.

**მდოგვი.** ორგანული მეურნეობის აღიარებული ოსტატები – გერმანელები – მდოგვს საუკეთესო მწვანე სასუქად მიიჩნევენ. მის ფესვებს აქვთ უნარი ნიადაგში არსებული ფოსფორი და გოგირდი გადაიყვანონ მცენარეებისთვის ადვილად ასათვისებელ მდგომარეობაში. გარდა ამისა, მდოგვი არის აზოტის შესანიშნავი წყარო, რადგან მისი მწვანე მასა სწრაფად იზრდება და მოგვიანებით დარგული მცენარეების გამოკვებას ემსახურება.

უმჯობესია, მდოგვის ჩახვნა ამოსვლიდან 8-10 კვირის შემდეგ მოხდეს, ამ დროს ის იწყებს ყვავილობას. თუ 10 კვირა არ გვაქვს, მდოგვის დათესვა მაინც მიზანშეწონილია, ამ შემთხვევაში, მას არ ექნებადრო, რომ მაქსიმალური მცენარეული მასა მოგვცეს, მაგრამ ნიადაგისთვის მაინც სასარგებლოა. მდოგვი უნდა ჩაიხნას თესლის გამოღებამდე, რომ ის მწვანე სასუქიდან ჩვეულებრივ სარეველად არ იქცეს.

**ნაკლოვანებები:** არ უყვარს გვალვა, ცუდი წინამორბედია კომბოსტოსა და ბოლოკისთვის.

**ცულისპირა** ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ერთწლიანი, პარკოსანი საკვები ბალახია. იძლევა მაღალხარისხოვან მოსავალს და მარცვალს, რომელიც საუცხოო კონცენტრირებული საკვებია. მწვანე მასას ჭამს ყველა სახეობის პირუტყვი. ძალიან ნელა აგროვებს უჯრედისს, ამიტომ სხვა კულტურებთან შედარებით მას სამოვრად უფრო ხშირად იყენებენ. ის უფრო მეტ ცილებს შეიცავს, ვიდრე იონჯა.

ცულისპირა უძველესი დროიდან მოჰყავთ სამხრეთ-დასავლეთ აზიასა და რუსეთში, უკრაინაში, აგრეთვე შუა აზიაში. საქართველოში მოიპოვება ტყისპირებში, აგრეთვე კულტურულ ნათესებში – 2000 მეტრამდე ზღვის დონიდან. ცულისპირა კარგი სიდერატია (მწვანე სასუქი), თესლბრუნვაში მნიშვნელოვან როლს ასრულებდა.

**ბარდა** – პარკოსანთა ოჯახის წარმომადგენელია. ბარდის სამშობლოდ აღმოსავლეთი ავღანეთი და ჩრდილო-დასავლეთი ინდოეთი ითვლება. კულტურაში ფართოდ არის გავრცელებული ჩვეულებრივი ბარდა (*Pisum sativum*), რომელიც ერთწლოვანი საგაზაფხულო ან სამშემოდგომო მცენარეა. ბარდას აქვს 30-180 სმ-მდე სიმაღლის ღერო, ფოთოლი წყვილ ფრთისებრია, ყვავილი ძირითადად თეთრი ან იისფერის გარკვეული ტონალობისაა, თვითდამმტვერავია. ბარდა ერთ-ერთი ფართოდ გავრცელებული სასურსათო და საკვები კულტურაა.

ბარდა, როგორც სხვა პარკოსნებს მნიშვნელოვანი როლი აქვს, სოფლის მეურნეობაში, ის კარგი სიდერატი და წინამორბედი კულტურაა, ერთ ჰექტარზე ბარდის წარმოების შემდეგ ნიადაგში რჩება 50-100 კგ აზოტი. ეს დაახლოებით 300 კგ გვარჯილასან 10-20 ტონა ორგანულ სასუქის ექვივალენტია.

ზოგადად, **სიდერაცია** – ფრანგული სიტყვაა და ნიშნავს სპეციალურად მოყვანილი მწვანე მცენარის ჩახვნას.

**სიდერაცია** არის ორგანულ ნივთიერებებით და აზოტით ნიადაგის განოყიერების ორგანული მეთოდი, რომელიც ხორციელდება ნაკვეთზე სპეციალურად ამ მიზნისთვის მცენარეების (უმთავრესად პარკოსნების) თესვითა და მათი მწვანე მასის ნიადაგში ჩახვნით.

სიდერაციისას აუცილებელია გარკვეული წესების დაცვა:

- ნიადაგი კარგად უნდა იყოს გაფხვიერებული თესლის თანაბრად და მცირე სიღრმეზე ჩასათესად;
- არ შეიძლება სიდერატებად ჯვაროსნების გამოყენება, თუ შემდგომში ამავე ნაკვეთზე იგეგმება იმავე ოჯახის წარმომადგენლის, მაგალითად, კომბოსტოს მოყვანა;
- მწვანე სასუქების ჩახვნა რეკომენდებულია მცენარეთა ყვავილობამდე, ვიდრე ისინი არ წარმოქმნიან აზოტით ღარიბი და ნახშირწყლებით მდიდარ უხემ ღეროს, რომელიც ძნელად იშლება;
- იმისათვის, რომ სიდერატი ადვილად დაიშალოს, მისი ჩახვნის სიღრმე არ უნდა აღემატებოდეს მძიმე ნიადაგებზე -10 სმ, ხოლო მსუბუქ ნიადაგებზე – 15 სმ-ს;

- ძირითადი კულტურა არ უნდა დაითესოს სიდერატის ჩახვნიდან ორი–სამი კვირის გასვლამდე;
- მწვანე მასა თავის დროზე უნდა ჩაიხნას, რადგან მის დასაშლელად გარკვეული პერიოდი არის საჭირო.

**მწვანე სასუქის** ეფექტურობას ძირითადად მწვანე მასის მოსავალი განსაზღვრავს, რაც დამოკიდებულია გარემო პირობებზე, აგროტექნიკაზე, ნიადაგზე, მცენარეთა შეთავსებადობაზე, აგრეთვე დიდი მნიშვნელობა აქვს სასიდერაციო მცენარეების ნიადაგში ჩახვნის ვადებს. ნიადაგის თვისებებზე და სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე **მწვანე სასუქების** მოქმედება მრავალმხრივია და, სხვა ორგანულ სასუქებთან შედარებით, გააჩნია სპეციფიკური თვისებები.

**მწვანე სასუქები** ნიადაგს, უპირველეს ყოვლისა, ორგანული ნივთიერებებით და აზოტით ამდიდრებენ. სიდერატების მწვანე მასის ჩახვნით ნიადაგში იგროვდება 150- 200 კგ/ჰა აზოტი, რაც პარკოსანი მცენარეების კოჟრის ბაქტერიების მიერ ჰაერიდან ფიქსირებული აზოტის ტოლფასია<sup>48</sup>. სიდერატებს იყენებენ: ხეხილის ბაღებში, სუბტროპიკულ მეურნეობაში, ვენახში, ჩაის პლანტაციებში, ციტრუსოვანთა ნარგავებში, სხვადასხვა ტექნიკურ კულტურებსა და სამოვრებზეც.

---

<sup>48</sup>მაღახა ხაზარბეგიშვილი. „აგროკავკასიის“ მთ. რედაქტორი; იხ. ლინკი: <https://agrokavkaz.ge/fermertaskola/sideratebis-mtsване-sasuxi-thesva-davitsvath-bagh-bostani-problemebisgan.html>



## თავი 2

ბიოპლასტიკისაგან დამზადებული შესაფუთი მასალები; ბიოდეგრადირებადობა და თანამედროვე რეალობა; ბიოდეგრადირებადი მასალების განვითარების პერსპექტივებისათვის; ბიოდეგრადირებადი და არაბიოდეგრადირებადი მასალები: პოლილაქტიდი – PLA, რეგენერირებული ცელულოზა, სახამებელი, პოლიეთილენი – PE და პოლისტერინი - PS.; ნაგავსაყრელთა მწვავე ეკოლოგიური კრიზისი; ბიოლოგიური ნედლეულით დამზადებული მასალა ან პროდუქტი; ბიოდეგრადირებადი ≠ კომპოსტირებადს; კომპოსტირებადი = ბიოდეგრადირებადს; ოქსო-დეგრადირებადი მასალა არ არის ბიოდეგრადირებადი ან კომპოსტირებადი და მისი ასოცირება “მწვანე” პლასტიკთან მომხმარებლის შეცდომაში შეყვანას იწვევს; კომპოსტირებადობა; ბიოპლასტიკა; ბიოპოლიმერი; EN 13432:2000 და ASTM D6400 სტანდარტები.

---

### ბიოპლასტიკისაგან დამზადებული შესაფუთი მასალები

საქართველოსა და მთელ მსოფლიოში, ბოლო პერიოდში მნიშვნელოვნად გაიზარდა პლასტიკისგან დამზადებული შეფუთვის მოხმარება. ერთჯერადი მოხმარების პლასტიკის ნაწარმი ჩვენი ყოველდღიურობის გაუყოფელი ნაწილი გახდა. შესაბამისად, მუდმივად მზარდია პლასტიკის ნარჩენების რაოდენობაც. ყველასთვის ცნობილია რომ პლასტიკით გარემოს დაბინძურება გლობალურად უდიდეს გამოწვევად არის მიჩნეული, რომლის საპასუხოდ სულ უფრო მეტი ყურადღება ექცევა ტრადიციული პლასტიკის ალტერნატივებს, კერძოდ კი ბიოპლასტიკის მასალისგან დამზადებულ შეფუთვისას.

ბიოპლასტიკის გლობალური ინდუსტრია დინამიურად მზარდია და მომავალი 5 წლის განმავლობაში სავარაუდოდ 15 %-ით გაიზრდება. მსოფლიოში წარმოებული ბიოპლასტიკის 53 პროცენტი (1.14 მილიონი მეტრული ტონა)<sup>49</sup> კი შეფუთვის მასალად გამოიყენება.

ბიოპლასტიკი განმარტებულია როგორც პლასტიკი, რომელიც ან ბიოდეგრადირებადია ან ბიოლოგიურ საფუძველზე არის დამზადებული, ან ორივე<sup>50</sup> ერთად. ბიოდეგრადირებადი პლასტიკი არის პლასტიკი, რომელიც იხრწნება გარემოში არსებული მიკროორგანიზმების ზეგავლენით. მიკროორგანიზმები ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის სტრუქტურებს საკვებად იყენებენ და გარდაქმნიან მათ ბუნებრივ ნივთიერებებად, ისეთებად როგორცაა წყალი, ნახშირორჟანგი და კომპოსტი.

---

<sup>49</sup> მონაცემები ბიოპლასტიკის წარმოების მოცულობის შესახებ ეფუძნება Nova-Institute-ის მიერ განხორციელებული ბაზრის კვლევის შედეგებს “Bio-based Building Blocks and Polymers” by nova-Institute (2020)

<sup>50</sup> განმარტება ეფუძნება ევროპული ბიოპლასტიკის ასოციაციის განმარტებას. European Bioplastics Association - <https://www.european-bioplastics.org/about-us/%20organisation/>

შედეგად, გარემოს გაცილებით ნაკლები ზიანი ადგება, ვიდრე ტრადიციული პლასტმასის შემთხვევაში, რომლის გარემოში დაშლას შესაძლებელია ასწლეულებიც კი დაჭირდეს.

გარდა აღნიშნულისა, პლასტიკის შემცირების პრობლემას კიდევ უფრო მეტი ყურადღება ეთმობა კლიმატის ცვლილებასთან და ცირკულარულ ეკონომიკაზე გადასვლასთან დაკავშირებულ საერთაშორისო დისკუსიებშიც.

საქართველოში ბოლო წლებია აშკარად გამოიკვეთა ბიოპლასტიკით მზარდი დაინტერესება, რაც გარდა გლობალური ტენდენციებისა, გამოწვეულია ქვეყანაში 2018 წლიდან ეტაპობრივად განხორციელებული საკანონმდებლო ცვლილებებით, რომლებიც შეფუთვისა და შესაფუთი მასალების სექტორს, კერძოდ კი პლასტიკის პარკების წარმოებასა და იმპორტს შეეხო.

აღნიშნული ცვლილებების<sup>51</sup> შედეგად 2019 წლის აპრილიდან საქართველოში აკრძალულია ნებისმიერი სისქის პლასტიკის და ოქსო დეგრადირებადი პარკების წარმოება, იმპორტი და რეალიზაცია. ხოლო ქვეყნის ტერიტორიაზე დაშვებულია მხოლოდ სტანდარტის შესაბამისი ბიოდეგრადირებადი და კომპოსტირებადი პარკების წარმოება, იმპორტი და რეალიზაცია. ამ რეგულაციის შემოღებისა და საერთაშორისო დინამიკის გათვალისწინებით საქართველოში გაიზარდა დაინტერესება ბიოდეგრადირებადი მასალების მიმართ. ზემოთ აღნიშნულთან დაკავშირებით საინტერესოა ის ფაქტი, რომ ესპანელმა მკვლევარებმა პომიდვრის ნარჩენებისგან **ბიოპლასტიკა** შეიმუშავეს. კვლევა ლამაიორას სუბტროპიკული და ხმელთაშუა ზღვის მებაღეობის ინსტიტუტში (La Mayora Subtropical and Mediterranean Hortofruticulture Institute-IHSM) ჩატარდა, რომელიც სამხრეთ ესპანეთის საპორტო ქალაქ მალაგაში მდებარეობს. პომიდვრის ნარჩენებისგან შექმნილ ბიოპლასტიკას კომერციული შეფუთვის პლასტმასის მსგავსი თვისებები აქვს და წყალში ერთ თვეში იშლება. ეს გაცილებით მოკლე დროა, ვიდრე 450 წელი, რაც ნავთობისგან მიღებული პლასტმასის დაშლას ესაჭიროება. ესპანელმა მეცნიერებმა პომიდვრის ფოთლებიდან, ღეროებიდან და კანიდან, რომლებიც საკონსერვო ინდუსტრიაში ტომატის სოუსის ან კეტჩუპის დამზადების შემდეგ იყრება, ცელულოზა ამოიღეს. მკვლევარებმა ეს ნარჩენები მყარი და გამჭვირვალე ფირის ან პოლიეთილენური სახვევის შესაქმნელად გამოიყენეს, რაც მრავალჯერადი დანიშნულებისაა.

**IHSM**-ის მკვლევარი, ხოსე ალენხანდრო ერედია აცხადებს, რომ ამ ნარჩენებისგან მიღებულ ცელულოზისგან მიიღება მასალა, რომელიც შესაძლოა, ანტიბაქტერიული ბიოაქტიური ნივთიერებებითა და ანტიოქსიდანტებით იქნეს მოდიფიცირებული. მას

---

<sup>51</sup> საქართველოს მთავრობის 2019 წლის 26 ივლისის № 346 დადგენილება “ტექნიკური რეგლამენტის - პლასტიკისა და ბიოდეგრადირებადი პარკების რეგულაციის წესების შესახებ” საქართველოს მთავრობის 2018 წლის 14 სექტემბრის № 472 დადგენილებაში ცვლილებების შეტანის თაობაზე, დოკუმენტის ინტერნეტ მისამართია: <https://matsne.gov.ge/ka/document/view/4325640?publication=0>

საკვების შესაფუთი მასალის თვისებები აქვს და პლასტმასის კონტეინერებთან შედარებით, მინიმალურ დროში დეგრადირდება (იშლება).

ეს ბიოპლასტიკა შესაძლოა, ჰიდროფობიური, ფლორესცენტური, მარგალიტისფერი იყოს, ან განსხვავებული ფერები და ჩრდილები ჰქონდეს, რაც სინათლის ზემოქმედებაზე არის დამოკიდებული. ამ ბიოპლასტიკის გამოყენება „ჭკვიანი შეფუთვის“ დასამზადებლად არის შესაძლებელი. ამ დროს, ანუ საკვების დასაცავად გამოყენებისას, პლასტმასი თავდაპირველ ფერს კარგავს, რადგან ის შთანთქავს წყალს, იწყებს სტრუქტურის და ანტიოქსიდანტური თვისებების დაკარგვას, რაც ერთგვარი სენსორის ფუნქციას ასრულებს და უსარგებლო ხდება.

IHSM-ის მკვლევარის - ხოსე ალესანდრო ერედის თქმით, ბიოპლასტმასი ნავთობისგან წარმოებულ პლასტმასს არაფრით ჩამოუვარდება<sup>52</sup>, რადგან ლითონის კოროზიისგან დაცვაც შეუძლია და არც საკვებში იჟღინთება. თუმცა მკვლევარი აცხადებს, რომ ეს ახალი პლასტმასი სექტორში დიდი ხნის განმავლობაში ვერ დაინერგება, რადგან პლასტმასის მრეწველობას უნდა შეეძლოს იგივე მექანიზმების გამოყენება, რათა ეს ცვლილება ეკონომიკურად მომგებიანი იყოს, ეს კი კვების მდგრადობასა და გარემოსდაცვაში დიდი და წარმატებული/მდგრადი ცვლილების ტოლფასია.

ბიოპლასტიკის თვისებების გასაუმჯობესებლად, მუშავდება ბიოპოლიმერული ნარევები ხვადასხვა ტიპის დანამატებთან, როგორცაა ნახშირბადის ნანომილაკები და ქიმიურად მოდიფიცირებული ბუნებრივი ბოჭკოები. ზოგადად, ბიოპლასტიკისთვის გამოყენებული დანამატები აუმჯობესებს ისეთ თვისებებს, როგორცაა:

- სიმტკიცე და მექანიკური ზემოქმედებისადმი გამძლეობა;
- ბარიერული თვისებები გაზებისა და წყლის წინააღმდეგ;
- თერმომედეგობა და თერმოსტაბილურობა.

ამ თვისებების ბიოპლასტიკაში გადატანა შესაძლებელია ქიმიური მომზადებისა და დამუშავების მეთოდით. ისტორიული თვალსაზრისით ბიოპლასტიკის წარმოება წინ უსწრებს ჩვეულებრივი ნავთობიდან მიღებულ სინთეზურ პლასტმასს. მცენარეული ან ცხოველური ნივთიერებების პოლიმერების გამოყენება პლასტიკური მასალის წარმოებისათვის მე-18 საუკუნიდან იწყება -ბუნებრივი რეზინის გამოყენებით (ლატექსი *Hevea brasiliensis*-დან).

პირველი ბიოპლასტიკა (მართალია მაშინ ეს სახელი არ მიენიჭა), 1869 წელს შეიმუშავა ჯონვესლი ჰიატმა უმცროსმა, რომელმაც აწარმოა პლასტმასის ბამბის ცელულოზისგან სპილოს ძვლის შემცველი საშუალება. ანალოგიურად, მე-19 საუკუნის ბოლოს, რძიდან მიღებული კაზეინი გამოიყენებოდა ბიოპლასტიკის

<sup>52</sup><https://commerzant.ge/ge/post/espanelma-mkvlvarebma-pomidvris-narchenebisgan-bioplastika-sheimushaves>

წარმოებისთვის. მე-20 საუკუნის 40-იან წლებში ფორდის კომპანიამ შეისწავლა ბოსტნეულის ნედლეულის გამოყენების ალტერნატივები.

1941 წლის განმავლობაში ფორდის კომპანიამ შეიმუშავა მანქანა, რომლის კორპუსი ძირითადად სოიოს წარმოებულებისგან იყო ნაგები. მე-2 მსოფლიო ომის დასრულების შემდეგ, ეს ინიციატივა აღარ გაგრძელებულა. 1947 წლისთვის შეიქმნა პირველი ტექნიკური ბიოპლასტიკა, პოლიამიდი 11 (რილსანი, როგორც სავაჭრო ნიშანი). მოგვიანებით, 1990-იან წლებში გაჩნდა PLA (პოლილაქტიკური მჟავა), PHA (პოლიჰიდროქსიალკანოატები) და პლასტიზირებული სახამებელი.

ბიოპლასტიკის საწარმოებლად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ბუნებრივი პოლიმერები, რომლებიც მზადდება უშუალოდ მცენარეებიდან - სახამებელი ან შაქრები. მაგალითად, "კარტოფილის პლასტიკი" არის ბიოდეგრადირებადი ბიოპლასტიკა, რომელიც მზადდება კარტოფილის სახამებლისგან.

### ბიომასის მონომერებისგან სინთეზირებული პოლიმერები

მეორე ალტერნატივა არის პოლიმერების სინთეზი მცენარეული ან ცხოველური წყაროებიდან მოპოვებული მონომერებისგან. განსხვავება ამ მარშრუტსა და წინას შორის არის ის, რომ აქ საჭიროა შუალედური ქიმიური სინთეზი. მაგალითად, Bio-PE ან მწვანე პოლიეთილენის წარმოება ხდება შაქრის ლერწმისგან მიღებული ეთანოლისგან.

ბიოპლასტიკის წარმოება ასევე შეიძლება ცხოველური წყაროებიდან, როგორცაა გლიკოზამინოგლიკანები (GAG), რომლებიც კვერცხუჯრედის ცილებია. ამ ცილის უპირატესობა ის არის, რომ ის იძლევა უფრო მდგრადი ბიოპლასტიკის მიღების საშუალებას.

ბიოპლასტიკის პოლიმერების წარმოების კიდევ ერთი გზაა ბიოტექნოლოგიის საშუალებით **ბაქტერიული კულტურების გამოყენებით**. ამ თვალსაზრისით უნდა აღინიშნოს, რომ მრავალი ბაქტერია ასინთეზებს და ინახავს პოლიმერებს, რომელთა მოპოვება და დამუშავებაც შესაძლებელია, რისთვისაც ბაქტერიები მასიურად კულტივირდება შესაფერის კულტურულ საშუალებებში და შემდეგ ამუშავებენ სპეციფიკური პოლიმერის გასაწმენდად. მაგალითად, PHA (პოლიჰიდროქსიალკანოატები) სინთეზირდება სხვადასხვა ბაქტერიული გვარის მიერ, რომლებიც იზრდება ჭარბი ნახშირბადის გარემოში და აზოტის ან ფოსფორის გარეშე.

ბაქტერიები ინახავენ პოლიმერს გრანულების სახით ციტოპლაზმაში, რომლებიც მოპოვებულია ბაქტერიული მასების გადამუშავებით. კიდევ ერთი მაგალითია PHBV (პოლიჰიდროქსიბუტილვალერატი), რომელიც მიიღება მცენარეთა ნარჩენებისგან მიღებული შაქრით შესანახი ბაქტერიებისგან.

ბიოპლასტმასის დამზადება ასევე შესაძლებელია ზოგიერთი წყალმცენარისგან, მაგალითად, **Botryococcus brauni**. ამ მიკროწყალმცენარეს შეუძლია ნახშირწყალბადების წარმოება და გამოყოფა გარემოში, საიდანაც მიიღება საწვავი ან ბიოპლასტიკა.

განზოგადებული მიდგომის თანახმად, ბიოპლასტიკის წარმოება შეიძლება კლასიფიცირდეს, როგორც ბიობიზირებული ან არაბიობური. პირველ შემთხვევაში, პოლიმერები მიიღება მცენარეული, ცხოველური ან ბაქტერიული ბიომასაგან და, შესაბამისად, ისინი განახლებადი რესურსებია.

ბიოპლასტიკის წარმოების პროცესში, ისევე როგორც მათი დაშლის დროს, CO<sub>2</sub> ნაკლები გამოიყოფა, ვიდრე ჩვეულებრივი პლასტმასის შემთხვევაში. ხშირ შემთხვევაში, ისინი არ გამოყოფენ მეთანს ან ამას ახდენენ მცირე რაოდენობით და, შესაბამისად, მცირე გავლენას ახდენენ სათბურის ეფექტზე. მაგალითად, შაქრის ლერწმის ეთანოლისგან დამზადებული ბიოპლასტიკა ამცირებს CO<sub>2</sub>-ის გამოყოფას 75%-ით, ვიდრე ნავთობიდან მიღებული.

ზოგადად, ბიოპლასტიკის შემუშავებისას მის შედგენილობაში არ გამოიყენება ტოქსიკური ნივთიერებები. ამიტომ, ისინი ნაკლებად შეიცავს მათში შემავალი საკვების ან სასმელების დაბინძურების რისკს, ჩვეულებრივი პლასტმასისგან განსხვავებით, რომელსაც შეუძლია დიოქსინებისა და სხვა დამაბინძურებელი კომპონენტების გამოყოფა, ბიობიზირებული ბიოპლასტიკა უვნებელია. კარგადაა ცნობილი, რომ ე. წ. „პლასტიკი“ წარმოადგენს პოლიმერზე დაფუძნებულ მასალას, რომელიც ხასიათდება პლასტიურობით. მისი ძირითადი კომპონენტი არის პოლიმერი, რომლისგანაც დანამატების და შემავსებლების დამატებით წარმოიქმნება ტექნოლოგიური მასალა - **პლასტიკი**. პლასტიკი ხასიათდება ელასტიურობით, იგი დამუშავების პროცესში ბლანტი სითხის მდგომარეობაშია. პლასტიკის წარმოებისთვის გამოყენებული ნედლეული შეიძლება იყოს განახლებადი (მცენარეული და ცხოველური) რესურსიდან ან არაგანახლებადი, წიაღისეული (ნავთობი, ქვანახშირი) რესურსებიდან.

პლასტიკის მასალები, მათი მიკროორგანიზმების ფერმენტების აქტივობისადმი მგრძობელობის მიხედვით შეიძლება იყოს **ბიოდეგრადირებადი** ან **არაბიოდეგრადირებადი**.

**ბიოდეგრადირებადია:** პოლილაქტიდი – PLA, რეგენერირებული ცელულოზა, სახამებელი; **არაბიოდეგრადირებადია:** პოლიეთილენი – PE, პოლისტერინი – PS.

პლასტიკი უნივერსალური მასალაა. მისი გამოყენება უამრავ სხვადასხვა სფეროშია შესაძლებელი, როგორცაა შეფუთვა, მშენებლობა, ტრანსპორტი, ელექტრობა და ელექტრონიკა, სოფლის-მეურნეობა, მედიცინა, სპორტი და ბევრი სხვა. პლასტიკის მახასიათებლების შეცვლა ადვილად არის შესაძლებელი ახალი მოთხოვნების შესაბამისად. იგი დაბალი სიმჭიდროვის მქონე მსუბუქი პროდუქტია რომელსაც გააჩნია კარგი თერმო და ელექტრო იზოლაციის უნარი, კოროზიისადმი მდგრადობა, იგი

შეიძლება იყოს გამჭვირველ და შესაბამისად გამოყენებულ იქნას ოპტიკურ მოწყობილობებში.

აღნიშნული და სხვა დადებითი თვისებების გამო, შესაძლებელია ითქვას, რომ დღესდღეობით ჩვენ ვცხოვრობთ “პლასტიკის ხანაში”. პლასტიკის მასალების მასიურ გამოყენებას მრავალი პრობლემა უკავშირდება. უმთავრესი პრობლემა გამომდინარეობს პოლიმერული მასალების მაღალი მდგრადობიდან, ვინაიდან ისინი, ხშირად მდგრადია ბუნებრივი დეგრადაციის მიმართ და გარემოში მრავალი წლის განმავლობაში რჩებიან, რის გამოც, ძალზე რთულია პლასტიკის ნარჩენების მართვა და გადამუშავების არარსებობის შემთხვევაში შესაძლებელია **ნაგავსაყრელთა მწვავე ეკოლოგიური კრიზისი**.

პლასტიკის ნარჩენების გადამუშავებისას გამოიყოფა გარემოს დამაზიანებელი ტოქსიკური ნივთიერებები და სათბურის გაზები. ვინაიდან პლასტიკის უმრავლესობა არაგანახლებადი რესურსისგან მზადდება, მისი ფასი პირდაპირ კავშირშია ნავთობის ფასთან. ამ და სხვა პრობლემებთან გამკლავება და ამავე დროს იმ ფუნქციების შენარჩუნება, რასაც პლასტიკი გვთავაზობს, სერიოზული გამოწვევაა მსოფლიოსთვის. პლასტიკის ჩანაცვლება ბიოპლასტიკით ამ მიმართულებით გადადგმულ უმნიშვნელოვანეს ნაბიჯად მოიაზრება. ტერმინი ბიო-პლასტიკი აერთიანებს მასალებს, რომელიც არის ბიოლოგიური ნედლეულით დამზადებული, ბიოდეგრადირებადი, ან ორივე ერთად.

**ბიოლოგიური ნედლეულით დამზადებული ნიშნავს**, რომ მასალა ან პროდუქტი არის (მთლიანად ან ნაწილობრივ) მიღებული ბიომასიდან (მცენარეებიდან). როგორცაა, მაგალითად, სიმინდი, შაქრის ლერწამი ან ცელულოზა.

ტერმინი ბიოდეგრადირებადი აღწერს ქიმიურ პროცესს, რომლის დროსაც გარემოში არსებული მიკროორგანიზმები (ხელოვნური დანამატების გარეშე) გარდაქმნიან მასალებს ისეთ ბუნებრივ ნივთიერებებად, როგორცაა წყალი, ნახშირორჟანგი და კომპოსტი.

ბიოდეგრადაცია დამოკიდებულია გარემო პირობებზე (მაგალითად, ადგილმდებარეობა ან ტემპერატურა), მასალასა და გამოყენებაზე. რა თქმა უნდა, მასალები და პროდუქტები შეიძლება აღჭურვილი იყოს ორივე მახასიათებლით. შესაბამისად, ხელმისაწვდომი ხდება ყველა სარგებელი და დამატებითი შესაძლებლობა.

### **განასხვავებენ ბიოდეგრადაციის სხვადასხვა სახეს:**

- კომპოსტირება კომპოსტირების ინდუსტრიულ ობიექტზე;
- კომპოსტირება სახლის პირობებში;
- ნიადაგში დაშლა;
- წყალში დაშლა;
- ანაერობული დეგრადაცია.

ბიოდეგრადაციის პირველი ნაბიჯი არის ფრაგმენტაცია. ფრაგმენტაციის დროს მასალა იშლება მიკროსკოპულ ფრაგმენტებად. ბიოდეგრადაცია ნიშნავს ფრაგმენტული მასალის სრულ მიკრობიოლოგიურ ასიმილაციას მიკროორგანიზმების მიერ საკვებად მისი გამოყენებით.

კომპოსტირება არის ორგანული ნარჩენების გადამუშავება აერობულ პირობებში (ჟანგბადის თანხლებით), სადაც ორგანული მასალა გარდაიქმნება ბუნებრივი მიკროორგანიზმების მიერ. კომპოსტირების დროს ხდება მასალის სრული ასიმილაცია შესაბამის გარემოში 180 დღეში.

ინდუსტრიული კომპოსტირების დროს, ტემპერატურამ შეიძლება 70 °C-საც მიაღწიოს და პროცესი მიმდინარეობს ტენიან პირობებში. მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ, რომ ბიოდეგრადირებადი პლასტიკი არ ნიშნავს კომპოსტირებად პლასტიკს. თუმცა ყველა კომპოსტირებადი პლასტიკი აუცილებლად ბიოდეგრადირებადია. (ბიოდეგრადირებადი ≠ კომპოსტირებადი; კომპოსტირებადი = ბიოდეგრადირებადი).

ბიოდეგრადირებად პლასტიკს კომპოსტირებადთან შედარებით მეტი დრო და განსხვავებული პირობები სჭირდება ბიოდეგრადირებისთვის. კომპოსტირებადი პლასტიკის განმარტებისთვის აუცილებელი კრიტერიუმების განსაზღვრა მნიშვნელოვანია, რადგან ისეთი მასალების კომპოსტირებამ, რომლებიც სტანდარტებს არ შეესაბამება, შესაძლოა კომპოსტის ხარისხი გააუარესოს. კომპოსტირებადი პლასტიკი სხვადასხვა ეროვნული და საერთაშორისო სტანდარტით განიმარტება. მაგ. EN-13432 და ASTM D6900. ეს სტანდარტები ინდუსტრიულ კომპოსტირებას ეხება. ორივე სტანდარტის მიხედვით ბიოდეგრადირებადი/კომპოსტირებადი პროდუქტი მთლიანად უნდა განიცდიდეს დაშლას კომპოსტირების შესაბამის პირობებსა და დროის მონაკვეთში და მავნე ნარჩენებს არ უნდა ტოვებდეს.

**ევროკავშირის სტანდარტი EN-13432** განსაზღვრავს შესაფუთი მასალის მახასიათებლებს, რომლებიც კომპოსტირებადია და შესაძლებელია მათი გადამუშავება ორგანული მყარი ნარჩენების სახით. **EN 14995** აფართოებს პლასტიკის განსაზღვრებას და ეხება შეფუთვის გარდა სხვა გამოყენების შემთხვევებსაც. ეს სტანდარტები სერტიფიცირების სხვადასხვა სისტემის საფუძველია.

### **ბიოდეგრადირებადი პლასტიკი შეიძლება დაიყოს ორ ჯგუფად:**

- I. ბიოდეგრადირებადი პლასტიკი განახლებადი რესურსებიდან;
- II. ბიოდეგრადირებადი პლასტიკი წიაღისეული რესურსებიდან.

განახლებადი რესურსებიდან დამზადებული ბიოდეგრადირებადი პლასტიკი შემდეგ პოლიმერებს შეიცავს:

- თერმოპლასტური სახამებელი (TPS);
- პოლიჰიდროქსიალკანატი; PHAs; (დამზადებული მიკროორგანიზმების მიერ) PHBV, P3HB, P4HB, PHV;



- პოლილაქტიდი (პოლილაქტიდის მჟავა, PLA);
- ცელულოზაზე დაფუძნებული პლასტიკი.

### წიაღისეული რესურსებიდან მიღებული პოლიესტერები მოიცავს:

- სინთეზური ალიფატური პოლიესტერი - პოლიკაპროლაქტინი (PCL);
- სინთეზური და ნახევრად-სინთეზური ალიფატური თაპოლიმერი (AC) და პოლიესტერები (AP);
- სინთეზური ალიფატური-არომატული თანაპოლიმერი (ACC);
- წყალში ხსნადი პოლიმერი - პოლი (ვინილ ალკოჰოლი)(PVOH).

ოქსო-დეგრადირებადი პლასტიკი შეიცავს დანამატებს, რაც ხელს უწყობს არადეგრადირებადი პლასტიკის მასალის მიკროფრაგმენტებად დაშლას. მაგალითად კატალიზატორი, რომელიც ახდენს ოქსიდაციის კატალიზს თერმული და/ან ფოტო აქტივირებად კატალიზაციას.

ოქსო-დეგრადირებადი მასალები ბაზარზე ხელმისაწვდომია და ხშირად ხდება მათი აგრესიული რეკლამირება როგორც დეგრადირებადის და გარემოსთვის ნაკლებად მავნის. თუმცა ოქსო-დეგრადირებადი პლასტიკის ფრაგმენტაცია არ არის საბოლოო. ბიოდეგრადაცია, მაგალითად მინერალიზაცია არ არის დამტკიცებული. შესაბამისად, **ოქსო-დეგრადირებადი მასალა არ არის ბიოდეგრადირებადი ან კომპოსტირებადი**, ამიტომ მისი ასოცირება “მწვანე” პლასტიკთან მომხმარებლის შეცდომაში შეყვანას იწვევს.

ბიოლოგიური ნედლეულისგან წარმოებული პლასტიკის მისაღებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას აგრო ნედლეული (მცენარეები, რომლებიც მდიდარია ნახშირწყლებით, როგორცაა სიმინდი ან შაქრის ლერწამი), ლინგოცელულოზური ნედლეული (მცენარეები, რომლებიც არ გამოიყენება საკვებად ან კვების პროდუქციაში) და ორგანული ნარჩენების ნედლეული. **საყურადღებოა, რომ ბიოლოგიური ნედლეულისგან დამზადებული პლასტიკი შეიძლება არ იყოს ბიოდეგრადირებადი.** მაგალითად, ბიო პოლიეთილენი (მწვანე PE). ბიო პოლიეთილენი არის ეთანოლისგან დამზადებული პლასტიკი, რომელიც თავის მხრივ მიიღება შაქრის ლერწმისგან. **იგი არის 100% ბიო მაგრამ არ არის ბიოდეგრადირებადი.** ბიო პოლიეთილენი წარმოადგენს ტრადიციული პოლიეთილენის (PE)-ის ექვივალენტს და აქვს მსგავსი ქიმიური ფორმულა:  $-CH_2-CH_2-$ . წიაღისეული რესურსიდან წარმოებული პოლიეთილენის მსგავსად, ბიო პოლიეთილენის გადამუშავება/რეციკლირებაც შესაძლებელია 100 %-ით იმავე წესით.

საყურადღებოა, რომ მიუხედავად ბიოდეგრადირებადი თვისებისა, ასეთი პლასტიკის ნარჩენები არ არის გათვალისწინებული ბუნებაში დაშლისთვის. შესაბამისად, მათი მართვა უნდა მოხდეს სხვა ნარჩენების მსგავსად. ბიოპლასტიკის

წარმოების გლობალური შესაძლებლობები მუდმივად მზარდია. და მათი უმეტესობა შეფუთვების სექტორში გამოიყენება.

ბიოდეგრადირებადი და კომპოსტირებადი პლასტიკის გამოყენებისათვის უმნიშვნელოვანესია შესაბამისი სასერტიფიკატო სქემის არსებობა. ზოგადად, სერტიფიცირება გულისხმობს საგნის, პირის ან ორგანიზაციის გარკვეული მახასიათებლების ოფიციალურ აღიარებას ან დადასტურებას. ეს დადასტურება ხშირად, თუმცა არა ყოველთვის, ეფუძნება მესამე მხარის მიერ განხორციელებულ შესწავლას, შეფასებას ან აუდიტს.

თანამედროვე საზოგადოებაში სერტიფიცირების ფართოდ გავრცელებული ფორმა არის პროდუქტის სერტიფიცირება. ასეთი სერტიფიცირების დროს ხდება იმის დადგენა, აკმაყოფილებს თუ არა პროდუქტი მინიმალურ სტანდარტებს. კომპოსტირებადობის სერტიფიცირებისთვის გამოიყენება ჰარმონიზებული ევროპული სტანდარტი EN 13432 - “მოთხოვნები შესაფუთი მასალის მიმართ, რომლის აღდგენა შესაძლებელია კომპოსტირებითა და ბიოდაშლით“. ამ სერტიფიკატთან შესაბამისობა მოითხოვს თორმეტ კვირაში მასალის სულ მცირე 90 %-ის დაშლას. სტანდარტი აგრეთვე შეიცავს ტესტებს ეკო-ტოქსიკურობაზე და მძიმე მეტალების შემცველობაზე. ეს სტანდარტი გამოიყენება ბიოდეგრადირებადი შეფუთვისთვის, რომელიც ექვემდებარება ინდუსტრიული კომპოსტირების საწარმოში დამუშავებას და ანაერობულ დაშლას.

ევროკავშირის სტანდარტი EN 14995 შეიცავს იგივე მოთხოვნებსა და ტესტებს, რასაც EN 13432, მაგრამ შეეხება არა მხოლოდ შეფუთვისას, არამედ ზოგადად პლასტიკს. კომპოსტირებადობის სერტიფიცირება ითვალისწინებს შემდეგ მაჩვენებლებს:

1. ქიმიური შედგენლობა - მასალა არ უნდა შეიცავდეს გარემოსთვის საზიანო ნივთიერებებს, მძიმე მეტალებისა და სხვა სახიფათო ნივთიერებების შემცველობა შესაბამისი სტანდარტების ფარგლებში უნდა იყოს;
2. ბიოდეგრადაცია - ორგანული ნახშირბადის 90 %-ზე მეტი უნდა გარდაიქმნას CO<sub>2</sub>-ად მაქსიმუმ 180 დღეში;
3. დაშლა კომპოსტირების დროს - მასალები სწრაფად უნდა იშლებოდეს (დანაწევრებისთვის განსაზღვრულია 12 კვირა);
4. ეკო ტოქსიკურობა - კომპოსტის ხარისხის შემოწმებისას დადებითად უნდა შეფასდეს აღმოცენების მაჩვენებელი და ბიო-მასების მოცულობა;
5. მარკირება - მარკირება უნდა შეესაბამებოდეს სერტიფიცირების სქემას რათა შესაძლებელი იყოს ინჰიბიტორების იდენტიფიცირება და ნარჩენების ორგანული ნარჩენების კონტეინერში მოგროვება.

ბიოლოგიური ნედლეულისგან წარმოებული პლასტიკის სერტიფიცირება აუცილებელია მწარმოებლის და მოსახლეობის ინფორმირებულობისთვის, ასევე ბიოპლასტიკის ნარჩენების შესაბამის კონტეინერში განსათავსებლად. ვინაიდან ბიოპლასტიკი ტრადიციულ პლასტიკის მსგავსი მასალაა და მათი გარჩევა მოსახლეობისთვის შეუძლებელია, მნიშვნელოვანია რომ მასზე დატანილი იყოს

მინიშნება, უნდა განთავსდეს თუ არა კონკრეტული პროდუქტის ნარჩენი კომპოსტირებად/ბიო ნარჩენებთან თუ პლასტიკის ნარჩენებთან ერთად.

შესაბამისად, ბიოპლასტიკისგან დამზადებული პროდუქტის ეტიკეტირება ამ მხრივაც მნიშვნელოვანია. სურათზე 1. ნაჩვენებია სერტიფიცირებული პროდუქტების ეტიკეტების ნიმუშები.



სურათი

1.

### სერტიფიცირებული პროდუქტების ეტიკეტების ნიმუშები

(სურათი აღებულია სტატიიდან: გრეგორ განჩენვსკი. ბიოდეგრადირებადი შეფუთვა და მასთან დაკავშირებული სტანდარტები და მოთხოვნები

[https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ge/undp\\_ge\\_povred\\_biodegradable\\_packaging\\_geo.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ge/undp_ge_povred_biodegradable_packaging_geo.pdf) )

**შექმნილ გლობალურ რეალობაში განსაკუთრებული აქტუალობისაა ბიოდეგრადირებადი შეფუთვის საკვებ პროდუქტებში გამოყენების ხარისხის ასპექტები.**

ცირკულარულ ეკონომიკაზე, ანუ ისეთ ეკონომიკურ მოდელზე გადასვლისთვის რომლის მიზანსაც ნარჩენების აღმოფხვრა და უკვე მოხმარებული რესურსების მუდმივი კვლავწარმოება წარმოადგენს, პლასტიკის ნარჩენების გადამუშავებას უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება.

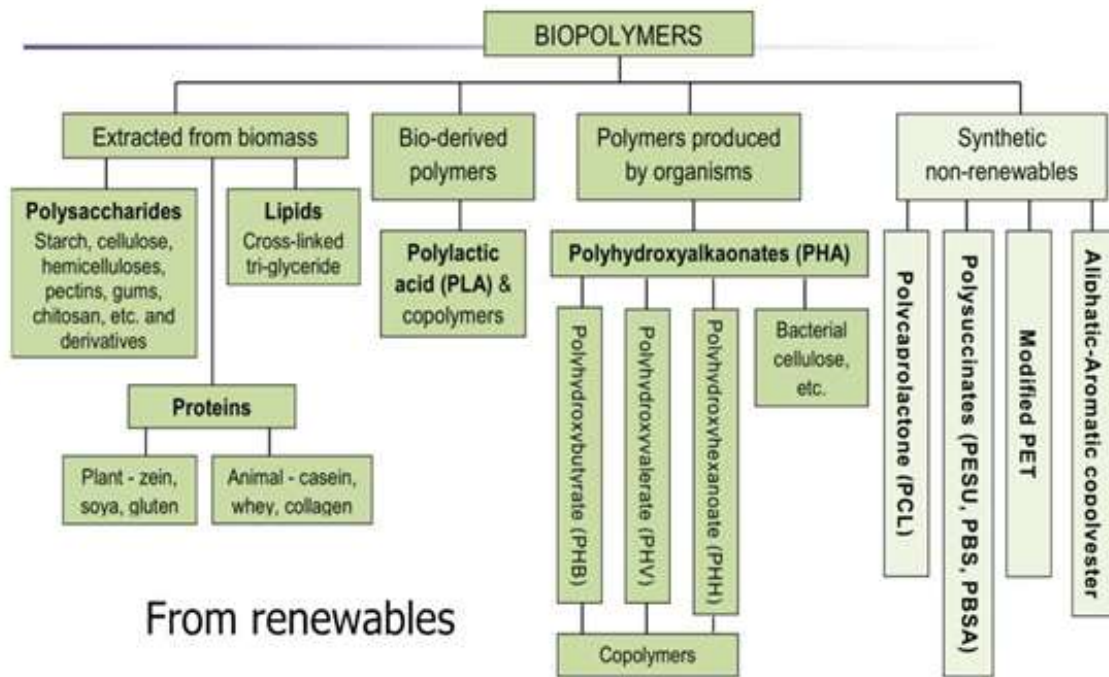
უახლოეს მომავალში პლასტიკის მხოლოდ ნაწილის ჩანაცვლება იქნება შესაძლებელი ბიოდეგრადირებადი მასალებით, დანარჩენი კვლავ გადამუშავების სქემაში უნდა დარჩეს. ევროპულ კანონმდებლობაში საუბარია პლასტიკის ნარჩენის 50 %-ის რეციკლირებაზე, 20 %-ის ხელახალ გამოყენებაზე და მხოლოდ 30 % მოიაზრება სხვა მასალაზე გადასვლისთვის. სწორედ აქ არის ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის ადგილი.

ტრადიციულ პლასტიკთან დაკავშირებით ერთერთი სირთულე უკავშირდება მულტი-მასალებით შექმნილ კომპოზიტებს, რომელთა მართვაგადამუშავება რთულია. შესაბამისად ევროპული პოლიტიკა მიმართულია მონომასალების მეტად დანერგვისკენ.

პლასტიკის ნარჩენების საკვები პროდუქტებით დაბინძურება მნიშვნელოვნად ართულებს მათ გადამუშავებას. დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად

რეკომენდირებულია პლასტიკის ნარჩენების გარეცხვა, თუმცა ამას მივყავართ სხვა ეკოლოგიურ პრობლემასთან, ვინაიდან იზრდება წყლის მოხმარება.

საკვები პროდუქტების ბიოდეგრადირებადი მასალებით შეფუთვა ამ პრობლემას თავიდან აგვარიდებს, რადგან შესაძლებელი იქნება ასეთი შეფუთვის განთვასება საკვების ნარჩენებთან ერთად. ბიოლოგიური მასალებისგან დამზადებული პლასტიკის მასიურად დამკვიდრების მიზნით, საჭიროა ინფორმაციის გაცვლა და თანამშრომლობა მწარმოებლებთან. დღეს ბაზარზე არსებული ბიო-პლასტიკი და ბიოდეგრადირებადი მასალები შემდეგნაირად გამოიყურება:



სურათი 2. ბაზარზე არსებული ბიო-პლასტიკი და ბიოდეგრადირებადი მასალები (სურათი სტატიიდან: პროფესორი არტურ ბარტკოვიაკი. ბიოდეგრადირებადი შეფუთვის საკვებ პროდუქტებში გამოყენების ხარისხის ასპექტები -

[https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ge/undp\\_ge\\_povred\\_biodegradable\\_packaging\\_geo.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/ge/undp_ge_povred_biodegradable_packaging_geo.pdf)).

ბიოდეგრადირებადი მასალების მეტ გამოყენებას დადებით მხარეებთან ერთად გარკვეული გამოწვევებიც ახლავს. საკვების ინოვაციურ შესაფუთ მასალებთან დაკავშირებულ მთავარ გამოწვევებს შორის პირველ რიგში მასალის ღირებულება უნდა აღინიშნოს.

დღეისათვის ინოვაციური ბიოპოლიმერების ფასი 2-5 ჯერ აღემატება ტრადიციულ, ბაზარზე არსებულ პოლიმერების ფასს. დამუშავების არსებული ტექნოლოგიები მასშტაბურ წარმოებაზე არის აწყობილი, რაც პერსონალიზებულ, სხვადასხვა საკვებ პროდუქტზე მორგებულ შეფუთვების წარმოებას ართულებს. აგრევე

გასათვალისწინებელია მასალების ფიზიკური და ქიმიური მახასიათებლები, რომლებიც გადამწყვეტია მათი ფუნქციური დანიშნულებისთვის.

კერძოდ, ბიოპოლიმერები ხასიათდება წყლის შეკავების ნაკლებუნარიანობით. მათ აგრეთვე გააჩნიათ აირების უფრო სუსტი, შემაკავებელი ბარიერი. მნიშვნელოვან გამოწვევას წარმოადგენს ბიოპოლიმერების თავსებადობა დამუშავების პროცესებთან (ფორმირება, შედუღება, ბეჭდვა), აგრეთვე მათ მექანიკურ მახასიათებლებთან (ტემპერატურისა და შენახვის ვადების ზემოქმედება) და ისეთი გარე და შიდა პირობებისადმი მდგრადობა, როგორიცაა: ტენიანობა, ტემპერატურა, UV და სხვ. ამ შემთხვევაში გასათვალისწინებელია ის, თუ როგორი საკვები პროდუქტების შესაფუთად მოიაზრება ბიოპლასტიკის შეფუთვა და რამდენი ხნით უნდა იყოს პროდუქტი მასში.

მცირე პერიოდით საკვების შესანახად ბიოდეგრადირებადი შეფუთვა მიზანშეწონილია, მაგრამ ხანგრძლივი დროით (6-18 თვე) საკვები პროდუქტის შესანახად, მას ვერ განვიხილავთ ტრადიციული შეფუთვის ალტერნატივად. იმისთვის რომ ცირკულარული ეკონომიკის დანერგვისას ბიო და ბიოდეგრადირებად შეფუთვის მაქსიმალური სარგებლის მოტანა შეეძლოს, მისი წარმოების პროცესში უნდა გათვალისწინებულ იქნას ისეთი ასპექტები როგორიცაა:

- მთლიანი შეფუთვა უნდა შედგებოდეს ბიო და უსაფრთხო მასალებისგან, მათ შორის პლასტიფიკატორებიც, საღებავებიც და სხვ.;
- ახალ შემადგენელ მასალებს შესაძლებლობა აქვთ გააუმჯობესონ ბიო ბარიერები. მაგალითად შესაძლებელია საბაზისო მასალების თხელი ფენით დაფარვა, რაც მთლიანი მასალის წონის მხოლოდ 5 %-მდე შეადგენს, მაგრამ ფუნქციურად გადამწყვეტია. შესაბამისად, უნდა მოხდეს სხვადასხვა მასალებისა და ტექნოლოგიების ინტეგრაცია;
- ფუნქციური დაფარვა შესაძლოა აგრეთვე ითვალისწინებდეს თხელი და შემაკავებელი ბიო მასალებით დაფარვას (EB მომზადება, SiOX, Ormocer, AlOX, პლაზმა, ბიოდანამატები), აგრეთვე მარავალფუნქციურობას (ანტიმიკრობული, დაბალი მიერთება, მარტივი გახსნა/დახურვა...);
- ინოვაციური, ე. წ. “აქტიური და ჭკვიანი” შეფუთვის შემთხვევაში მნიშვნელოვანია ბიო რეგულაციების/ინდიკატორების/სენსორების პირდაპირი ინტეგრაცია დაფარვის/ბეჭდვის პროცესებში;
- უნდა გავითვალისწინოთ არა მხოლოდ ძველი ტექნოლოგიების გადაწყობა, არამედ ახალი ტექნოლოგიების დანერგვაც. მაგალითად, ბიო-მელნით ბეჭდვა, ცელულოზური მასალა, წნევის ქვეშ პლასტმასის დამუშავება და მაღალტემპერატურული ფორმირება;
- გასათვალისწინებელია მუდმივად ცვალებადი რეგულაციები და საკანონმდებლო ბაზა. განსაკუთრებით ევროკავშირის ბაზარზე შეფუთული პროდუქტის ექსპორტის შემთხვევაში.

## ბიოდეგრადირებადობა და თანამედროვე რეალობა

გარემოს დაცვასთან დაკავშირებული მოდური სიტყვებიდან „ბიოდეგრადირებადი“ ალბათ ყველაზე ხშირად გამოიყენება არასწორად და გასაგებადაც ყველაზე რთულია. იქიდან გამომდინარე, რომ ადრე არ არსებობდა სახელმძღვანელო პრინციპები და რეგულაციები, ბევრი პროდუქტი ახდენდა საკუთარი თავის იდენტიფიცირებას „ბიოდეგრადირებად“ პროდუქციასთან რეალური დასაბუთების გარეშე. სამწუხაროდ, სიტყვა „ბიოდეგრადირებადი“ ხშირად ისეთ პროდუქტებს მიეწერება ხოლმე, რომლებიც რეალურად ამ კატეგორიას არ განეკუთვნება (მაგალითად, სარეცხი საშუალებები ან პლასტიკა) და თითქმის არასოდეს გამოიყენება ისეთ პროდუქტებთან მიმართებაში, რომლებიც მართლაც ბიოდეგრადირებადია (მაგალითად, საპონი ან ქაღალდი).

ბიოდეგრადირებადი მასალა განიცდის ბიოლოგიურ ანაერობულ ან აერობულ დეგრადაციას, რაც იწვევს CO<sub>2</sub> -ის, H<sub>2</sub>O-ის, მეთანის, ბიომასისა და მინერალური მარილების წარმოშობას იმის მიხედვით თუ რა გარემო პირობებში მიმდინარეობს ეს პროცესი.

ბიოდეგრადირების პროცესში მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ გარემოში არსებული მიკროორგანიზმები, რომლებიც ძირითადად ორგანული ნარჩენებით იკვებებიან. თუმცა, „კომპოსტირებადისგან“ განსხვავებით ტერმინი „ბიოდეგრადირებადი“ გაცილებით უფრო ნაკლებ დატვირთვას ატარებს, რადგან ოდესმე ყველაფერი ბიოდეგრადირდება. აქედან გამომდინარე, ძალიან მნიშვნელოვანია დავაკონკრეტოთ ის გარემო, სადაც ბიოდეგრადაცია ხდება.

პლასტიკის ბიოდეგრადირებადობის შესწავლა და შესაბამისი სტანდარტების დადგენა შეუძლებელია იმ განმარტებების გარეშე, რომლებიც ბიოდეგრადირებადობის სტანდარტებსა და განსაზღვრებებს განაპირობებს. ერთ-ერთი ძირითადი ნაკლოვანება, რომელიც ტერმინ „ბიოდეგრადირებას“ გააჩნია არის ის, რომ ის არ შეიცავს არანაირ ინფორმაციას ადგილთან, დროსთან ან დაშლის პროცესის დონეებთან დაკავშირებით. მართლაც, ბიოდეგრადირებადობას ხშირად განსაზღვრავენ მიზნიდან ან ინტერესებიდან გამომდინარე, რომლის მიხედვითაც განასხვავებენ სტანდარტებსა და სატესტო მეთოდებს აერობული და ანაერობული ჩამდინარე წყლებისათვის, მტკნარი წყლისა და ზღვის წყლის გარემოში.

OECD<sup>53</sup>-ის რამდენიმე კლასიფიკაციის მიხედვით, ბიოდეგრადირებადობა დამოკიდებულია ბიოდეგრადირების ტესტზე და იმაზე, თუ რა იგულისხმება ამ ტერმინში: მიკროორგანიზმებით გამოწვეული სრული მინერალიზაცია თუ ცვლილებები მასალის ქიმიურ სტრუქტურაში, რაც ბიოლოგიური აქტივობითაა განპირობებული. ამ ტერმინის გარშემო გაურკვეველობა საზოგადოებაში ფართოდაა გავრცელებული. ხშირად ერევათ ტერმინები „კომპოსტირებადი“ და „ბიოლოგიურ

<sup>53</sup> ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების საერთაშორისო ორგანიზაცია.



საფუძველზე დამზადებული“, რაც პროდუქტის იარლიყების შემთხვევაში დამატებით დაბნეულობას იწვევს. როდესაც ვსაუბრობთ ბიოდეგრადირების ადამიანის მიერ მართულ მეთოდებზე, ინდუსტრიული კომპოსტირება და ბიოდეგრადირებადობის განსაზღვრება შედარებით მარტივი ჩამოსაყალიბებელია, რადგან პირობები წინასწარ შეთანხმებული და სტანდარტიზებულია. თუმცა, განსაკუთრებული სიფრთხილეა საჭირო მაშინ, როდესაც საქმე ეხება ბიოდეგრადირებადობის განსაზღვრას ღია გარემოში, სადაც, ჩვეულებისამებრ, ფიზიკური და ქიმიური პირობების საკმაოდ ფართო და კომპლექსურ სპექტრს ვაწყდებით.

ბიოდეგრადირებად ნაერთებად მიიჩნევენ<sup>54</sup> იმ მასალებს, რომლებიც მთლიანად გამოიყენება ნახშირბადის მიკრობული ზრდის წყაროდ (OECD-ს „მაქსიმალური ბიოდეგრადირებადობის“ განმარტებაზე დაყრდნობით). ანაერობულ პირობებში დეგრადირების პროცესი იწვევს ნახშირორჟანგის, წყლის, მინერალური მარილებისა და ახალი ბიომასის, ხოლო ანაერობულ პირობებში კი მეთანის ან დაბალმოლეკულური მჟავების წარმოქმნას.

### კომპოსტირებადობა

კომპოსტირება პროცესია, რომელიც ორგანული ნარჩენების დაშლას გულისხმობს მიკრობული მოწელების მეშვეობით, რის შედეგადაც წარმოიქმნება კომპოსტი. კომპოსტს ბევრი სასარგებლო გამოყენება აქვს, მათ შორის ნიადაგის გაუმჯობესება და ნაყოფიერების ამაღლება.

კომპოსტირების პროცესის გასავლელად ორგანულ ნარჩენებს სითბოს სწორი დონე, წყალი და ჟანგბადი ესაჭიროება. ორგანული ნარჩენების პატარა გროვაში მილიონობით მიკრობია, რომლებიც ნარჩენებით იკვებებიან და ორგანულ მატერიას კომპოსტად აქცევენ. იმისათვის, რომ პროდუქტი სრულიად კომპოსტირებადად მივიჩნიოთ, ის უნდა აკმაყოფილებდეს ევროკავშირის ყველა მოთხოვნას **EN 13432** ნორმის გათვალისწინებით ან/და აშშ-ს **ASTM D6400** სტანდარტს.

ორივე, ზემოთ მითითებული სტანდარტის მიხედვით კომპოსტირებადი პროდუქტი მთლიანად უნდა განიცდიდეს დაშლას კომპოსტირების შესაბამის პირობებსა და დროის მონაკვეთში და მავნე ნარჩენებს არ უნდა ტოვებდეს.

### ბიოპლასტიკა

ზოგადი განმარტება შემდეგნაირად გამოიყურება: პლასტიკა, რომელიც ან ბიოდეგრადირებადია ან ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული, ან ორივე ერთად. ეს ტერმინი ამ განმარტებით ფართოდ გამოიყენება პლასტიკის ინდუსტრიაში და

<sup>54</sup> ნარჩენების მართვის ტექნოლოგია რეგიონებში ფაზა II (WMTR II) 2019 - [http://environment.cenn.org/app/uploads/2020/05/Guidelines-for-the-Industrial-Production-of-Biodegradable-and-Compostable-Bags\\_GEO\\_190201-1.pdf](http://environment.cenn.org/app/uploads/2020/05/Guidelines-for-the-Industrial-Production-of-Biodegradable-and-Compostable-Bags_GEO_190201-1.pdf)



შედარებით ნაკლებად მეცნიერებაში. ალტერნატიული გამოყენება N1: შესაძლოა ასევე ნიშნავდეს ბიო-კომპოსტირებად პლასტიკას (CEN/TR 15932). ალტერნატიული გამოყენება N2: ბუნებრივი პლასტიკის მასალა. ძალიან ცოტა ბიოპლასტიკის მასალა არსებობს. ამის ერთ-ერთი მაგალითია PHA (polyhydroxyalkanoates) - ბუნებრივი თერმოპლასტიკური პოლიეთერი.

პლასტიკის უმეტესობა ამოწურვად რესურსზე, ნედლ ნავთობზეა დამოკიდებული. ნედლი ნავთობის მოხმარება გაცილებით აღემატება მის განახლებას, რაც იმას ნიშნავს, რომ ნედლი მასალა დროის გარკვეულ მოწაკვეთში გამოილევა. ამ შემთხვევაში, ალტერნატივას ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკა წარმოადგენს. გარდა ამისა, მომხმარებლები მეტი პასუხისმგებლობით ეკიდებიან გარემოს დაცვის საკითხებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული მასალა სწრაფად ანაცვლებს ჩვეულებრივ პლასტიკას. იმისათვის, რომ ამან შედეგი გამოიღოს, პლასტიკის ინდუსტრიამ უნდა შემოგვთავაზოს ინფორმაცია, რომელიც უზრუნველყოფს ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკის მარტივ და უპრობლემო დამუშავებას.

თუმცა, ბიოპლასტიკასთან მიმართებაში გარკვეული ინფორმაციული ჩავარდნები არსებობს. მონაცემების არარსებობა ან ინფორმაციის არაადეკვატური დამუშავება, რაც ბიოპლასტიკის ინდუსტრიულ გადამუშავებას აფერხებს და არ მიეცა ვართ ოპტიმალურ შედეგებამდე. დღეს არსებულ ბიოპლასტიკას უკვე შეუძლია ძირითადი სფეროების უზრუნველყოფა. თუმცა, ხშირად მაინც ჩნდება დამუშავებასთან დაკავშირებული პრობლემები მაშინაც კი, თუ მხოლოდ მცირე ინფორმაციულ ჩავარდნებზეა საუბარი. იმისათვის, რომ ნავთობქიმიური მასალიდან შესაბამის ბიოპლასტიკაზე გადავიდეთ, ეს ჩავარდნები უნდა აღმოიფხვრას და დამუშავებასთან დაკავშირებული შესაბამისი ინფორმაცია ადვილად ხელმისაწვდომი უნდა გახდეს.

ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკა უკიდურესად მრავალფეროვან სახეობებს მოიცავს და მათი განსხვავებული დამახასიათებლები საკმაოდ ჰგავს ნავთობზე დაფუძნებული პლასტიკის თავისებურებებს. მაშინ, როდესაც ნავთობზე დაფუძნებული პროდუქტების მხოლოდ ძალიან მცირე ნაწილი აკმაყოფილებს ASTM D6400-ის მოთხოვნებს, კომპოსტირებადი პლასტიკის ბაზარზე ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული ფისი დომინირებს. არ არსებობს კლასიფიკაციის არანაირი სისტემა ან მეთოდოლოგია ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკის დასახასიათებლად. მიდგომის შესაბამისად, ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული ფისი შესაძლოა დაჯგუფდეს პროდუქციის სამრეწველო ნედლეულის, დამუშავების, ფისის ხარისხობრივი მახასიათებლების ან პროდუქციის ხმარებიდან ამოღების შემდგომ მისი დამუშავების შესაძლებლობებიდან გამომდინარე.

მნიშვნელოვანია აღვნიშნოთ, რომ მწარმოებლები ათობით ვერსიასა და ფისის თითოეული ტიპისათვის განსხვავებულ დონეს გვთავაზობენ სხვადასხვა საჭიროების მქონე მომხმარებლებისათვის. მაგალითად, მწარმოებელს შესაძლოა ჰქონდეს ერთი ხაზი თერმოფორმირებისთვის, სხვა - საინექციო ჩამოსხმისთვის და სულ სხვა

ექსტრუზიისათვის. გარდა ამისა, ფისის ხაზები შეიძლება შეიცვალოს იმის მიხედვით, მოითხოვს თუ არა საბოლოო პროდუქტი საკვებთან შეთავსებადობას, კომპოსტირებადობას და ა. შ. ხშირია, როდესაც ყველა სახის ბიოლოგიურ პლასტიკას სხვადასხვა საღებავთან, ნავთობზე დაფუძნებულ პლასტიკასთან, პლასტიკის დანამატებთან ან ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებულ პლასტიკის დანამატებთან შეურევნ.

## **ბიოპოლიმერი**

ბიოპოლიმერი ისეთი პოლიმერია, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმებისგან წარმოიქმნება. ბიოპოლიმერები (ე. ი. ბუნებრივი პოლიმერები) ცოცხალი ორგანიზმების უმთავრეს შემადგენელ ნაწილს წარმოადგენს; პოლიმერი შეიძლება იყოს ცილები, ნუკლეინის მჟავები და პოლიციკარდიდები. უმეტესად, პოლიციკარდიდები (მაგალითად, ცელულოზა, სახამებელი და გლიკოგენი) და ცილები (მაგალითად, გლუტენი, კოლაგენი და ფერმენტები); თუმცა, სხვა მრავალი ფორმა არსებობს, მაგალითად, ლიგნინი, პოლიეთერი და ა. შ. ალტერნატივა N1: მთლიანად ან ნაწილობრივ ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პოლიმერი (CEN/TR 15932:2009).

**ბიოდეგრადირებადი პლასტიკა (გარემოში ბიოდეგრადირებადი პლასტიკა)** – ნიშნავს პლასტიკას, რომელიც ბიოდეგრადირების პროცესს ექვემდებარება. ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის დეგრადაციის პროცესი შეიძლება შეიცავდეს სხვადასხვა აბიოტურ და ბიოტურ ნაბიჯებს; თუმცა, ის აუცილებლად გულისხმობს ბიოლოგიური მინერალიზაციის სტადიას.

პლასტიკის ბიოდეგრადირება ხდება თუ პლასტიკის ორგანულ მასალას საკვებ ნივთიერებად გამოიყენებს ბიოლოგიური სისტემა (ორგანიზმი). ბიოდეგრადირებადი პლასტიკა შეიძლება იყოს მიღებული განახლებადი ბიომასისგან (როგორცაა სახამებელი) ან ქიმიური ან ბიოტექნოლოგიური პროცესის შედეგად დამუშავებული არაგანახლებადი წიაღისეული (როგორცაა ნავთობი) სამრეწველო ნედლეული. ბიოდეგრადირებადი პლასტიკის წარმოებისას გამოყენებული წყაროები და პროცესი არ ახდენს გავლენას მის კლასიფიკაციაზე. პლასტიკის ნივთის ბიოდეგრადირების ხარისხი დამოკიდებულია ასევე პლასტიკის სპეციფიკურ ფორმულაზე, მისი ზედაპირისა და მოცულობის შეფარდებაზე, სისქეზე და ა. შ.

**ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკა** – ზოგადი განმარტება ასეთი იქნებოდა: ბიომასის საფუძველზე დამზადებული პლასტიკა (გარდა ფოლიზირებული ბიომასისა). პლასტიკა შეიძლება იყოს მთლიანად ან ნაწილობრივ ბიომასაზე (განახლებადი წყაროები) დაფუძნებული. განახლებადი წყაროების გამოყენება პლასტიკის მდგრადობას ზრდის. მიუხედავად იმისა, წიაღისეული წყაროები ბუნებრივია, განახლებადი არ არის და არ მიიჩნევა ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკის მასალად. იმის განსაზღვრისთვის, თუ რა დონეზეა

პლასტიკა ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული, საჭიროა ვიცოდეთ ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული ნახშირის შემადგენლობა.

ბიოლოგიურ მასაზე დამზადებული მასალები ხშირად მოიხსენიება როგორც ბიომასალები, თუმცა, თუ პროფესიონალური კუთხით მივუდგებით, ეს ტერმინები სინონიმები არ არის. ამ ტერმინის გამოყენება, როგორც ბიოლოგიურ საფუძველზე დამზადებული პლასტიკის სინონიმისა არ არის მართებული.

**კომპოსტირებადი პლასტიკა** - პლასტიკა, რომელიც ბიოდეგრადირებადია კომპოსტირების ციკლის პირობებსა და დროის მონაკვეთში. კომპოსტირება ეს არის ორგანული ნარჩენების დამუშავება აერობულ პირობებში (ჟანგბადის დახმარებით), სადაც ორგანული მასალა ბუნებრივად გარდაიქმნება მიკროორგანიზმების მიერ.

ინდუსტრიული კომპოსტირების დროს, ტემპერატურამ შეიძლება 70 °C-საც მიაღწიოს და პროცესი მიმდინარეობს ტენიან პირობებში. კომპოსტირების პროცესი თვეების მანძილზე მიმდინარეობს. მნიშვნელოვანია ვიცოდეთ, რომ ბიოდეგრადირებადი პლასტიკა აუცილებლად არ გულისხმობს, რომ ის ავტომატურად კომპოსტირებადი პლასტიკაა (ბიოდეგრადირებად პლასტიკას მეტი დრო და განსხვავებული პირობები სჭირდება ბიოდეგრადირებისათვის), მაშინ როდესაც კომპოსტირებადი პლასტიკა აუცილებლად ბიოდეგრადირებადიცაა.

კომპოსტირებადი პლასტიკის განმარტებისათვის აუცილებელი კრიტერიუმების განსაზღვრა მნიშვნელოვანია, რადგან ისეთი მასალების კომპოსტირებამ, რომლებიც სტანდარტებს არ შეესაბამება შესაძლოა კომპოსტის ხარისხი გააუარესოს. კომპოსტირებადი პლასტიკა სხვადასხვა ეროვნული და საერთაშორისო სტანდარტით განიმარტება (მაგ. **EN-13432** და **ASTM D6900**), რომლებიც ინდუსტრიულ კომპოსტირებას ეხება.

კვლევითი ინსტიტუციების, შეფუთვის მწარმოებელთა და პროფესიული ასოციაციების თანამშრომლობა მომავალში გადამწყვეტი იქნება ზემოთმოყვანილ გამოწვევასთან გამკლავებისთვის.

### **EN 13432:2000 და ASTM D6400 სტანდარტები**

**EN 13432** სტანდარტი: მოთხოვნები შეფუთვისათვის, რომლის აღდგენაც შეიძლება კომპოსტირებისა და ბიოდეგრადირების შედეგად – ტესტირების სქემა და შეფასების კრიტერიუმები შეფუთვის საბოლოოდ დასამტკიცებლად 2000 წლიდან არსებობს და ეხმაურება შეფუთვისა და შეფუთვის ნარჩენების შესახებ მოთხოვნებისევროპულ დირექტივებს (**94/62/EC**).

ეს სტანდარტი ამკვიდრებს მოთხოვნებს კომპოსტირებისა და ბიოდეგრადირების შედეგად აღდგენადი შეფუთვისთვის და აწესებს კრიტერიუმებს არის თუ არა მასალა „კომპოსტირებადი“. დღეს, ტერმინები „ბიოდეგრადირება“, „ბიოდეგრადირებადი მასალა“, „კომპოსტირებადობა“ და ა.შ. ძალიან ფართოდაა გავრცელებული და ხშირად არასწორად გამოიყენება. **EN 13432:2001** ამ პრობლემის მნიშვნელოვან ნაწილს

აღმოფხვრის და განმარტავს იმ მახასიათებლებს, რომლებიც „კომპოსტირებად“ მასალას უნდა გააჩნდეს და შესაბამისად, გადამუშავდეს ორგანული ნარჩენების კომპოსტირების პროცესის შედეგად.

კომპოსტირებადობის კრიტერიუმები ძალიან მნიშვნელოვანია, რადგან მასალას, რომელიც კომპოსტირებისთვის შეუსაბამოა (ტრადიციული პლასტიკა, შუშა, მძიმე მეტალებით დაბინძურებული მასალა და ა.შ.) შეუძლია ზიანი მიაყენოს საბოლოო პროდუქტის ხარისხს, უვარგისი გახადოს სოფლის მეურნეობისა და კომერციული გამოყენებისთვის.

## EN 13432-ის შეჯამება „კომპოსტირებადობის კრიტერიუმები“

### ძირითადი ტესტები და ტესტის გავლა/ვერ გავლის კრიტერიუმები მოკლედ:

- დაშლა - ფრაგმენტაცია და ხილვადობის გაქრობა საბოლოო კომპოსტში (ვიზუალური დაბინძურების არ არსებობა). პილოტური მასშტაბის ტესტის დროს დაშლა იზომება **EN-14045**-ის მიხედვით. შესაფუთ მასალას ურევინ ორგანულ ნარჩენებთან და ტოვებენ საპილოტე მასშტაბის პირობებში 12 კვირის (3 თვის) განმავლობაში, რის შემდეგაც მასალის ფრაგმენტების 10 %-ზე მეტი არ უნდა იყოს 2 მმ-ზე დიდი;
- ბიოდეგრადირებადობა - მეტაბოლური, მიკრობული გარდაქმნის საზომი კომპოსტირების პირობებში შეფუთვის მასალის ნიმუშით წყალში, ნახშირორჟანგისა და ახალი უჯრედების ბიომასაში. ბიოდეგრადირებადობა იზომება ლაბორატორიის სტანდარტული ტესტის მეთოდით **EN-14046** (ასევე, გამოქვეყნდა როგორც **ISO-14855**). მაქსიმუმ 6 თვეში სატესტო ნიმუშის ბიოდეგრადირების პროცესის შედეგად უნდა გამოიყოს იმდენი ნახშირორჟანგი, რომელიც საკონტროლო მასალის მიერ მიღებული ნახშირორჟანგის 90 % მაინც უნდა იყოს;
- კომპოსტირების პროცესის ნეგატიური ეფექტის არარსებობა. ეს უკანასკნელი მოწმდება კომპოსტირების პილოტური ტესტის შედეგად.
- მძიმე მეტალების (პოტენციურად ტოქსიკური ელემენტები) დაბალი შემადგენლობა და უარყოფითი გავლენის არარსებობა მიღებულ კომპოსტზე. ზედა ზღვარი მგ/კგ-ში მშრალი ნიმუშისთვის: თუთია- 150, სპილენძი - 50, ნიკელი - 25, კადმიუმი - 0.5, ტყვია - 50, ვერცხლისწყალი - 0.5, ქრომი - 50, მოლიბდენი - 1, სელენი 0.75, დარიშხანი - 5, ფტორი - 100.
- კომპოსტირებად შესაფუთ მასალას არ უნდა ჰქონდეს უარყოფითი ზეგავლენა მთლიან სიმკვრივეზე, pH-ზე, მარილიანობაზე (ელექტრო გამტარობაზე),

არამდგრად მყარ ნივთიერებებზე, საერთო აზოტის, საერთო ფოსფორის, საერთო მაგნიუმის, საერთო კალიუმის და ამონიუმის აზოტის მახასიათებლები კომპოსტში. ზემოთ აღწერილი თითოეული ტესტი საერთაშორისოდ შეთანხმებული მეთოდების მიხედვით ტარდება, როგორც EN 13432-შია დადგენილი. დამოუკიდებელი ლაბორატორიის ტესტები დარდება მკაცრ ჩაბარება/ჩაჭრის სტანდარტს ტესტში. მხოლოდ ის მასალა მტკიცდება კომპოსტიდებადად, რომელიც კომპოსტირებადი მასალის ყველა ტესტს გაივლის.

### ASTM D6400 სტანდარტი

ეს სპეციფიკაცია ეხება პლასტიკისა და პლასტიკისგან დამზადებულ პროდუქციას, რომლის კომპოსტირებაც ხდება აერობულ პირობებში მუნიციპალურ და ინდუსტრიულ აერობულ კომპოსტირების დაწესებულებებში, სადაც თერმოფილური პირობებია შექმნილი.

ASTM D6400-ის დახმარებით მუშავდება მოთხოვნები პროდუქციის იარლიყებისათვის, მათ შორის ისეთი შეფუთვებისთვის, რომლებიც პლასტიკისგანაა დამზადებული შემდგომი კატეგორიით: კომპოსტირებადი აერობულ მუნიციპალურ და ინდუსტრიულ კომპოსტირების დაწესებულებებში.

მახასიათებლები, რომლებიც ამ სტანდარტშია გამოყენებული განსაზღვრავს მოხდება თუ არა პლასტიკისა და პოლიმერების გამოყენებით დამზადებული საბოლოო პროდუქტების (მათ შორის შეფუთვის) დამაკმაყოფილებელი კომპოსტირება დიდი მასშტაბის აერობულ მუნიციპალური ან ინდუსტრიული კომპოსტირების დაწესებულებებში.

კომპოსტირების მაქსიმალური გამტარუნარიანობა უმაღლეს პრიორიტეტს წარმოადგენს და შუალედურ ეტაპზე პლასტიკის დაშლა და ბიოდეგრადირება არ უნდა იყოს თვალსაჩინო საბოლოო მომხმარებლისათვის ესთეტიკური მიზეზებიდან გამომდინარე.

ბიოდეგრადირებადი პოლიმერის შერჩევა კონკრეტული გამოყენებისათვის უნდა დაეფუძნოს ბაზარზე არსებული პოლიმერის მასალის შემადგენლობასა და მოლეკულურ სტრუქტურას. ველზე საფუძვლიანი კვლევის შედეგად დადგინდება პროდუქტის ხარისხი და ბიოდეგრადირებადობა მისი გამოყენების ციკლის შემდგომ. ასევე, შემოწმდება მისი რეპროდუქციის შესაძლებლობები. შემოწმების მეთოდები მოიცავს:

- საბოლოო პროდუქტის მახასიათებლების შეფასებას;
- უსუფთაობის აღმოჩენას, რომელმაც შესაძლოა გავლენა მოახდინოს მასალის დამუშავებისას;
- შემავსებლის შემადგენლობას და ტიპს.

### თავი 3

„ჭკვიანი“ მასალების თანამედროვე ერა; „ჭკვიანი“ ანუ ინტელექტუალური მასალები; «smart materials»; შენადნობები "მახსოვრობის ეფექტით"; "ფორმის მახსოვრობა"; თვითაღდგენადი მასალები; თვითაღდგენადი ლითონის სისტემები; ბეტონის თვითაღდგენა; თვითშემზეთავი მასალები; თვითგამწმენდი მასალები; დენის გამტარი პოლიმერები; მაგნიტორეოლოგიური და ელექტრორეოლოგიური სითხეები; მაგნიტოსტრიქციული და ელექტროსტრიქციული მასალები; ფოტომექანიკური მასალები; პიროელექტრიკები; მეტამასალები; ბუნებრივი საღებავების მიღების შესახებ.

---

#### „ჭკვიანი“ მასალების თანამედროვე ერა

დღეისათვის, 21-საუკუნის მასალათმცოდნეობაში სწრაფად ვითარდება დარგი, სადაც მასალათა თვისებები იცვლება გარე ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად. მასალათა ამ ახალ თაობას უწოდებენ „ჭკვიან“ ან ინტელექტუალურ მასალებს - ინგლისურად მათ «smart materials» უწოდებენ.

ამ „ჭკვიანი“ ან ინტელექტუალურ მასალების მთავარი განმასხვავებელი თვისებაა მათი დამატებითი ფუნქციური შესაძლებლობები, რომლებიც განსხვავდებიან მასალის სტრუქტურით განპირობებული თვისებებისაგან. ამგვარი მასალები ასრულებენ 2-3 ჯერ მეტ ფუნქციას იმავე მასალებისადმი წაყენებულ მოთხოვნებთან შედარებით. ზოგიერთ შემთხვევაში „ჭკვიანი“ მასალა „დაპროგრამირებულია“ გარკვეულ „ქცევაზე“, რისი ინიციატორიც შეიძლება იყოს გარე ზემოქმედება ამ „ჭკვიან“ მასალაზე. აღნიშნული პროცესები „ჭკვიან“ მასალებში განპირობებულია მათი ქიმიური შემადგენლობით და კრისტალთქიმიური სტრუქტურით.

როგორც აღინიშნა, ჭკვიანი მასალა არის ის, რომელსაც აქვს ერთი ან მეტი თვისება და რომლის მახასიათებლებიც შეიძლება შეიცვალოს, მაგალითად:

- მონოკრისტალებმა შეიძლება შეიცვალოს გამჭვირვალობა ან ფერი;
- ქსოვილები რეაგირებენ ტემპერატურის ცვლილებებზე ფერის ან ფაქტურის ცვლილებით;
- სამშენებლო ფილებს აქვს ჩამენებული ნათება. ამ გვარი ფილები არის მასალები, რომლებიც ურთიერთქმედებენ გარემოსთან ვიზუალური გადასხვაფერებით, რაც ადამიანის თვალისათვის ადვილი შესამჩნევია, რაც არღვევს მასალის შესახებ დადგენილ ტრადიციულ საზღვრებს, ფორმებსა და ფუნქციებს.

მაგალითად, როცა ადამიანი სიბნელეში (ელ. განათების ჩართვამდე) სააბაზანოში შედის, ჭკვიანი ახალი მასალები და ეხმარება მას დაცემის გამო ტრამვის თავიდან აცილებაში და იქნება სააბაზანო ოთახის დამატებითი მანათობელი გაფორმება. ამგვარი

„ჭკვიანი“ ფირები ანათებს სიბნელეში მთელი რიგი ფოტოლუმინესცენტური პიგმენტების ფირებში წინასწარი შეტანის გამო, დაახლოებით ისე როგორცაა დროის ჩვენებისას საათის ციფერბლატის სიბნელის განათება.

გარე ზემოქმედება, რომელიც ცვლის "ჭკვიანი" მასალის თვისებებს, შეიძლება იყოს: მექანიკური დატვირთვები, ელექტრული ან მაგნიტური ველები, ტემპერატურა, სინათლე, ტენიანობა, გარემოს ქიმიური თვისებები და სხვ. „ჭკვიანი“ მასალის თვისებების შეცვლა შექცევადია და შეიძლება მრავალჯერ განმეორდეს. არსებობს მრავალი სახის "ჭკვიანი" მასალა<sup>55</sup>, რომლებიც უფრო დეტალურად უნდა იქნას განხილული.

**შენადნობები "მახსოვრობის ეფექტით" ("ფორმის მახსოვრობა")** დეფორმაციის შემდეგ გაცხელებისას უბრუნდებიან პირვანდელ ფორმას. შენადნობი "მახსოვრობის ეფექტით" ფიქსირდება თავდაპირველ ფორმაში, რომელიც მას "ახსოვს", შემდეგ ექვემდებარება გამოწვას 500 °C ტემპერატურაზე. გახურების პროცესში წარმოიქმნება არაელასტიური მყარი ფაზა - ამ შენადნობის მაღალტემპერატურული ფაზა არის **აუსტენიტი**. ნიმუშის შემდგომი გაგრილებისას წარმოიქმნება ელასტიური, ადვილად დეფორმირებადი დაბალტემპერატურული ფაზა **მარტენსიტი**. შენადნობის შემდგომი დეფორმაციისა და გათბობის შემდგომ, ატომები ქმნიან აუსტენიტის გისოსს და შენადნობის ნიმუშის ფორმა აღდგენილია.

არსებობს ასევე „ფორმის მახსოვრობის“ პოლიმერები, რომლებიც უბრუნდებიან პირვანდელ ფორმას. აქ ფორმის აღდგენა ხდება სინათლის, ელექტროენერჯის, მაგნიტური ველის და გამხსნელების ზემოქმედების შედეგად.

**თვითაღდგენადი მასალები<sup>56</sup>**. დღემდე, თვითაღდგენა ყველაზე წარმატებით განხორციელდა პოლიმერებში მათი შედარებით მაღალი დიფუზიის სიჩქარის გამო, სადაც არსებობს ჯვარედინი მოლეკულური ბმები. თვითაღდგენადი პოლიმერების შექმნის ერთერთი გზა არის თერმორეაქციული პოლიმერების და მათი გამკვრივების უნარის გამოყენება პოლიმერული ჯაჭვების ჯვარედინი კავშირის გამო.

პოლიმერში შეჰყავთ თხელკედლიანი ინერტული მასალების მყიფე კაფსულები აღმდგენი აგენტით. პოლიმერში თუ ბზარი გაჩნდა, კაფსულა იშლება, აღმდგენი აგენტი გამოიყოფა და ვრცელდება ბზარებში კაპილარების მეშვეობით, სადაც მას ურევენ კატალიზატორს და შემკვრელს, რომელიც ადრე იყო ჩართული მასალაში (ცალცალკე), ეს პროცესი ამკვრივებს და ხურავს ბზარებს პოლიმერის ნაკეთობაში.

<sup>55</sup> Encyclopedia of smart materials/[redactor Mel Schwartz]. New York: John Wiley and Sons, Inc., 2002 – 1193 p.

<sup>56</sup> ა). Kessler M. Self-healing: a new paradigm in materials design // Proc. IMechE Part G: J. Aerospace Engineering. 2007. Vol. 221. P. 479-495. ბ). Saavedra Flores E., Friswell M., Xia Y. Variable stiffness biological and bio-inspired materials // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2013. Vol. 24. №5. P. 529-540.



პოლიმერების გარდა ამჟამად მუშავდება თვითაღდგენადი კერამიკული მასალები<sup>57</sup>, ამ მასალებში ხშირად გამოიყენება ჟანგვითი რეაქციები, ამასთან ოქსიდის მოცულობა აღემატება საწყისი მასალის მოცულობას. შედეგად, ამ რეაქციების პროდუქტებს, მოცულობის ზრდის გამო, შეუძლიათ მცირე ბზარების შევსება.

მრავალი კვლევა მიეძღვნა ბეტონის თვითაღდგენას<sup>58</sup>. ბეტონის დეფექტების „შეხორცება“ შესაძლებელია კალციუმის იონების შემცველი წყალხსნარით<sup>59</sup> ან სუპერ შთამნთქმელი პოლიმერით, რომელიც გაჯირჯვდება ტენიანობის ზემოქმედებისას და ლუქავს<sup>60</sup> ბეტონის ბზარებს.

მეტალის მასალების, პოლიმერებთან შედარებით, თვითაღდგენა ბევრად უფრო რთულია, ვინაიდან ლითონის ატომები ერთმანეთთან მჭიდროდ არის დაკავშირებული, აქვთ მცირე ზომები და დაბალი დიფუზიის კოეფიციენტები. ამჟამად, სამი ძირითადი მიმართულებაა დაფუძნებული რომლებიც შექმნილია თვითაღდგენადი ლითონის სისტემებისათვის.

**პირველ რიგში**, ეს არის ნალექის წარმოქმნა დეფექტურ ადგილებში, რომელიც აჩერებს რღვევის შემდგომ ზრდას. ამ მექანიზმს ეწოდება **"დაზიანების პრევენცია"**, რადგან ამ პროცესის იდეა მდგომარეობს სიცარიელების წარმოქმნის თავიდან აცილებაში, დიფუზიის გზითნალექი ზეგაჯერებული მყარი ხსნარის<sup>61</sup> (შენადნობის) მეშვეობით.

გარდა აღნიშნულისა, გამოიყენება **განსხვავებული მიდგომა: შენადნობის მატრიცის გაძლიერება მიკრობოჭკოებით ან ძაფებით**, რომლებიც დამზადებულია „ფორმის მახსოვრობის“ მქონე შენადნობიდან, როგორცაა, მაგალითად, ნიტინოლი. თუ კომპოზიტი ექვემდებარება დაბზარვას, მასალის გათბობა ააქტიურებს ძაფების ფორმის აღდგენას **"მახსოვრობის ეფექტით"**, რომელიც კუმშავს ბზარებს<sup>62</sup> და ხურავს მათ.

**მესამე მიმართულებაა ე. წ. „სამკურნალო აგენტის“** გამოყენება<sup>63</sup> (მაგალითად, შენადნობი დაბალი დნობის წერტილით) რომელიც ჩასმულია ლითონის მატრიცაში, მსგავსირამ კეთდება პოლიმერებშიც.

**არსებობს მასალების თვითაღდგენის სხვა გზებიც.** მაგალითად, მიკრომასშტაბიანი არხების არსებობა კომპოზიტებში<sup>64</sup>, რომლებიც სავსეა სითხით; ან თვითაღდგენა

<sup>57</sup> Yoshioka S., Nakao W. Methodology for evaluating self-healing agent of structural ceramics // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. №11. P. 1395–1403.

<sup>58</sup> Han B. et al. Smart concretes and structures: A review // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. №11. P. 1303–1345.

<sup>59</sup> Huang H., Ye G. Self-healing of cracks in cement paste affected by additional Ca<sup>2+</sup> ions in the healing agent // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. №3. P. 309–320.

<sup>60</sup> Snoeck D. et al. Self-healing cementitious materials by the combination of microfibrils and superabsorbent polymers // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2014. Vol 25. №1. P. 13–24.

<sup>61</sup> Shinya N., Kyono J., Laha K. Self-healing Effect of Boron Nitride Precipitation on Creep Cavitation in Austenitic Stainless Steel // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2006. Vol. 17. P. 1127-1133.

<sup>62</sup> Bor T. et al. Modeling of Stress Development During Thermal Damage Healing in Fiberreinforced Composite Materials Containing Embedded Shape Memory Alloy Wires // Journal of Composite Materials. 2010. Vol. 44. № 22. P. 2547-2572.

<sup>63</sup> M. Nosonovsky, P.K. Rohatgi. Biomimetics in material science. Springer, 2012. 415 p.

<sup>64</sup> Olugebefola S. et al. Polymer Microvascular Network Composites // Journal of Composite Materials. 2010. Vol. 44. № 22. P. 2587-2603.

აკუსტიკური ენერჯის გამოყენებით<sup>65</sup>. არსებობს იმგვარი თვითაღდგენადი კომპოზიტები - სადაც, პიეზოელექტრული ეფექტის გამო, მასალაზე მოქმედი მექანიკური ენერჯია გარდაიქმნება ელექტროენერჯიად, რაც, თავის მხრივ, იწვევს თვითაღდგენის ელექტროქიმიური პროცესის ინიცირებას ელექტროლიტის მონაწილეობით<sup>66</sup>.

ეპოქსიდური მატრიცა **Ag** ნანონაწილაკებით, განთიტის/ჰიდრომაგნეზიტის მინერალებით, ბარიუმის ჰექსაფერიტის ნაწილაკებით და ქიტოზანით არის მრავალფუნქციური მასალა - თვითაღდგენადი, ანტიბაქტერიული, ცეცხლგამძლე და რადიოშთანთქმის უნარის მქონე<sup>67</sup>.

თვითაღდგენის ეფექტი გამოიყენება აერო-კოსმოსურ ინდუსტრიაში<sup>68</sup>, ლითონების კოროზიისგან დასაცავად<sup>69</sup>, იქ სადაც საჭიროა მექანიკური და გეომეტრიული თვისებების აღდგენა<sup>70</sup> და სარეაბილიტაციო აერო-კოსმოსური საფრენი აპარატის კორპუსი, რომელიც ზიანდება ჭურვის ბალისტიკური დარტყმის შემდეგ<sup>71</sup>.

**თვითშემზეთავი მასალები** ამცირებს ხახუნს ან ცვეთას. მატერიალურ ზედაპირებზე ხახუნის ან ცვეთის შემცირების რამდენიმე მეთოდი არსებობს. ერთ-ერთი მათგანია აპლიკაცია თვითშემზეთავი დანაფარებით, რომლებიც ან საკმარისად მტკიცეა ცვეთის შესამცირებლად, ან აქვს დაბალი ზედაპირული ენერჯია რითაც ამცირებს ადჰეზიას და ხახუნს.

საწარმოო გამოცდის სტადიაშია თვითშემზეთავი ლითონური, პოლიმერული და კერამიკული კომპოზიტები. მაგალითად, ნანოკომპოზიტების შემავსებელი, ნახშირბადის ნანომილები ან ფულერენები - **C60**, ასრულებენ "საკისრების" როლს, რითაც ამცირებენ ხახუნს.

კომპოზიტში, რომელიც დამზადებულია სპილენძის საფუძველზე **ფხვნილოვანი მეტალურგით**, ამატებენ **პოლიტეტრაფტორეთილენს**<sup>72</sup>, ხოლო ფოროვან პოლიფენილენ სულფიდის კომპოზიტს მოდიფიცირებას უკეთებდნენ ცეოლიტის 1% (მთლიანი მასის)

<sup>65</sup> Fehrman B., Korde U. Targeted delivery of acoustic energy for self-healing // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2013. Vol. 24. № 15. P. 1865-1887.

<sup>66</sup> Soroushian P., Nassar R., Balachandra A. Piezo-driven self-healing by electrochemical phenomena // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2013. Vol. 24(4). P. 441-453.

<sup>67</sup> Atay H., Celik E. Multifunctional polymer composites: Antibacterial, flame retardant, radar absorbing and self-healing // Journal of Composite Materials. 2015. Vol. 49. № 20. P. 2469-2482.

<sup>68</sup> Williams H., Trask R., Bond I. A probabilistic approach for design and certification of selfhealing advanced composite structures // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part O: J. Risk and Reliability. 2011. Vol. 225. P. 435-449.

<sup>69</sup> Brancart J. et al. Atomic force microscopy-based study of self-healing coatings based on reversible polymer network systems // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2014. Vol 25. №1. P. 40-46.

<sup>70</sup> Phillips D., Baur J. A Granular Core for Self-healing, Variable Modulus Sandwich Composites // Journal of Composite Materials. 2010. Vol. 44. № 22. P. 2527-2545.

<sup>71</sup> Haase T., Rohr I., Thoma K. Dynamic temperature measurements on a thermally activated self-healing ionomer // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2014. Vol 25. № 1. P. 25-30.

<sup>72</sup> Chen S. et al. Preparation of novel polytetrafluoroethylene/copper-matrix self-lubricating composite materials // Journal of Composite Materials. 2014. Vol. 48. № 13. P. 1561-1574.

დამატებით და ჟღენთავდნენ ლითიუმზე დაფუძნებული კომპოზიციით, რომელიც ამცირებს ხახუნის კოეფიციენტს 90 %-ით<sup>73</sup>.

**თვითშემზეთავი მასალების შექმნის** ერთ-ერთი გზაა ქიმიური რეაქციის გამო, ხახუნის პროცესში შემზეთავი ფენის შექმნა. ასეთი რეაქცია შეიძლება წარმართოს მექანიკური კონტაქტის გამო.

მაგალითად, სპილენძის დამცავი ფენა წარმოიქმნება, ლითონის ზედაპირზე ხახუნის შედეგად სპილენძის იონების გადატანის გამო სპილენძის შემცველი შენადნობებიდან (მაგ. ბრინჯაო) ან საპოხი მასალიდან.

დამცავი ფენა, ასევე, შეიძლება ჩამოყალიბდეს ქიმიური დაჟანგვის ან წყლის ორთქლთან რეაქციით. ბორის ოქსიდი რეაგირებს წყლის ორთქლთან ჰაერში და წარმოქმნის ბორის მჟავას დამცავ ფენას:  $B_2O_3 + 3H_2O \rightarrow 2H_3BO_3$

დამცავი საფარი, თავის მხრივ, იწვევს ხახუნის და ცვეთის შემცირებას. ბორის მჟავა, ფენოვან-კრისტალური სტრუქტურით, სხვა მყარი ნაწილაკების მსგავსია (მაგ. MoS<sub>2</sub>, გრაფიტი და ჰექსაგონალური ბორის ნიტრიდი), თანკარგი საპოხი თვისებებით<sup>74</sup>.

თვითშემზეთავის მექანიზმის ასახსნელად ზოგიერთი მკვლევარის მიერ შემოთავაზებულია ბორის მჟავას ტრიკლინური კრისტალური სტრუქტურის მოდელი. ატომები, რომლებიც ქმნიან ბორის მჟავას მოლეკულებს, ისინი განლაგებულია მჭიდროდ შეფუთულ ფენებად და ერთმანეთისგან დაშორებულია 0,318 ნმ-ით, რაც დაკავშირებულია ერთმანეთთან სუსტი ძალებით, მაგალითად ისეთით, როგორიცაა ვან დერ ვალსის ძალები.

ქვემოთნახსენები ავტორები ვარაუდობენ, რომ სრიალის დროს ეს ფენები შეიძლება ორიენტირდეს ფარდობითი მოძრაობის მიმართულების პარალელურად და შემდეგ ისინი ადვილად სრიალებენ ერთმანეთის მიმართ, რაც, თავის მხრივ, უზრუნველყოფს ხახუნის დაბალ კოეფიციენტს [M. Nosonovsky, P.K. Rohatgi. **Biomimetics in material science**. Springer, 2012. 415 p.].

თვითშემზეთავი მასალების შექმნის კიდევ ერთი გზაა **მიკროტექსტურირებული ზედაპირის შექმნა**, რომლის დროსაც წარმოიქმნება რელიეფი მიკროღრმულებით, რომლებიც, თავის მხრივ, ასრულებენ შეზეთავის რეზერვუარების როლს.

**თვითგამწმენდი მასალები** არ სველდებიან წყლით, ორგანული სითხეებით და სხვა დამაბინძურებლებით. მიკროსტრუქტურირებული ზედაპირების **თვითგამწმენდის თვისება** ეფუძნება იმ მოვლენას, რომ მიკროსტრუქტურებსა და მათ სივრცულ სტრუქტურებს შეუძლიათ ხელი შეუწყონ ჰაერიან წყლის წვეთს მოძრაობაში, რომელიც

<sup>73</sup> Wang H. et al. Tribological performances on porous polyphenylene sulfide self-lubricating composites with super wear resistance // Journal of Thermoplastic Composite Materials. 2014. Vol 27. №1. P. 82–92.

<sup>74</sup>ა) Srikant R.R., Ramana V., Vamsi Krishna P. Development and performance evaluation of self-lubricating drill tools // Journal of Engineering Tribology. 2015. Vol. 229. № 12. P. 1479–1490. ბ) Suiyuan C. et al. Synthesis of New Cu-based Self-lubricating Composites with Great Mechanical Properties // Journal of Composite Materials. 2011. Vol. 45. № 1. P. 51–63. გ) Suiyuan C. et al. Effect of BN fraction on the mechanical and tribological properties of Cu alloy/BN self-lubricating sleeves // Journal of Composite Materials. 2015. Vol. 49. №30. P. 3715–3725. დ) Singh S. et al. Microstructural analysis and tribological behavior of aluminum alloy reinforced with hybrid alumina/nanographite particles // Journal of Engineering Tribology. 2015. Vol. 229. № 5. P. 597–608.

ჩაკეტილია სტრუქტურებს შორის სივრცეებში. ამ ტიპის კონტაქტი ზრდის კონტაქტის კუთხეს წყალთან ზედაპირული დაჭიმულობის გამო და, შესაბამისად, წყლის წვეთი შეიძლება გადაგორდეს მიკროსტრუქტურულ ზედაპირზე, რითაც მასალის ზედაპირს ამორებს მტვერს, ე. ი. უზრუნველყოფს თვითწმენდას<sup>75</sup>.

ახალი მეთოდი საშუალებას იძლევა შეიქმნას თვითგამწმენდი დანაფარები ორი საერთო მასალის - ტეფლონისა და თბოკუმშვადი პლასტმასის შერწყმით. ამ კვლევის ფარგლებში და მის შემდგომ, მკვლევარებმა დაადგინეს, რომ კარგი სუპერჰიდროფობიური ზედაპირის გასაღები არის მიკრო და ნანომასშტაბიანი შაბლონების/სივრცული სტრუქტურების კომბინაცია.

მკვლევარებმა დაფარეს ტეფლონით თბოკუმშვადი პლასტმასი, შემდეგ გააცხელეს და მიიღეს ტეფლონის დანაოჭებული ზედაპირი. ასეთ ზედაპირთან წვეთების შეხების კუთხე 172°-ია, რაც იმას ნიშნავს, რომ წყლის ბურთულები ზედაპირს ოდნავ ეხებიან. შემუშავებული დანაფარი თითქმის ისეთივე მდგრადია, როგორც ალუმინის ფენა. ხოლო ნაკაწრების გაჩენისას, საფარის წყალგაუმტარი თვისებები შენარჩუნებულია<sup>76</sup>.

მასალათა, დამაბინძურებელი სუბსტანციების მიმართ, „სუპერუკუდების“ თვისებები ქსოვილებს ანიჭებს თვითწმენდის ფუნქციას, რომელიც მოიცავს როგორც დამაბინძურებლების ფიზიკურ წმენდას, ასევე ქიმიურ თვითწმენდის პროცესს, „სუპერუკუდების“ პოცესი მოიცავს ფერადი ლაქების და ხსნარების დეგრადაციას ულტრაიისფერი გამოსხივების ზემოქმედებისას და ბიოლოგიურ-ანტიბაქტერიულ თვისებებს. მაგალითად, თვითგამწმენდი თვისებები შეიძლება მივანიჭოთ ზამბის ქსოვილს TiO<sub>2</sub> ნანონაწილაკების<sup>77</sup> ან ZnO ნანოლეროების დამატებით<sup>78</sup>.

TiO<sub>2</sub>-ზე დაფუძნებული თვითგამწმენდი დანაფარი ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას ისტორიული შენობებისა და ძეგლების დასაცავად<sup>79</sup>.

<sup>75</sup>ა). Kong L. B., Cheung C. F., To S. Design, fabrication and characterization of threedimensional patterned microstructured surfaces with self-cleaning properties from hydrophilic materials // Journal of Engineering Manufacture. 2012. V. 226. №9. P. 1536– 1549. ბ). Vorobyev A., Guo C. Multifunctional surfaces produced by femtosecond laser pulses // J. Appl. Phys. 2015. V. 117. № 3. DOI: 10.1063/1.4905616.

<sup>76</sup> Scarratt L. et al. Durable Superhydrophobic Surfaces via Spontaneous Wrinkling of Teflon AF // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2016. DOI: 10.1021/acsami.5b12165.

<sup>77</sup>ა). Ibrahim N., Refaie R., Ahmed A. Novel Approach for Attaining Cotton Fabric with MultiFunctional Properties // Journal of Industrial Textiles. 2010. Vol. 40. № 1. P. 65-83. ბ). Sundaresan K. et al. Influence of nano titanium dioxide finish, prepared by sol-gel technique, on the ultraviolet protection, antimicrobial, and self-cleaning characteristics of cotton fabrics // Journal of Industrial Textiles. 2012. Vol. 41. № 3. P. 259-277. გ). Qi K., Wang X., Xin J. H. Photocatalytic self-cleaning textiles based on nanocrystalline titanium dioxide // Textile Research Journal. 2011. Vol. 81. № 1. P. 101-110. დ). Lee H. J., Kim J., Park C. H. Fabrication of self-cleaning textiles by TiO<sub>2</sub>-carbon nanotube treatment // Textile Research Journal. 2014. Vol 84. № 3. P. 267–278.

<sup>78</sup> ა). Ashraf M. et al. Study the multi self-cleaning characteristics of ZnO nanorods functionalized polyester fabric // Journal of Industrial Textiles. 2014. doi: 10.1177/1528083714562086. ბ). Ashraf M. et al. Photocatalytic solution discoloration and self-cleaning by polyester fabric functionalized with ZnO nanorods // Journal of Industrial Textiles. 2015. Vol. 44. № 6. P. 884–898.

<sup>79</sup>ა). Ranogajec J. et al. Protection of Cultural Heritage Objects with Multifunctional Advanced Materials // Progress in Cultural Heritage Preservation – EUROMED. 2012. P.255-258. ბ). Goffredo G. B. et al. TiO<sub>2</sub> nanocoatings for architectural heritage: Self-cleaning treatments on historical stone surfaces // Journal of Nanoengineering and

## დენის გამტარი პოლიმერები

დენის გამტარ პოლიმერებში ელექტრული გამტარობის არსებობა აიხსნება იმით, რომ მათი სტრუქტურის დეფექტების ადგილებში წარმოიქმნება დაუწყვილებელი ელექტრონი, რომელსაც შეუძლია გადაადგილება პოლიმერული ჯაჭვის გასწვრივ.

დენის გამტარი პოლიმერის ლეგირება ელექტრონის აქცეპტორებით ან დონორებით იწვევს მისი ელექტრული გამტარობის ზრდას მობილური ელექტრონის ფორმირებისთვის საჭირო ენერგიის შემცირების გამო. ყველაზე ცნობილი და ფართოდ გამოყენებული დენის გამტარი პოლიმერებია **პოლიანილინი** და **პოლიპიროლი**<sup>80</sup>.

მაქსიმალური ელექტრული გამტარობა შეინიშნება სუფთა (ე. ი. მინარეგების გარეშე) ორიენტირებულ პოლიმერებში დიდი მოლეკულური მასით. საუკეთესო მიღებული მნიშვნელობებია -  $10^7$  1/ომი 1/მ პოლიაცეტილენისთვის და  $2 \cdot 10^5$  1/ომი 1/მ პოლიანილინისთვის<sup>81</sup>.

იმედი იმისა, რომ გამტარი პოლიმერები შეცვლიდნენ სპილენძს ელექტროსადენებში, ჯერ არ ახდა. ამისთვის პოლიანილინი საკმაოდ სტაბილურია, მაგრამ მისი ელექტრული გამტარობა გაცილებით დაბალია და კუთრი სითბოტევადობა უფრო დაბალია ჩვეულებრივ ლითონებთან შედარებით, ამიტომ შემადგენლობის ნებისმიერმა არაერთგვაროვნებამ შეიძლება გამოიწვიოს ადგილობრივი გადახურება და ასეთი პოლიმერული გამტარის მწყობრიდან გამოსვლა.

დენის გამტარი პოლიმერები გამოიყენება როგორც ქიმიური სენსორები, რაც ეფუძნება მათი თვისებების ცვლილებას ნაერთებთან და იონებთან ურთქმედებისას, რომლებსაც აქვთ ჟანგვა-აღდგენით აქტივობა.

ამ ტიპის უმარტივესი სენსორია პოლიმერული ფირი, რომელიც მდებარეობს ელექტროდებს შორის, და რომლის წინააღმდეგობა კონტროლდება აქტიური ქიმიური ნაერთის ზემოქმედებით. მაგალითად, **პოლიანილინი** შექცევადად იცვლის ფერს, გარემოს მჟავიანობის ცვლილების მიხედვით, რაც გამოყენებულია pH მზომის შესაქმნელად.

პოლიანილინზე დაფუძნებულ გაზის სენსორს, კერძოდ, აირადი ამიაკისა და აზოტის დიოქსიდისთვის, აქვს საკმაოდ მაღალი მგრძობელობა.

**პოლიანილინი** შეიძლება გამოყენებულ იქნას ანტიკოროზიული დაცვისთვის, ძირითადად ფოლადისა და ალუმინისათვის, ატმოსფერული ჟანგბადით ლითონის დაჟანგვის თავიდან აცილების ან შენელების გზით<sup>82</sup>.

---

Nanosystems. 2014. Vol. 228. № 1 P. 2–10. გ). Hadnadjev M. et al. Design of self-cleaning TiO<sub>2</sub> coating on clay roofing tiles // Philosophical Magazine. 2010. V. 90. № 22. P. 2989-3002.

<sup>80</sup> Yanilmaz M., Sarac A. S. A review: effect of conductive polymers on the conductivities of electrospun mats // Textile Research Journal. 2014. Vol. 84. № 12. P. 1325–1342.

<sup>81</sup><https://worldofmaterials.ru/spravochnik/special-materials/200-provodyashie-polymeri>

<sup>82</sup> ა). Ates M., Kalender O. Comparison of anticorrosion behavior of polyaniline and poly(3,4- methylenedioxyaniline) and their titanium dioxide nanocomposites // High Performance Polymers. 2015. Vol. 27. № 6. P. 685–693. ბ). Tiitu M. et al. Aminic epoxy resin hardeners as reactive solvents for conjugated polymers: polyaniline base/epoxy composites for anticorrosion coatings // Polymer. 2005. V. 46. P. 6855–6861.

პოლიანილინით დაფარული პოლიურეთანის ელექტრო გამტარობა მგრძობიარეა მოდებულ წნევაზე 0–100 ნ/მ<sup>2</sup> დიაპაზონში, შესაბამისად, ასეთი მასალა შეიძლება იყოს გამოიყენებული როგორც წნევის სენსორი<sup>83</sup>.

გარდა აღნიშნულისა, დენის გამტარი პოლიმერები შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც ანტისტატიკური საიზოლაციო დანაფარები<sup>84</sup>, რაც ზრდის ქსოვილების ცეცხლგამძლეობას<sup>85</sup> და შესაძლებელს ხდის შეიქმნას ბიოთავსებადი მასალები, აკუმულატორები, კონდენსატორები და ა.შ.

პოლიანილინზე დაყრდნობით, მზადდება კომპოზიტები, მაგალითად, შემავსებლად ნიკელის ფერიტის ნანონაწილაკების გამოყენებით<sup>86</sup>; ან მისი მექანიკური და ელექტროგამტარებლობის თვისებებთან გასაუმჯობესებლად სხვადასხვა ქიმიკატების დამატების გზით<sup>87</sup>.

კომპოზიტი პოლიაკრილონიტრილის 3% წონითი დანამატით და პოლიანილინის 1 % წონითი დანამატი და AgNO<sub>3</sub> აჩვენებს ანტიმიკრობულ აქტივობას<sup>88</sup>.

პოლიანილინის და რეზინის კომპოზიტები გამოიყენება ელექტრომაგნიტური ეკრანირებისათვის<sup>89</sup>.

პოლიანილინის/პოლივინილქლორიდის ნარევის გამოყენებისას დამცავ დანაფარად ელექტრო კონტაქტებისთვის - მცირდება ფრეტინგ-კოროზია (ინგლ. **fretting corrosion**) და ელექტრო კონტაქტების ცვეთა<sup>90</sup>.

---

<sup>83</sup> Muthukumar N., Thilagavathi G., Kannaian T. Polyaniline-coated polyurethane foam for pressure sensor applications // High Performance Polymers. 2015. doi: 10.1177/0954008315583703.

<sup>84</sup> ა). Hoghoghifard S., Mokhtari H., Dehghani S. Improving the conductivity of polyaniline coated polyester textile by optimizing the synthesis conditions // Journal of industries textiles. 2015. DOI: 10.1177/1528083715594981.

ბ). Muthukumar N., Thilagavathi G., Kannaian T. Polyaniline-coated nylon lycra fabrics for strain sensor and electromagnetic interference shielding applications // High Performance Polymers. 2015. Vol. 27. № 1. P. 105–111.

<sup>85</sup> Yu J. et al. Flame retardancy and conductive properties of polyester fabrics coated with polyaniline // Textile Research Journal. 2015. doi: 10.1177/0040517515606360.

<sup>86</sup> Prasanna G.D. Synthesis and characterization of magnetic and conductive nickel ferrite– polyaniline nanocomposites // Journal of Composite Materials. 2015. Vol. 49. № 21. P. 2649–2657.

<sup>87</sup> ა). Kumar V. et al. Mechanical and electrical properties of PANI-based conductive thermosetting composites // Journal of Reinforced Plastics and Composites. 2015. Vol. 34. № 16. P. 1298–1305. ბ). Kizildag N. et al.

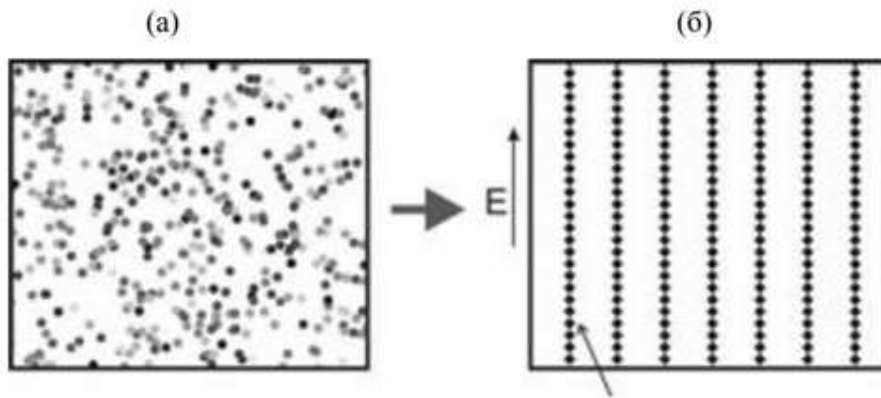
Polyacrylonitrile/polyaniline composite nano/microfiber webs produced by different dopants and solvents // Journal of Industrial Textiles. 2015. doi: 10.1177/1528083715598654. გ). Kizildag N. et al. Polyacrylonitrile/polyaniline composite nanofiber webs with electrostatic discharge properties // Journal of Composite Materials. 2016. doi: 10.1177/0021998316630583

<sup>88</sup> Eren O. et al. Synergistic effect of polyaniline, nanosilver, and carbon nanotube mixtures on the structure and properties of polyacrylonitrile composite nanofiber // Journal of Composite Materials. 2015. doi: 10.1177/0021998315601891.

<sup>89</sup> Al-Ghamdi A.A. et al. On the prospects of conducting polyaniline/natural rubber composites for electromagnetic shielding effectiveness applications // Journal of Thermoplastic Composite Materials. 2014. Vol. 27. № 6. P. 765–782.

<sup>90</sup> Lam Y.-Z., Swingler J., McBride J. W. The Contact Resistance Force Relationship of an Intrinsically Conducting Polymer Interface // IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies. 2006. Vol. 29. № 2. P. 294-302.

**მაგნიტორეოლოგიური და ელექტორეოლოგიური სითხეები** - მაგნიტურ ან ელექტრულ ველში, მკვეთრად ზრდის სიბლანტეს. ტიპური მაგნიტორეოლოგიური სითხე არის მაგნიტური მიკრონაწილაკების, სითხის (ზეთი, წყალი ან გლიკოლი) სუსპენზია, სადაც დაბინძურების საწინააღმდეგო დანამატების გამოლეკვა გამორიცხულია. მაგნიტური ველის არარსებობის შემთხვევაში, სითხის ნაწილაკები ნაწილდება შემთხვევით და როდესაც მოხდება ველის მოდება, ისინი ჯაჭვების სახით განლაგდებიან ველის ძალწირების გასწვრივ, რაც მკვეთრად ზრდის სიბლანტეს ველის



პერპენდიკულარული მიმართულებით. მაგნიტური ველის მოხსნის შემდეგ, სითხის გაზრდილი სიბლანტე ქრება.

### ნაწილაკთა ჯაჭვი

#### სურათი 1. მაგნიტორეოლოგიური სითხე

(a) ნაწილაკთა ქაოტური განლაგება

(b) ნაწილაკების ჯაჭვების წარმოქმნა მაგნიტური ველის გავლენით

მრავალი ნაშრომი ეძღვნება მაგნიტორეოლოგიური სითხეების შესწავლას: მოდელირება<sup>91</sup>, ზედაპირის ხაოიანობის გავლენის შესწავლა ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედებებზე<sup>92</sup>, გარედან მოქმედი წნევის ეფექტი ამგვარ სითხეების თვისებებზე<sup>93</sup>, დაბერების ტესტები<sup>94</sup>, ორივე, მაგნიტურ(რკინა) და არამაგნიტურ

<sup>91</sup> Ghaffari A., Hashemabadi S. H., Ashtiani M. A review on the simulation and modeling of magnetorheological fluids // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. № 8. P. 881–904.

<sup>92</sup> Vereda F., de Vicente J., Hidalgo-Alvarez R. Effect of surface roughness on the magnetic interaction between micronsized ferromagnetic particles: Finite element method calculations // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2016. doi: 10.1177/1045389X15624793.

<sup>93</sup> Spaggiari A., Dragoni E. Enhanced properties of magnetorheological fluids: Effect of pressure // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. № 14. P. 1764–1775.

<sup>94</sup> Guth D., Maas J. Long-term stable magnetorheological fluid brake for application in wind turbines // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2016. doi: 10.1177/1045389X15624794.



ნაწილაკების (პოლიმეთილმეთაკრილატი) შემცველი მრავალკომპონენტური სითხეების სტაბილურობის შესწავლა<sup>95</sup> და სხვ

**ელექტრორეოლოგიური სითხე** არის ნაწილაკების ხსნარი არაგამტარ სითხეში. სიბლანტის გაზრდის პრინციპი იგივეა, რაც მაგნიტორეოლოგიური სითხეებისთვის.

ელექტრული ველის გავლენის ქვეშ შემავსებლის ნაწილაკები იძენენ სხვადასხვა პოლარობის ზედაპირულ მუხტებს, რაც მათ აიძულებს ჯაჭვებად განლაგებას სავსე მალწირების გასწვრივ.

ელექტრორეოლოგიური სითხეების თვისებებზე გავლენას ახდენს ელექტრული ველის სიძლიერე, ტემპერატურა, წანაცვლების სიჩქარე<sup>96</sup>, ნაწილაკების ზედაპირის ფართობი<sup>97</sup> და შემავსებლის ტიპი<sup>98</sup>.

ელასტიური კომპოზიტი, რომელიც დამზადდა რკინის კარბონილის წვრილდისპერსული ფხვნილის გამოყენებით, დაფარული იყო პოლიმერული დიელექტრიკული გარსით და სილიკონის ელასტომერით, ავლენს ელექტრო და მაგნიტორეოლოგიურ თვისებებს<sup>99</sup>.

მაგნიტო- და ელექტრორეოლოგიურ სითხეებს იყენებენ ვიბრაციის კონტროლისთვის მათი სწრაფი რეაგირების დროის გამო მაგნიტური/ელექტრული ველის მოდებისას და მათი სიხისტისა და დემფირებადი(ვიბრაციული) თვისებების შექცევადი ცვლილების გამო<sup>100</sup>.

**ელექტროქრომული მასალები** იცვლიან ოპტიკურ თვისებებს ელექტრული ზემოქმედების ქვეშ. ზოგიერთი არაორგანული ნაერთი, განსაკუთრებით პოლივალენტური ლითონის ოქსიდები, ფერს იცვლიან, რაც დამოკიდებულია მათი კათიონების ჟანგვის ხარისხზე. ეს თვისება იწვევს **ელექტროქრომიზმს**, რომელიც შექცევადია. ასეთი ჟანგვა-აღდგენითი რეაქციები ინდუცირებულია დაბალი ელექტრული ძაბვით (დაახლოებით  $\pm 1$  ვოლტი, მუდმივი დენის).

**ზოგიერთ პოლიმერს ასევე აქვს ელექტროქრომული თვისებები**, მაგალითად, **არბაზოლის** შემცველი პოლიმერები<sup>101</sup>. პოლიანილინისა და პოლიაკრილის მჟავის

<sup>95</sup> Iglesias G. R. et al. Stability behavior of composite magnetorheological fluids by an induction method // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. № 14. P. 1836–1843.

<sup>96</sup> Freyer H. et al. Scale effects of the rheological properties of electrorheological suspensions // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. № 14. P. 1856–1860.

<sup>97</sup> Ma L., Zheng F., Zhao X. Sedimentation behaviour of hierarchical porous TiO<sub>2</sub> microspheres electrorheological fluids // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. № 14. P. 1936–1944.

<sup>98</sup> Korobko E. V. et al. Time stability studies of electrorheological response of dispersions with different types of charge carriers // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. № 14. P. 1782–1788.

<sup>99</sup> Borin D., Stepanov G. Elastomer with magneto- and electrorheological properties // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. Vol. 26. № 14. P. 1893–1898.

<sup>100</sup> Eshaghi M., Sedaghati R., Rakheja S. Dynamic characteristics and control of magnetorheological / electrorheological sandwich structures: A state-of-the-art review // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. doi: 10.1177/1045389X15620041.

<sup>101</sup> Vacareanu L., Catargiu A.-M., Grigoras M. Spectroelectrochemical characterization of isomeric conjugated polymers containing 2,7- and 3,6-carbazole linked by vinylene and ethynylene segments // High Performance Polymers. 2015. Vol. 27. № 4. P. 476–485.

კომპოზიციური ფირები იცვლის ფერს ყვითელიდან მეწამულამდე<sup>102</sup>.

ელექტროქრომული მოწყობილობა არის მრავალშრიანი კონსტრუქცია, რომელის ერთ-ერთ ფენას აქვს ელექტროქრომული თვისებები.

ეს მოწყობილობა მუშაობს გალვანური უჯრედის პრინციპით. ყველაზე ცნობილი ელექტროქრომული მასალაა ვოლფრამის ტრიოქსიდი ( $WO_3$ ), რომელიც აღდგენისას ქმნის მკვეთრ ცისფერ ტუტეს.

როგორც წესი, დაბალი ძაბვის ელექტროქრომული მოწყობილობები ფერის ცვალებადი კათოდით დამუხტვისას ფერადდება და გამორთვისას უფერულდება.

ამჟამად, ელექტროქრომული მოწყობილობების ძირითადი გამოყენებაა "ჰკვიანი ფანჯრები", ე. ი. ელექტრონულად მართვადი ფანჯრები, რომლებიც შეიძლება გახდეს გამჭვირვალე ან დაჩრდილული და რეგულირდება მზის შუქის რაოდენობის მიხედვით დღის დროისა და სეზონის შესაბამისად. ჰკვიანი ფანჯრები ამცირებს შენობებში ენერჯის მოხმარებას და ქმნის კომფორტული ატმოსფერო შიდა სივრცეში<sup>103</sup>.

"ჰკვიანი" ჰიდროგელებს შეუძლიათ გაჯირჯვდნენ(გადიდნენ საწყის ზომებთან შედარებით 1000-ჯერ). ჰიდროგელებს აქვთ ბადისებრი, "შეკერილი" სტრუქტურა და შედგებიან ჰიდროფილური ჰომო- ან კოპოლიმერებისგან.

ჰიდროგელების „შეშუპება“ ხდება გარემოში ცვლილებების საპასუხოდ. ჰიდროგელებს შეუძლიათ შეცვალონ „შეშუპების“ ხარისხი pH-ის, ტემპერატურის, სითხის ტიპის, ელექტრომაგნიტური ველის ცვლილებით.

ჰიდროგელების გამოყენება მედიცინაში ძალზე აქტუალურია, მაგალითად, როგორც ბიოთავსებადი მასალების<sup>104</sup>. წამლების მიწოდების სისტემებისთვის<sup>105</sup> ან სამედიცინო ინსტრუმენტების ბაქტერიციდული დანაფარებისათვის<sup>106</sup>.

ახლად შემუშავებული ჰიდროგელი იქცევა როგორც ხელოვნური კუნთი, იკუმშება ერთი მიმართულებით და ფართოვდება მეორე მიმართულებით, წყლის შთანთქმის ან გამოთავისუფლების გარეშე<sup>107</sup>.

<sup>102</sup> Xu N. et al. A facile process for preparation of polyaniline/polyacrylic acid composite electrochromism films // High Performance Polymers. 2011. Vol. 23. № 7. P. 489-493.

<sup>103</sup> ა). Mardaljevic J., Waskett R. K., Painter B. Neutral daylight illumination with variable transmission glass: Theory and validation // Lighting Res. Technol. 2015. Vol. 0. P. 1–19. doi: 10.1177/1477153515620339. ბ). Wang M. et al. Binary Solvent Colloids of Thermosensitive Poly(N-isopropylacrylamide) Microgel for Smart Windows // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2014. V. 53. № 48. P. 18462–18472. DOI: 10.1021/ie502828b.

<sup>104</sup> Nonoyama T., Gong J. P. Double-network hydrogel and its potential biomedical application: A review // Journal of Engineering in Medicine. 2015. Vol. 229. № 12. P. 853–863.

<sup>105</sup> ა). Zhang D. et al. Electroactive hybrid hydrogel: Toward a smart coating for neural electrodes // Journal of Bioactive and Compatible Polymers. 2015. Vol. 30. № 6. P. 600–616. ბ). M. Jaiswal, V. Koul. Assessment of multicomponent hydrogel scaffolds of poly(acrylic acid-2-hydroxy ethyl methacrylate)/gelatin for tissue engineering applications // Journal of Biomaterials Applications. 2013. V. 27. № 7. P. 848–861. გ). Nistor M. T. et al. Biocompatibility, biodegradability, and drug carrier ability of hybrid collagen-based hydrogel nanocomposites // Journal of Bioactive and Compatible Polymers. 2013. V. 28. № 6. P. 540–556.

<sup>106</sup> Cometa S. et al. Analytical characterization and antimicrobial properties of novel copper nanoparticle-loaded electrosynthesized hydrogel coatings // Journal of Bioactive and Compatible Polymers. 2013. V. 28. № 5. P. 508–522. DOI: 10.1177/0883911513498960.

<sup>107</sup> Kim Y. S. et al. Thermoresponsive actuation enabled by permittivity switching in an electrostatically anisotropic hydrogel // Nature Materials. 2015. V.14. P. 1002–1007. doi: 10.1038/nmat4363.

ჰიდროგელის რამდენიმე ფენიანი კომპოზიტები, სადაც თითოეულ ფენას აქვს განსხვავებული მგრძობელობა, შესაძლებელს ხდის მათ საფუძველზე შეიქმნას ახალი ტიპის სენსორები, მემბრანები<sup>108</sup> და ა. შ.

### "ჭკვიან" მასალებს ასევე განეკუთვნებიან:

- მაგნიტოსტრიქციული და ელექტროსტრიქციული მასალები, რომლებიც ფორმას იცვლიან მაგნიტურ ან ელექტრულ ველში;
- პიეზოელექტრიკები წარმოქმნის ელექტროენერგიას მექანიკური დატვირთვის დროს;
- ფოტომექანიკური მასალები იცვლის ფორმას სინათლის ზემოქმედებისას;
- პიროელექტრიკები წარმოქმნიან ელექტროენერგიას ტემპერატურის ცვლილებისას.

„ჭკვიან“ მასალებთან ერთად, რომელთა იდეებსაც, თავად ბუნება გვაწვდის, აქტიურად ვითარდება და შეისწავლება ე. წ. „მეტამასალები“, რომელთა თვისებებს ბუნებაში ანალოგი არ გააჩნიათ. მაგალითად, ამ კლასის მასალების წარმომადგენელია მასალა - „უხილავი“, რომელიც უხილავს ხდის იმას, რაც მის უკან დგას. ამ ტიპის მეტამასალები შეიძლება გამოყენებულ იქნას როგორც იზოლატორები არასასურველი ეფექტების წინააღმდეგ, როგორცაა ვიბრაცია ან აკუსტიკური ტალღები<sup>109</sup>. ბოლო დროს წარმოჩინდა ახალი მიმართულება - მეტამასალების გამოყენება ნივთიერებების დაყოფისათვის, მათი გამოყოფით ნარევიდან არაქიმიური მეთოდებით<sup>110</sup>.

„ჭკვიანი“ მასალები უკვე ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე მსოფლიოში. ელექტროქრომული მასალების მაგალითია თხევადი კრისტალური დისპლეები და პიეზოელექტრული მასალების საფუძველზე მუშავდება ტანსაცმლის ელექტრონიკა, რომელიც მუშაობს ადამიანის მოძრაობისგან.

საავტომობილო საღებავს შეუძლია მისი ნაკაწრების „მომუშება“, სპეციალური მასალები რეაგირებენ გარემოში მავნე ნივთიერებების არსებობაზე ფერის ცვლით<sup>111</sup> და ავეჯი თვითონ იკვებება<sup>112</sup> ადამიანის ჩარევის გარეშე.

<sup>108</sup> Sobczyk M., Wallmersperger T. Modeling and simulation of the electro-chemical behavior of chemically stimulated polyelectrolyte hydrogel layer composites // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2015. doi: 10.1177/1045389X15606997.

<sup>109</sup> ა). Reynolds M., Daley S. Enhancing the band gap of an active metamaterial // Journal of Vibration and Control. 2015, doi: 10.1177/1077546315600330. ბ). P. F. Pai. Metamaterial-based Broadband Elastic Wave Absorber // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 2010. Vol. 21. P. 517-528. გ). Huang H. H., Sun C. T. A study of band-gap phenomena of two locally resonant acoustic metamaterials // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part N: Journal of Nanoengineering and Nanosystems. 2010. V. 224. P. 83-92.

<sup>110</sup> Restrepo-Flórez J. M., Maldovan M. Mass Separation by Metamaterials // Scientific Reports. 2016. V. 6. DOI: 10.1038/srep21971.

<sup>111</sup> Weis J., Swager T. Thiophene-Fused Tropones as Chemical Warfare Agent-Responsive Building Blocks // ACS Macro Lett. 2015. V. 4. №1. P. 138-142.

<sup>112</sup> ა). Ackerman E. 4-D Printing Turns Carbon Fiber, Wood Into Shapeshifting Programmable Materials // IEEE Spectrum. 2014. URL: <http://spectrum.ieee.org/techtalk/computing/hardware/4d-printing-turns-carbon-fiber-wood-into>

ზედაპირები არ არის დაბინძურებული, ლითონის ნაწილები დეფორმაციის შემდეგ უბრუნდება პირვანდელ ფორმას, ხოლო "ჭკვიან" ფანჯრებს შეუძლიათ შეცვალონ კონდიციონერი, რადგან ისინი მეტ-ნაკლებ შუქს უშვებენ ოთახში, თავად რეაგირებენ გარე ტემპერატურაზე და ყოველივე ზემოთაღნიშნული დღეისათვის უკვე რეალობაა.

ამ ლექციაში მოკლედ მიმოვიხილეთ თანამედროვე „ჭკვიანი“ მასალების ძირითადი ტიპები, მათი შექმნის მთავარი მახასიათებლები და მათი გამოყენების სფეროები. ამ მასალის თითოეული ტიპი იმდენად უნიკალურია, რომ მას ცალკე მიმოხილვითი ლექცია შეიძლება მიეძღვნას.

ამრიგად, ჩვენ დღეს უკვე შევსწავართ გადასვლას მასალების თვისებებით განპირობებული გამოყენებიდან, მასალათა სფეროს უმაღლესი პილოტაჟის "ჭკვიანი", მრავალფუნქციური, მასალების თვისებებით რომაა განპირობებული და რომლებიც რეაგირებენ გარე ზემოქმედების ფაქტორებზე (აქ უნდა გავავლოთ პარალელი თვითორგანიზებად საზოგადოებებსა და ქვეყნებზე), რომლებსაც შეუძლიათ გააუმჯობესონ მრავალი სახის პროდუქტი და ხელი შეუწყონ პროდუქციის ახალი სახეობების წარმოქმნას.

### **ბუნებრივი საღებავების მიღების შესახებ**

ქიმიური საღებავების შექმნამ თითქმის განდევნა ბუნებრივი საღებავებით ღებვა. მღებავის გარდა თითქმის აღარავინ იცის რომელი მცენარე რომელ ფერად ღებავს, რა დოზებია საჭირო და რომელი ფერმჭერები გამოიყენება. XIX საუკუნის მეორე ნახევრიდან ქიმიური საღებავების შემოსვლამ საფუძველი გამოაცალა ბუნებრივი საღებავებით ღებვას. საქართველოს ვერც ერთი კუთხე ვერ ასცდა ამ ზეგავლენას, სინთეზური საღებავების გავლენით თითქმის აღმოიფხვრა ბუნებრივი საღებავებით ღებვა.

უძველესი დროიდან მოსახლეობა საღებავად იყენებდა, როგორც ტყის ფოთლოვან, ისე ყვავილოვან კულტურულ ჯიშებს, გამოიყენებოდა მცენარეთა ფესვებიც.

ბუნებრივ ფერთაგან გამოყოფდნენ: წითელს, შავს, მწვანეს, ყავისფერს, ლურჯს, ყვითელს. გარდამავალი ფერები კი იყო ალისფერი, რუხი (ნაცრისფერი), წყლისფერი, მტვერისფერი, ნავთისფერი, ლილისფერი, შინდისფერი (ბორდო).

მატყლის ბუნებრივი ფერებია შავი, ყავისფერი, თეთრი, რუხი და ღია ყავისფერი.

როგორც ცნობილია, არსებობს მატყლის სამი სახეობა: გაზაფხულის მატყლი – რისვი; შემოდგომის მატყლი – მატყლი; ბატკნის მატყლი – კრაველი;

---

shapeshiftingprogrammable-materials (дата обращения 14.02.2016). ბ). Correa D. et al. 3D-Printed Wood: Programming Hygroscopic Material Transformations // 3D Printing and Additive Manufacturing. 2015. Vol. 2. № 3. P. 106-116. doi:10.1089/3dp.2015.0022.

ღებვას კარგად ემორჩილება რისვი და კრაველი. კრაველი ყველაზე კარგად იღებება და კარგი ხარისხის მატყლი და ძაფი გამოდის. დიდი მნიშვნელობა აქვს, როდის და რა პირობებში უნდა შეგროვდეს ნედლეული, ასევე როგორ უნდა გაშრეს რა ტემპერატურაზე და პირობებში უნდა ინახებოდეს.

**საღებავი ბალახების შეგროვება** – საღებავი ბალახები შესაძლებელია შეგროვდეს წლის ნებისმიერ დროს, მაგრამ ძირითადად უნდა შეგროვდეს ივნის-აგვისტოში, როდესაც ვეგეტაციის პერიოდია და ვეგეტაციის ბოლოს სექტემბრიდან ყინვების დაწყებამდე.

**საღებავის მიღება** – ჩვენ დროში მიუხედავად იმისა, რომ არის ბევრი ქიმიური საღებავი, მცენარეული საღებავი თავისი ფერთა გამით გამოიყენება ღებვისათვის საოჯახო პირობებში.

ბუნებრივი მცენარეული საღებავი შეიძლება მივიღოთ მცენარეების ყვავილებიდან, ნაყოფებიდან, ღეროებიდან, ფოთლებიდან, ფესვებიდან, ქერქიდან. მათი ქიმიური შედგენლობა დამოკიდებულია მცენარის ასაკზე, ზრდის ადგილზე, ნიადაგის შემადგენლობაზე, მეტეოროლოგიურ პირობებზე და ვეგეტაციის პერიოდზე. საღებავის მიღება დამოკიდებულია მცენარეების შეგროვების დროზეც. ახალი გაფურჩქნული ყვავილი იძლევა უფრო კაშკაშა ფერებს. ყვავილებს ახალგაფურჩქნულს კრეფენ, ქერქს გაზაფხულზე, როდესაც ის ადვილად ცილდება ხეს, ფესვებს ან მცენარის ყვავილობამდე ან გვიან შემოდგომაზე.

ახლად მოკრეფილი მცენარის ხსნარში შეღებვით მიღებული ფერები უფრო ინტენსიურია, ვიდრე გამხმარი მცენარეების გამოყენებისას. თუ აუცილებელია მცენარეების გახმობა, ეს უნდა გაკეთდეს ჩრდილში, რომ მან შეინარჩუნოს ბუნებრივი ფერი. ფესვებს გახმობის წინ რეცხავენ. გამხმარი მცენარე შეიძლება შეინახონ დახურულ ჭურჭელში, ჭერთან ჩამოკიდებული ან სხვა მშრალ ადგილზე. გამოყენების წინ გამშრალ ფოთლებს, ღეროებს, ფესვებს, ყვავილებს, ნაყოფს, გირჩებს, ქერქს და მარცვლებს წინასწარ ალბობენ ერთ დღე-ღამეს რბილ ცივ წყალში. შემდეგ ადუღებენ იმავე წყალში 15-20 წუთს. 100 გრ მცენარეზე იღებენ 1-2 ლიტრ წყალს.

საღებავის მიღება შეიძლება სხვა გზითაც: 24 საათიანი დალბობის შემდეგ მცენარეებს ხარშავენ იმავე წყალში 1-2 საათი (გააჩნია მასალას), შემდეგ ცხელ ნახარშს წურავენ საცერში და აცივებენ. საღებავის უფრო ინტენსიური მოქმედებისათვის ნახარშს ანეიტრალებენ მჟავისგან.

საღებარის ყვავილებიდან ექსტრაქციისას ხსნარს ადუღებენ 30 წუთს, თუ ფოთლებიდან - 1 საათს, თუ ფესვებიდან – 2 საათს, საღებარის გამოყოფა მცენარიდან მოხდება უფრო სწრაფად, თუ მასში ჩაამატებენ საჭმელ სოდას. აუცილებელია ნედლეული გაშრეს

ისეთ შენობაში, რომელიც კარგად ნიავედება და არის ჩრდილი. საღებავად გამოყენებული მცენარე შეიძლება შეინახოს 1-3 წელი. მართალია დროის გასვლასთან ერთად ფერის ინტენსივობა იკლებს, მაგრამ მაინც ღებავს. ყველაზე კარგია ახალ მოკრეფილ ნედლეულში ღებვა.

**ღებვა და ფერმჭერები** – ბუნებრივი მცენარეებით ღებვისას აუცილებელია ვიცოდეთ რომელი მცენარის გამოყენებისას, რომელი ფერმჭერია საჭირო და რა დოზით.

ბუნებრივი საღებავების ტრადიციული ფერმჭერებია: ნაცართვალი, თეთრიშაბი, შაბიამანი, ძალა (რკინის შაბიამანი), ტუტე (მზადდება ნაცრით. კარგია არყის ნაცარი), ძროხის შარდი. ჭურჭელი, სადაც უნდა მოხდეს შეღებვა, აუცილებლად უნდა იყოს მომინანქრებული ან თუჯის, დამოკიდებულია, თუ რომელ მცენარეს ვღებავთ.

ღებვის წინ მატყლს გაარჩვენ, გასუფთავებენ და გარეცხავენ. შემდეგ ნაცრისთვალს ან თეთრ შაბიან წყალში წამოდულებენ ან ადუღებამდე მიიყვანენ. ყველა ფერს თავისი ფერმჭერი აქვს. თუ ღია ფერებს ვღებავთ - თეთრ შაბს ვიყენებთ. თუ მუქ ფერებს - ნაცრისთვალს ან ძალას (რკინის შაბიამანს) იყენებენ.

ბუნებრივი საღებავებით ღებვისას, ასევე იცოდნენ ნაცრის მოყრა უკვე სამღებროდან ამოღებულ მატყლზე ან შულოებზე<sup>113</sup>.

ნაცართვალი მზადდებოდა შემდეგნაირად: წყლის წამოდულებამდე შიგ ნაცარს ჩაყრიდნენ, კარგად მოურევდნენ და გააჩერებდნენ სანამ არ დაილექებოდა ნაცარი და ზემოდან სუფთა წყალი არ დარჩებოდა. სწორედ ეს სუფთა წყალი არის ნაცართვალი. ნაცართვალი უნდა შეამოწმონ, რომ ძალიან მწვავე არ იყოს და ძაფი ან მატყლი არ დაწვას. ამ შემთხვევაში წყლის დამატებაა საჭირო.

უმრავლეს შემთხვევაში შავი ფერი ყოველთვის ორჯერადი ღებვით მიიღებოდა. მაგ: თავშავაში და ძალაში. თავშავაში შეღებვას დედებას ეძახდნენ. ადედებდნენ და შემდეგ ძალას დამატებით უკვე შავად ღებავდნენ.

ზოგიერთ მცენარეში შეღებვას ფერმჭერი არ სჭირდება: მაგ. კაკლის წენგოში ღებვას, ვაშლის ქერქში ღებვას და სხვა.

ფერთა მიღების ბევრი საიდუმლო ვლინდება ღებვისას. ბუნებრივი საღებავებით ღებვა მეტად სახალისო და საინტერესო პროცესია. ტრადიციულად მცენარეს არავინ წონიდა, თუმცა შემდეგი მცენარის წონა დაახლოებით ხუთჯერ და მეტადაც

<sup>113</sup> შულო - სპეციალურ ხელსაწყოზე ან მკლავზე ამოხვეული საქსოვი ძაფი - <https://www.ganmarteba.ge/word/შულო>

აღმატებოდა შესაღები მატყლის წონას. ფერს ღებვის პროცესში აკვირდებიან და ღებვას წყვეტენ სასურველი ფერის მიღების შემდეგ.

### **ღებვა ფშავ-ხევისურეთში**

#### **შავად ღებვა**

- ფშავში შავად ღებვენ თავშავით ძალასთან ერთად;
- მურყანის ქერქში ძალასთან ერთად;
- კაკლის წენგო ნაცართვალთან ერთად.

#### **ყვითლად ღებვა**

- რძიანა ბალახი შაბთან ერთად;
- თხილის ფოთოლი შაბთან ერთად;
- თუთის ფოთოლი შაბთან ერთად.

#### **წითლად ღებვა**

- ენდრო შაბთან ერთად;
- თრიმელის ფოთოლი და ნაყოფის კანი შაბთან ერთად.

#### **მწვანედ ღებვა**

- ჭინჭარი შაბიამანთან ერთად;
- ვირისტერფა შაბიამანთან ერთად;
- რძიანა ბალახი და ინდიგო ერთად;
- წართხალა შაბიამანთან ერთად.

#### **ლურჯად ღებვა**

- ლურჯი მიიღება ინდიგოთი ნაცართვალთან ერთად;
- ნაცართვალი და ლილასთან ერთად;
- ანწლი ნაცართან ერთად.

#### **ყავისფრად ღებვა**

- ყავისფრად ღებვენ ძირითადად კაკლის წენგოთი თითქმის ყველა ტონის;
- მურყანის ქერქი ნაცართან ერთად;



- იფანის ქერქიც ლეზავს ყავისფერს;
- დეკას ფოთოლი შაბთან ერთად;
- იფანი ნაცართვალთან ერთად.

### ვარდისფრად ლეზვა

- ვარდისფერი ტუხტი თეთრ შაბთან ერთად;
- კოწახურის ძირები;
- ვაშლი იელთან ერთად.

### რუხად ლეზვა

- ანწლი შაბთან ერთად;
- ყაყაჩო შაბთან ერთად;
- ხის ჭვარტლი.

ბუნებრივი საღებავებით ლეზვის დროს ძირითადად იყენებენ: ყვავილებს, ფოთლებს, ღეროებს, ხის ქერქს, ნაყოფს, იშვიათად ფესვებს<sup>114</sup>. მათი მოკრეფა-შეგროვება ისეთი რაოდენობით ხდება, რომ ლეზვისთვის განკუთვნილ მცენარეებს და ბუნებას ეკოლოგიურად არავითარი საფრთხე არ უნდა დაემუქროს.

აღსანიშნავია, რომ ძუძუანას (ჭიათურა) გამოქვაბულში მომუშავე არქეოლოგებმა, პალეოლითის ხანის ადამიანთა ნასახლარის გათხრების დროს, სელის ბოჭკოსაგან დაგრეხილი ძაფის ნაშთებს მიაკვლიეს. ეს აღმოჩენა 2009 წელს მოხდა და 2011 წელს იგი კაცობრიობის ყველაზე მნიშვნელოვანი 10 აღმოჩენის ნუსხაში შეიყვანეს<sup>115</sup>. ეს ძაფი საქართველოში მცხოვრებ ადამიანებს, დაახლოებით, 34 ათასი წლის წინ დაუგრიხავთ. დღეისათვის იგი მსოფლიოში ძაფის დამზადების უძველეს ნიმუშად ითვლება. აღმოჩენილი ძაფი შეღებილი არ ყოფილა. ლეზვა ადამიანმა მოგვიანებით დაიწყო. ჰეროდოტეს<sup>116</sup> თქმით, “კასპიის ზღვიდან დასავლეთით გადაჭიმულია კავკასიონი, სადაც მრავალი ტომი ცხოვრობს. აქ იზრდება მცენარეები, რომელთა ფოთლები თავისებური

---

<sup>114</sup>ზუგზარ მამუკაშვილი. „მატყლისა და თექის დამუშავების ტექნოლოგია“ განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნული ცენტრი. [https://agrokvkaz.ge/agroplus/matqhlis-ghebva-bunebriivi-saghebavebith-saghebavis-migheba.html?fbclid=IwAR3ucDdCfoIUUgIntR8hmLR-\\_O4kJQW8Ajb-1ENc7wk\\_n4VsB4h6f\\_uK9bQ](https://agrokvkaz.ge/agroplus/matqhlis-ghebva-bunebriivi-saghebavebith-saghebavis-migheba.html?fbclid=IwAR3ucDdCfoIUUgIntR8hmLR-_O4kJQW8Ajb-1ENc7wk_n4VsB4h6f_uK9bQ)

<sup>115</sup>ზურაბ ბაუჟაძე, წყარო: gurianews.com /სტილი დაცულია/<https://agrokvkaz.ge/agroplus/rogor-ghebavdnen-gurulebi-dzaphs-da-qsovilebs.html>

<sup>116</sup>„ისტორიის მამად წოდებული“ ბერძენი ისტორიკოსი ჰეროდოტე (ქ.შ-მდე 484-425).

მოყვანილობისაა. აქ ამ ფოთლებს ნაყავენ, ურევენ წყალს და ამით ხატავენ ტანსაცმელს. ხოლო ეს ნახატები არ ხუნდება, არამედ ცვდება დანარჩენ შალთან ერთად”.

**ჰეროდოტეს** ყურადღება ქსოვილის მტკიცედ ღებვის ტექნოლოგიისთვის მიუქცევია. ამის მტკიცებულებად კი საქართველოში, ბაგინეთში აღმოჩენილი შინდისფრად შეღებილი ქსოვილის ნაშთები გამოდგება, რომელიც ჩვენს წელთაღრიცხვამდე მე-3-მე-2 ათასწლეულით თარიღდება და სიხასხასით დღემდე აღაფრთოვანებს მნახველს.

ქსოვილისა და ძაფის ღებვა უწინ საქართველოს ყველა რეგიონში მნიშვნელოვანი საქმე იყო და თითქმის ყველგან მისდევდნენ მას. გამონაკლისი არც გურია იყო, რომლის ტერიტორიაზე გავრცელებული მცენარეულობა ბუნებრივი საღებავების უშრეტ წყაროს წარმოადგენდა. დღეისათვის შემორჩენილი ჩანაწერებითა და მასალებით, გურიაში ღებვის რამდენიმე წესი იყო გავრცელებული. ყველაზე მეტად კი ცნობები ქსოვილის პირდაპირი ღებვის ტექნოლოგიაზეა შემორჩენილი, რომლის მეშვეობითაც სხვადასხვა ტონის ყვითელ, ყავისფერ, წითელსა და მათ შორის გარდამავალი ფერის ქსოვილებს ამზადებდნენ.

**ყვითელი ფერის** მისაღებად მნიშვნელოვანი მცენარე იყო „ზაფრანა“ (ხავერდა, ყვითელი ყვავილი, იმერული ზაფრანა *tagetes pazula L.*). ძაფზე ასხმულზაფრანას მზეზე შეაჭკნობდნენ. სამი-ოთხი დღის შემდეგ მწვანე ყუნწებს მოაშორებდნენ და კარგად მოხარშავდნენ, შემდეგ გადაწურავდნენ და წვენში შაბსა და მარილს დაუმატებდნენ. ამ წვენში აბრეშუმს მოხარშავდნენ, შიგვე გააციებდნენ, მეორე დღეს კი გარეცხავდნენ. გაშრობის შემდეგ იგი ხასხასა ყვითელ ფერს იღებდა.

**ბამბის ქსოვილს ყვითლად, ცოცხის ხაზარულას (*soghum technicum Koern*) თესლით ღებავდნენ**, რისთვისაც მის მოხარშულ მარცვალს წვენს გამოუწურავდნენ და ნაწურს შესაღებად იყენებდნენ, თუმცა, ამრიგად შეღებილი ქსოვილი ან ტანსაცმელი დიდ მოწონებას არ იმსახურებდა, რადგანაც ხშირად ფერი მტკიცე არ მიიღებოდა და შედარებით მალე ხუნდებოდა. ყვითელი ფერის მისაღებად ბროწეულის ქერქი და ხახვის კანიც გამოიყენებოდა, თუმცა, მდგრადობა არც მათ აქვთ.

განსაკუთრებულ მოწონებას იმსახურებდა **ენდროთი** შეღებილი ქსოვილი, რომელიც გურიაში ცოტა იყო გავრცელებული და მას სოფლების მოსურების ღელის პირებში აგროვებდნენ ან სოფელს საჭამიასერის მიდამოებში საგანგებოდ თესავდნენ. გამხმარი ენდროს ძირებს დანაყავდნენ, წყალს დაასხამდნენ, შიგ შაბს ჩააგდებდნენ და მასში შესაღებ შალს, ბამბას და აბრეშუმს წამოადულებდნენ. ეს საღებავი ყველა ტიპის ქსოვილს ერთნაირად კარგად ეკიდებოდა.

**წითელი ფერის** მისაღებად გურიაში ჭიაფერასაც ხმარობდნენ (*Phitolacca Americana* L). საღებავად მისი წვრილი წითელი ხმელი ან ნედლი ნაყოფი გამოიყენებოდა. ნედლ მარცვალს დაწურავდნენ, ხმელს კი წყალს დაასხამდნენ, ორთავეს შაბსა და ძმარს დაამატებდნენ და მასში ქსოვილებს წამოადულებდნენ. მეორე დღეს კი გარეცხავდნენ. ჭიაფერა გურიაში უმეტესად აბრეშუმის შესაღებად იყო აღიარებული, მისგან მიღებული ფერი კი მდგრად ფერად ითვლებოდა.

**მწვანე ფერის** მისაღებად გურიაში ხეჭრელის, ლუკუმფხას (*Frangula alnus* Mill) ნედლ ნაყოფს იყენებდნენ. მის მარცვალს ხარშავდნენ და ზემოაღწერილი წესის მიხედვით ღებავდნენ. ასეთივე პირდაპირი ღებვის წესით ღებავდნენ **ყავისფრად** მუხის ქერქით, კაკლის წენგოთი, ქერქითა და ფესვით, დაფნის ფოთლითა და ქერქით, ფერის სიმტკიცით კი მუხის ქერქში შეღებილი ქსოვილი გამოირჩეოდა.

ჩამოთვლილი საღებრები **შავი ფერის** მისაღებადაც გამოიყენებოდა. შავ ფერზე ყველაზე მეტი მოთხოვნა იყო გურიაში, ისე, როგორც დანარჩენ საქართველოში. ამ ფერის მიღების საშუალებათაგან კი ყველაზე პოპულარული ნიგვზის ნაჭა, ქერქი, ლაფნის ფოთოლი, მუხისა და ბროწეულის ქერქი და **მინერალი მიწანელა (ოხრა)** გამოიყენებოდა, რომელიც ფერს სიმაგრესა და სიმტკიცეს მატებდა.

ოხრას გურიაში ბევრგან მოიპოვებდნენ, მაგრამ ნაგომრისა და სურების ოხრის საბადოები კუსტარული დამუშავების ყველაზე მნიშვნელოვანი ადგილი იყო. ფაქტობრივად, მიწანელის გამოყენების გარეშე მტკიცე შავი ფერის მიღება არ ხდებოდა და რაც არ უნდა მცენარეული საღებავი გამოიყენებინათ, ოხრა აუცილებელი ინგრედიენტი იყო.

შავი ფერი ყველაზე რთულად მისაღები ფერი იყო. ოხრასთან ერთად ყველაზე ხშირად ლაფნის ფოთოლი ან ქერქი გამოიყენებოდა, რომელსაც კარდალში მოხარშავდნენ წვენი გაშავებამდე. ამ წვენს ძმარში დამჟავებულ რკინის ნაყენს დაუმატებდნენ და ქსოვილს შიგ ჩატოვებდნენ. მეორე დღეს კარგად გარეცხავდნენ.

### **საღებავები და ღებვის მეთოდები**

რა არის საღებავი? ეს არის კომპოზიცია (ძირითადად, წყალში ხსნადი ნივთიერებების ბაზაზე), რომელიც შეიცავს მღებავ ნივთიერებებს (საღებრებს) და დამხმარე ქიმიკატებს და უნარი აქვს ფერი შეუცვალოს ქსოვილს. ქსოვილების ღებვისა და ჩითვისათვის ორი ჯგუფის საღებრები გამოიყენება: ბუნებრივი და სინთეზური.

**ბუნებრივი საღებრები (პიგმენტები)** ბუნებაში არსებული ფლორის, ფაუნისა და მინერალების ბაზაზე მზადდება.

საქართველოს მდიდარ ბუნებაშიც მრავლად მოიპოვება სხვადასხვაფერის ბუნებრივი პიგმენტების წყაროები. ჩვენ ქვეყანაში სამღებრო საქმე რამდენიმე საუკუნის წინ იყო ცნობილი და დღესაც საქართველოს რეგიონებში, როგორცაა ქიზიყი, კახეთი, თიანეთი, თუშეთი, ხევსურეთი, ხევი, ქართლი, ჯავახეთი, იმერეთი, რაჭა, ლეჩხუმი, სვანეთი, სამეგრელო შემორჩენილია პაპისეული ღებვის ტექნოლოგიები<sup>117</sup>, რომლის დროსაც, ძირითადად, მცენარეულ საღებრებს იყენებენ. ამასთან, სხვადასხვა რეგიონში საღებრის მომზადების და მასალის ღებვის ტექნოლოგიები განსხვავებულია, მიუხედავად იმისა, რომ ერთიდაიგივე მცენარეებს იყენებენ.

**მცენარეული საღებრები** – მცენარეებით შეღებვის მეთოდი უძველესი დროიდანაა ცნობილი. ბუნებრივი მცენარეული საღებრების მიღება შეიძლება მცენარეების ყვავილების, ნაყოფების, ღეროების, ფესვების, ქერქისაგან. მათი ქიმიური შედგენლობა და შესაბამისად, ფერი დამოკიდებულია ბევრ ფაქტორზე. ესენია: მცენარის ასაკი, ზრდისადგილი, ნიადაგის შემადგენლობას, ვეგეტაციის პერიოდში ამინდის პირობები და მცენარეების შეკრების დრო. ახლად გაფურჩქნული ყვავილი უფრო კაშკაშა ფერებს იძლევა, ვიდრე დიდი ხნის გაშლილი. ყვავილებს ახალგაფურჩქნულს კრეფენ, ქერქს – გაზაფხულზე, როდესაც ის ადვილად ცილდება ხეს, ფესვებს – ან მცენარის ყვავილობამდე, ან გვიან შემოდგომაზე. ახლად მოკრეფილი მცენარის ხსნარში შეღებვით მიღებული ფერები უფრო ინტენსიურია, ვიდრე გამხმარი მცენარეების გამოყენებისას.

თუ აუცილებელია მცენარეების გახმობა, ეს უნდა მოხდეს ჩრდილში, რათა მცენარემ შეინარჩუნოს ბუნებრივი ფერი. ფესვებს გახმობის წინ რეცხავენ. გამხმარი მცენარის შენახვა ჭერთან ჩამოკიდებულ ან სხვა მშრალ ადგილზე მოთავსებულ დახურულ ჭურჭელში შეიძლება.

ქვემოთ მოტანილია მცენარეების გამოყენებით ამა თუ იმ ფერის მიღების შესაძლებლობა.

**შავად შესაღებად:** მთაში გამოიყენება თავშავა და ძალა; ბარში – წენგო და ძალა, თრიმლის ფოთოლი, ლაფანი და კაკლის წენგო და ძალა, დეკას ფოთლი, შავბალახა, თავშავა, ანწლის ნაყოფი, ბროწეულის ქერქი, ნიგვზის ხის კანი.

**ყვითლად შესაღებად:** მთაში – ფიჭვის ხის ხავსი, ლოლოს ძირი და დეკას ფოთლები; ბარში – ვაშლის ხის ქერქი, თრიმლის ქერქგაცლილი ხე, კოწახური, მუხის კანი, კაკალი, ქარაგოზი რძიანათი, თხმელის კანი.

---

<sup>117</sup> სახელმძღვანელო „დეკორატიული-გამოყენებითი ქსოვილების სამყარო“ - <http://tetnuldi.edu.ge/wp-content/uploads/2018/10/studentis-saxelmdzgvanelo-dekoratiuli-ksovilebis-samkaro-1.pdf>

**წითლად შესაღებად:** ენდროს გარე კანის მომდევნო კანი (მუქი წითელი), ენდროს გული (ლალი წითელი), თხმელა, ტყემლის ან მუხის კანი.

**ნარინჯისფრად შესაღებად:** თრიმლის გული, ნარინჯის ხის ქერქი.

**მწვანედ შესაღებად:** მყრალა ბალახი, წართხლი, ვერხვის ან არყის ფოთლები, კენკრა, ატმის ფოთოლი, ჭინჭარი, ვირისტერფასბალახი, ლუკუხი, კაკალი.

**ყავისფრად შესაღებად:** კაკლის წენგო, ხახვის გარეკანის ფურცლები, ლაფანის კანი.

**ლურჯად შესაღებად:** ანწლი, კაკალი. განვიხილოთ ოგიერთიმცენარე, რომლისგანაც შეიძლება საღებრის მიღება. კარტოფილის ფოჩვები - კარტოფილის ზედა ფოთლებს გულდასმით აქუცმაცებენ, ასხამენ რბილ წყალს (შეიძლება წვიმის წყალი), უმატებენ კალის ფერმჭერს, აურევენ ერთმანეთს და ადულებენ ნელ ცეცხლზე. ამ ხსნარში შეღებილ მასალა საქვს **ლიმონისფერი**.

კალის ფერმჭერის ნაცვლად თუ გამოიყენებენ რკინის აჯასპს, მიიღებენ **მუქ-მწვანე ფერს**. გულყვითელა (კალენდულა) – თუმის ნახარშს დაუმატებენ ალუმინის შაბს, შალზე და აბრეშუმზე მიიღებენ **ნარინჯისფერს**.

**თავშავა** - გამოიყენება მისი ფოთლები, ყვავილები და ღეროები, რასაც ქუცმაცებენ, ხარშავენ და ამატებენ რკინის აჯასპს. მიიღება **შავი ფერი**.

**რევანდი** - სპილენძის აჯასპთან ერთად იძლევა **მუქ-მწვანე ფერს**.

**თავიანი ხახვი** - გამოიყენება გარე ფურცლები. ალუმინის შაბის დამატებით მიიღება **მუქი ყვითელი ფერი**, რკინის აჯასპის გამოყენებისას - **მუქი მწვანე ფერი**.

შეიძლება **ფერმჭერების** გარეშე ღებვაც. ამისთვის ხახვის ფურცლებს საღამოს ასხამენ რბილ ან წვიმის წყალს და აჩერებენ დილამდე. შემდეგ ნახარშში დებენ ნართს ან ქსოვილს და ადულებენ 2 საათს დაბალ ცეცხლზე. მიიღება **ნარინჯისფერი**.

**ჭინჭარი** - ახალი ფოთლების მასალა **მწვანე ფერში** ღებავს, თუ ფერმჭერად ალუმინს გამოიყენებენ. გამხმარი ფოთლების შემთხვევაში მიიღება **ყვითელი ფერი**, კალიუმის ბიქრომატის ფერმჭერად გამოყენებისას - **მოოქროსფერო ფერი**.

**ცხენის მჟაუნმჟავა** - ალუმინის შაბთან ერთად იძლევა **მუქ წითელ ფერს**, სპილენძის აჯასპთან - რძისფერს, რკინის აჯასპთან - **ყავისფერს**.

**ჯანგა** - მასში ძირითადად აბრეშუმსა და შალს ღებავენ. ფესვებისაგან მიღებულ ექსტრაქტში ათავსებენ რკინის ამონიუმის შაბში წინასწარ დამუშავებულ ქსოვილს ან სხვა

მასალას. მიიღება **ლურჯი ფერი**. **ალუმო-კალიუმის შაბით** დამუშავების შემდეგ მასალა ყვითელ ფერს იღებს.

**გვირილა** - ალუმო-კალიუმის შაბით კაშკაშა ყვითელ ფერს იძლევა.

**ლურჯი ღიღილო (ნარცეხლა)** - რკინის აჯასპთან ერთად **ლურჯ ფერს** იძლევა, ხოლო ღიღილოს ფერის მისაღებად უმატებენ ძმარმჟავას.

**აბზინდა** - მასალას ყვითელ მწვანე ფერებში ღებავს. ექსტრაქტში დამუშავების შემდეგ მასალის ალუმო-კალიუმის შაბის ხსნარში მოთავსებით **ლიმონისფერ-ყვითელ ფერად** იღებება, ქრომის შაბში მოთავსებით - **მწვანე ფერში**.

**ფარსმანდუკი** - წინასწარ მასალა უნდა გაიჟღინთოს რკინის აჯასპში, მიიღება **ყვითელი ფერი**. **მწვანე ფერის** მისაღებად ქსოვილი ჯერ უნდა ადულდეს მცენარის ნახარში, ხოლო შემდეგ დამუშავდეს **ქრომის შაბში**.

**ყვითელი ძიძო** - ღებვის წინ მასალას ამუშავებენ ან **ალუმო-კალიუმის შაბის** ხსნარში, ან კალის ფერმჭერში. მიიღება გაჯერებული **ყვითელი ფერი**.

**შალგი** - ღებვის წინ მასალას ამუშავებენ ანალუმო-კალიუმის შაბის ხსნარში, ანკალის ფერმჭერში მიიღება **ყვითელი ფერი**.

**ვერბენა** - შალს და მცენარეულ ბოჭკოებს ღებავს **ყავისფერში**. საღებავს ამაგრებდნენ რკინის აჯასპში დამუშავებით.

**სელი** - სელი ღებავს ყვითელ ფერში. საღებრებს ამაგრებენ ალუმო-კალიუმის შაბის ხსნარში ან კალის ფერმჭერში დამუშავებით.

**მრავალძარღვა** - მასალას **რუხ ცისფერში** ღებავს. ფერმჭერად იყენებენ **რკინა-ამონიუმის შაბს**.

**ორკბილა** - ორკბილას ყვავილების ექსტრაქტში ღებვისა და **ალუმო-კალიუმის შაბის** ხსნარში დამუშავების შემდეგ მიიღება **მოყვითალო - ნარინჯისფერი**. ღებავენ ძირითადად აბრეშუმს, შალს და ბამბას. ფოთლების ნახარში სპილენძის აჯასპთან ერთად იძლევა კრემისფერს, ხოლო რკინის აჯასპთან - **მუქ ყავისფერს**.

**ენდრო** - შეუძლია წითელი ფერის ათეულობით ელფერის მოცემა. გამოიყენება ენდროს ფესვები. მათ აქუცმაცებენ, ხარშავენ რამდენიმე საათს. შალის ნართს წინასწარ ამუშავებენ **შაბის ხსნარში**, **შეამჟავებენ** და ამის შემდეგ ჩადებენ მცენარის ნახარში. ფესვების ნახარში შალსა და ბამბას **მოწითალო-მოყავისფრო** ფერებში ღებავს, ხოლო ყვავილების ნახარში - **მოყვითალო-მომწვანო** ფერში.

როგორც ვხედავთ ფერთა პალიტრა არ არის მრავალფეროვანი და მცენარეების გამოყენებით ძირითადად შემდეგი ფერები მიიღება<sup>118</sup>:

- **წითელი** - ენდრო (ფესვები), ენდრო (ღეროები და ყვავილები), მჟაუნმჟავა ცხენის (თესლი);
- **ნარინჯისფერი** - კალენდულა (ფოთლები), ორკილა (ყვავილი), ხახვი (ფურცლები);
- **ყვითელი** - გვირილა (ყვავილი), ჭინჭარი (მშრალი ფოთლები, ფესვები), პრასი (ფოთლები და ღეროები), მამულა (ფოთლები), ფარსმანდუკი (ფოთლები), ძიძო (ყვავილები), შალგი (ყვავილები), სელი (ყვავილები), ასფურცელა (ყვავილები), კარტოფილის ფოჩვები;
- **მწვანე** - ჭინჭარი (ფოთლები), მამულა (ფოთლები), ფარსმანდუკი (ფოთლები), კარტოფილის ფოჩვები;
- **შავი და რუხი** - თავშავა (ღეროები), ვერბენა (ფოთლები, ფესვები, ღეროების ქერქი);
- **კრემის და რძისფერი** - ორკილა (ფოთლები), მჟაუნმჟავა ცხენის (ფესვები და ყვავილები).

### **ბუნებრივი საღებრებით კოლორირების თავისებურებანი**

ბუნებრივი საღებრების მიღება შესაძლებელია მცენარეთა ღეროების, ფოთლების, ნაყოფის, ქერქის, ფესვებისაგან. გამოიყენება როგორც ცოცხალი მცენარეები, ასევე გამხმარი. ცოცხალი მცენარეებით ღებვისას უფრო კაშკაშა და ინტენსიური შეფერილობა მიიღება. გახმობისას, მცენარეებს ბნელ ადგილას ინახავენ, რათა შენარჩუნებულ იქნას ფერის ბუნებრივი შეფერილობა. საღებრის ექსტრაქცია შესაძლებელია რბილ წყალში დუღილით, ხისტ წყალში მღებავი ნივთიერება შესაძლოა გამოილექოს. საღებრის ხსნარის მისაღებად მცენარეს აქუცმაცებენ, ასხამენ თბილ წყალს და აყოვნებენ 30-35 წთ. (100 გრ. მცენარეზე 1-2 ლიტრი წყალი).

საღებრის სრული გამოყოფისათვის ამატებენ მცირე რაოდენობით სოდას (1 ჩაის კოვზი 1 ლიტრ წყალში). ნარევეს ადუღებენ ნელ ცეცხლზე 1,5 საათის განმავლობაში, დრო და დრო ურევენ. ექსტრაქტს გამოწურავენ, მცენარის ნარჩენს კიდევ ერთხელ ასხამენ წყალს და ადუღებენ 1 საათის განმავლობაში. შემდეგ ორივე ხსნარს ურევენ ერთმანეთში და აყოვნებენ გარკვეული პერიოდის განმავლობაში. თანაბარი, ბრწყინვალე შეფერილობის მისაღებად საფეიქრო მასალა წინასწარ გულმოდგინედ უნდა გასუფთავდეს. ცუდად გარეცხილი საფეიქრო მასალა უთანაბროდ იღებება. რეცხვისა და ღებვისათვის აუცილებელია ემალირებული ჭურჭლის გამოყენება, რათა ადგილი არ ექნეს შეფერილობის ცვლილებას. რეცხვისათვის იყენებენ სარეცხ საპონს. სარეცხ ხსნარს ცვლიან 2-4-ჯერ, სარეცხი ხსნარი არ უნდა იყოს ძალიან ცხელი.

<sup>118</sup> იქვე, გვ. 118-120.



რუხი ფერის საფეიქრო მასალის შეღებვისას საჭიროა მისი წინასწარი გამოთეთრება. საპონში რეცხვისა და გამოთეთრების შემდეგ დამატებით ირეცხება თბილ და შემდეგ ცივ წყალში. ბუნებრივი საღებრების დამაგრებისთვის ფერმჭერებს იყენებენ. ფერჭერის გარეშე საფეიქრო მასალა ხორცისფერი ან ღია ყავისფერია. სხვადასხვა ფერჭერის შემთხვევაში ერთი და იგივე მცენარის საღებარი სხვადასხვა შეფერილობას იძლევა.

ღია ფერის ტონის მისაღებად იყენებენ შაბს, მუქი ფერების ქრომის ფერმჭერს, რკინის აჯასპს ან შაბიაბანს. ზოგჯერ ფერმჭერად მარილის, ძმრის, არყის ხის ნაცარს, მჟავე კომბოსტოს წვეწვსაც იყენებენ.

**ფერის დაჭერის სამი ხერხი არსებობს.** ყველაზე მარტივია, როცა ფერმჭერი და საღებარი ერთდროულადაა ხსნარში (ერთფაზიანი მეთოდი). ასე მაგალითად, 100 გრ. საფეიქრო მასალის შესაღებად 2-3 ლიტრ წყალზე იღებენ 4 გრ. შაბს, 1 გრ. შაბიაბანს ან 0,5 გრ. რკინის აჯასპს. ფერმჭერის ხსნარს ურევენ საღებრის ხსნარში და ღებავენ მასში. ერთი ფერით სხვადასხვა ელფერის მიღება შეიძლება კონცენტრაციის, ტემპერატურისა და დამუშავების დროის ვარირებით.

ბუნებრივი საღებრების დამაგრებისთვის ფერმჭერებს იყენებენ. ფერჭერის გარეშე საფეიქრო მასალა ხორცისფერი ან ღია ყავისფერია. სხვადასხვა ფერჭერის შემთხვევაში ერთი და იგივე მცენარის საღებარი სხვადასხვა შეფერილობას იძლევა. ღია ფერის ტონის მისაღებად იყენებენ შაბს, მუქი ფერების ქრომის ფერმჭერს, რკინის აჯასპს ან შაბიაბანს.

ზოგჯერ ფერმჭერად მარილის, ძმრის, არყის ხის ნაცარს, მჟავე კომბოსტოს წვეწვსაც იყენებენ. ფერის დაჭერის სამი ხერხი არსებობს. ყველაზე მარტივია, როცა ფერმჭერი და საღებარი ერთდროულადაა ხსნარში (ერთფაზიანი მეთოდი). ასე მაგალითად, 100 გრ. საფეიქრო მასალის შესაღებად 2-3 ლიტრ წყალზე იღებენ 4 გრ. შაბს, 1 გრ. შაბიაბანს ან 0,5 გრ. რკინის აჯასპს. ფერმჭერის ხსნარს ურევენ საღებრის ხსნარში და ღებავენ მასში სველ საფეიქრო მასალას.

დუღილამდე საფეიქრო მასალას სისტემატიურად ურევენ, ხსნარი მთლიანად უნდა ფარავდეს მას, ადუღებენ ნელ ცეცხლზე 1 საათის განმავლობაში. მეორე ხერხია ფერმჭერში წინასწარი დამუშავება. ფერმჭერს ხსნიან წყალში და შემდეგ მასში ადუღებენ საფეიქრო მასალას 15-20 წთ-ს. ამის შემდეგ საფეიქრო მასალა გადააქვთ საღებრის ცივ ხსნარში და ადუღებენ 45-60 წთ-ის განმავლობაში. ფერმჭერში დამუშავებისა და ღებვის შემდეგ საფეიქრო მასალის გაწურვა არ შეიძლება, რადგან ის შეფერილობის აჭრელებას იწვევს.

კიდევ ერთი ხერხია ფერმჭერში ღებვის შემდგომი დამუშავება: საფეიქრო მასალას ღებავენ საღებრის ხსნარში დუღილის პირობებში დაახლოებით 1 სთ-ის განმავლობაში და შემდგომ უმატებენ ფერმჭერს და კიდევ ადუღებენ 30 წთ-ის განმავლობაში.

ფერმკერში დამუშავების სხვადასხვა ხერხი ზემოქმედებას ახდენს შეფერილობაზე. წინასწარ დამუშავებისას შეფერილობა უფრო მუქი და ინტენსიურია. შეღებილ საფეიქრო მასალას ტოვებენ ხსნარში გაცივებამდე, შემდეგ ავლებენ თბილ წყალში. შრობისათვის წინასწარ მსუბუქად გაწურავენ.

ბუნებრივი საღებრების გამოყენება შეზღუდულია, ვინაიდან მათი გამოყენებით შეუძლებელია მრავალფეროვანი ნახატის მიღება. მრავალფეროვანი ნახატების მისაღებად შეუცვლელია **სინთეზური საღებრები**<sup>119</sup>.

### სინთეზური საღებრები

ორგანული სინთეზის მეთოდებით მიღებულ ნივთიერებებს, რომელთაც სხვადასხვა მასალების შეღებვის უნარი აქვთ, სინთეზური საღებრები ეწოდება. სინთეზური საღებრების წარმოება XIX საუკუნეში დაიწყო და დღეისათვის ასეულობით სხვადასხვა საღებარია სინთეზირებული.

### საღებრების კლასიფიკაცია

ძველად, როცა საღებარი ნივთიერებები მცირე რაოდენობით იყო და მათი ქიმიური შემადგენლობა კი - უცნობი, მათი კლასიფიკაცია **წარმოშობის მიხედვით** ხდებოდა. ეს იყო მინერალური, მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის საღებრები. ორგანული ქიმიის განვითარების შედეგად საღებართა დიდი რაოდენობა დაგროვდა, რამაც საღებრების ახალი კლასიფიკაცია მოითხოვა.

**ქიმიური და ტექნიკური კლასიფიკაცია** – ქიმიურ კლასიფიკაციას საფუძვლად უდევს საღებრების აღნაგობა, მათი ქრომოფორული თვისებები. ქიმიური კლასიფიკაცია მოსახერხებელია იმათთვის, ვინც საღებრებს აწარმოებს და შეისწავლის, მაგრამ მოუხერხებელია იმათთვის, ვინც საღებრების მომხმარებელია.

საღებრის მომხმარებელს აინტერესებს საღებრის ექსპლუატაციასთან დაკავშირებული თვისებები, როგორცაა ხსნადობა, დისპერსიულობა, დისპერგაციის ხარისხი, ბოჭკოსადმი სწრაფვის უნარი და მრავალი სხვა. ყოველივე ეს აისახება საღებრების ტექნიკურ კლასიფიკაციაში.

**ტექნიკური კლასიფიკაციის მიხედვით** საღებრები ძირითადად 2 ჯგუფად იყოფა:

- წყალში ხსნადი;

<sup>119</sup> იქვე გვ. 123-125.

- წყალში უხსნადი საღებრები.

### წყალში ხსნადი საღებრები

**მჟავური საღებრები.** სახელწოდება უკავშირდება იმ ფაქტს, რომ ისინი ქსოვილებს მჟავე არეში ღებავენ. მჟავური საღებრები ღებავენ ცილოვან ბოჭკოებს (შალს და აბრეშუმს) და ასევე სინთეზურ პოლიამიდურ ბოჭკოებს. ღებვას აწარმოებენ მჟავე არეში მინერალური ან ორგანული მჟავების თანაობისას, ზოგჯერ მჟავას მაგივრად მჟავე მარილებს იყენებენ. ეს საღებრები არ ღებავენ ცელულოზურ ბოჭკოებს (ბამბა, სელი, ჯუტი, კანაფი, სიზალი და სხვა).

**ფუძე (კათიონური) საღებრები** წარმოადგენენ წყალში ხსნად ორგანული ფუძეების მარილებს. ეს საღებრები ღებავენ ცილოვან, სინთეზურ და პოლიაკრილონიტრილის ბოჭკოებს. ფუძე საღებრები არ ღებავენ ცელულოზურ ბოჭკოებს.

**ფერმჭერული საღებრები.** ეს საღებრები ფართოდ გამოიყენებიან შალის და ბეწვის შესაღებად. ღებვის პროცესი ხანგრძლივი და რთულია, ამიტომ მათ ბამბის ღებვისათვის არ იყენებენ.

**პირდაპირი საღებრები.** ამ საღებრებს აქვთ სწრაფვა ცელულოზის მიმართ. პირდაპირი საღებრები უშუალოდ, სხვა კომპონენტების დამატების გარეშე, ღებავენ ბუნებრივ ცელულოზურ და ჰიდრატცელულოზურ ბოჭკოებს, ასევე ცილოვან (ნატურალურ აბრეშუმს) დაზოგიერთ სინთეზურ ბოჭკოს. ამიტომ მათ პირდაპირ საღებრებს უწოდებენ.

**აქტიური საღებრები.** აქტიურ საღებრებს ცელულოზური, ცილოვანი და ზოგიერთი სინთეზური ბოჭკოების შესაღებად იყენებენ. აქტიურს იმიტომ უწოდებენ, რომ ისინი სხვადასხვა აქტიურ ჯგუფებს შეიცავენ, რომელთა მეშვეობითაც მტკიცე კავშირებს ამყარებენ ბოჭკოს სტრუქტურასთან, რის გამოც მიღებული შეფერილობა მდგრადია.

### წყალში უხსნადი საღებრები

**კუბური საღებრები.** კუბური საღებრებით ღებვა დიდ ჩანებში - კუბებში ხდებოდა, აქედან მომდინარეობს მათი სახელწოდება. წყალში უხსნად საღებრებს წარმოადგენენ. კუბური საღებრები, ძირითადად, ცელულოზური ბოჭკოების შესაღებად გამოიყენება. ზოგიერთი კუბური საღებარი ცილოვან ბოჭკოებსაც ღებავენ.

**გოგირდოვანი საღებრები** მხოლოდ ცელულოზის შესაღებად გამოიყენება.

**დისპერსიული საღებრები** წარმოადგენენ წყალში უხსნად ან მცირედხსნად საღებრებს, რომლებიც დებავენ ჰიდროფობურ ბოჭკოებს (აცეტატური, სინთეზური) წყლიან დისპერსიებიდან.

**პიგმენტები და ლაქები.** გამოიყენებიან ყველა სახის ბოჭკოების ლევისა და ჩითვისათვის. პიგმენტების დაამაგრება მასალაზე სპეციალური შემაკავშირებლების მეშვეობით ხორციელდება.

**საღებრები, რომლებიც ბოჭკოზე მათი ლევის პროცესში წარმოიქმნებიან.** ამ ჯგუფს განეკუთვნება აზოგენები – ანილინური შავი და მისი ანალოგები. გამოიყენებიან, ძირითადად, ცელულოზური მასალების ლევისას.

### **საღებრების გამოსაშვები ფორმები**

საღებრის ძირითადი გამოსაშვები ფორმებია ფხვნილები და საცხები (ე.წ. „პასტები“). ფხვნილები მოსახერხებელია ტრანსპორტირებისა და შენახვისათვის, რადგანაც არ შეიცავენ წყალს, არ არის გაყინვის საშიშროება. საცხები, როგორც წესი, მოსახერხებელია ლევისათვის, რადგან ამ შემთხვევაში საღებრებს არ აშრობენ, შრობის პროცესში კი ხდება საღებარის ნაწილაკების დეჰიდრატაცია და აგრეგაცია. ეს მოვლენები აუარესებენ საღებარის შესველების და ხსნადობის უნარს, ხსნარების მდგრადობას და სხვა თვისებებს, რომლებსაც უდიდესი მნიშვნელობა აქვთ ლევის პროცესისათვის.

საღებარის ერთ–ერთი უმნიშვნელოვანესი მახასიათებელია მისი ნაწილაკების დისპერსულობის ხარისხი. ეს მახასიათებელი დამოკიდებულია ქსოვილის ბოჭკოვან შემადგენლობასა და შესაბამისად, ლევის ტექნოლოგიაზე. განსაკუთრებული მნიშვნელობა აქვს საღებარის ფხვნილებსა და პასტებში დამხმარე, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების შერევას. ეს ნივთიერებები აადვილებენ ფხვნილების დასველებასა და ხსნადობას, უზრუნველყოფენ საცხების/პასტების გამძლეობას და ერთგვაროვნებას. საღებარის ფხვნილების არსებითი ნაკლია მათი გაფრქვევა, რაც საღებარის დანაკარგებს იწვევს და ამძიმებს შრომის სანიტარულ პირობებს. ამ ნაკლის აღმოსაფხვრელად ფხვნილებს უმატებენ სილიკონურ სითხეებს ან მინერალურ ზეთებს. 1–2 % ასეთი ნივთიერების დამატების შემდეგ გაფრქვევა 10–40 ჯერ მცირდება.

გაფრქვევის აღსაკვეთად მეორე საშუალებაც არსებობს – საღებრის დამზადება გრანულების სახით. გრანულების უპირატესობაა ის, რომ ისინი იტკეპნებიან, გაადვილებულია მათი დოზირება, შესველება (დალბობა) და სუსპენზირება. გრანულები მიიღება საწყისი საცხისგან/პასტისგან და შეიცავს 10–30 % ტენს. უკანასკნელ პერიოდში სულ უფრო დიდი რაოდენობით ხდება საღებრების სტაბილური კონცენტრირებული ხსნარების სახით გამოშვება. განსაკუთრებით ფართოდ გამოიყენება კათიონური საღებრების კონცენტრირებული ხსნარები პოლიაკრილონიტრილურ ბოჭკოებისათვის.

#### თავი 4

ჭკვიანი მასალების შექმნის მახასიათებლები და მათი მუშაობის პრინციპები, პრაქტიკაში გამოყენების შესაძლებლობა; ადაპტაციური მართვა; smart-კონსტრუქციის გაჩენა; ადაპტაციის იდეა; smart-მასალები; smart-კონსტრუქცია და ინტელექტუალური კონსტრუქცია; ტერმინები: ინტელექტუალური, ადაპტური, აქტიური, მგრძობიარე, მეტამორფული კონსტრუქციები და/ან მასალები და/ან სისტემები; ინტელექტუალობა; სიბრძნე/რაციონალურობა; სისტემა - კომპონენტების ერთობლივი მუშაობა საერთო მიზნის მისაღწევად; მეტამორფული - სერიოზული გარდაქმნები; აქტუატორები (შემსრულებელი მექანიზმები); smart-ტექნოლოგიები.

---

#### ჭკვიანი მასალების შექმნის მახასიათებლები და მათი მუშაობის პრინციპები, ასევე აღნიშნულის პრაქტიკაში გამოყენების შესაძლებლობანი

კაცობრიობის ხანგრძლივი ისტორიის განმავლობაში, მასალები ადამიანის მიერ მხოლოდ გამოიყენებოდა ვიდრე იქმნებოდა. სამეურნეო და საბრძოლო იარაღები კეთდებოდა და თავშესაფრები შენდებოდა ხელმისაწვდომი მასალებისგან, მაგრამ ამ მასალების ფუნდამენტური ბუნება არ იცვლებოდა.

ადამიანთა ცივილიზაციის განვითარებამ გააჩინა ჯერ საჭიროება და შემდეგ შესაძლებლობა, შექმნილიყო ისეთი მასალები, რომლებიც დააკმაყოფილებდნენ გარკვეულ მოთხოვნებს - ასე გაჩნდა ბრინჯაო, ფოლადი, შეღებილი ქსოვილი, კერამიკა და სხვა, თითოეული ამ მასალისთვის საწყისი ნედლეული შეიკრიბა და დამუშავდა ისე, რომ მიღებული იქნა ახალი მასალები საჭირო თვისებების სპეციალური მახასიათებლებით.

მეოცე საუკუნეში საბუნებისმეტყველო (ფიზიკა, ქიმია, ბიოლოგია) მეცნიერებების სწრაფმა განვითარებამ ფართო თეორიული საფუძველი შექმნა არსებული ბუნებრივი მასალების თვისებების ახსნისა და ახალი, ხელოვნური მასალების შესაქმნელად, ხოლო მძლავრი კომპიუტერების გაჩენამ შესაძლებელი გახადა ამ ბაზის გარდაქმნა პრაქტიკული კონსტრუქციების და დამზადების საწარმოო ტექნოლოგიების სხვადასხვა მეთოდოლოგიად, ახალი მასალების საწარმოებლად.

კაცობრიობის გამორჩეული თვისება იყო მისი სურვილი ეკონტროლებინა გარემო პირობები, რათა ცხოვრება უფრო კომფორტული ყოფილიყო. თითქმის მთელი ისტორიის მანძილზე კაცობრიობა იყო ამგვარი მმართველობის (აქ იგულისხმება გარემო პირობების კონტროლი) მთავარი ელემენტი.

რაც უფრო რთული მექანიზმები და სტრუქტურები იქმნებოდა, აშკარა ხდებოდა არაბიოლოგიური მექანიზმების კონტროლის აუცილებლობა, გარემოს მდგომარეობიდან გამომდინარე, ავტომატურ რეჟიმში - თავად ადამიანის მონაწილეობის გარეშე.

უმველესი მართვის სისტემის ერთ-ერთი მაგალითია **საზღვაო ღუზა**, რომელიც გამოიყენებოდა (და დღესაც აქტუალურია) მცურავი გემების შესანარჩუნებლად ზღვის ტალღებზე ქარიშხლიან ამინდში.

მე-19 საუკუნემდე მანქანების და მათთან დაკავშირებულ კონტროლის სისტემები შეზღუდული სირთულის იყო. როდესაც ინდუსტრიული რევოლუციის დროს სწრაფად განვითარდა დიდი და მძლავრი მანქანები, ერთდროულად დაიწყო მართვის მექანიკური ადაპტაციური ელემენტების შექმნა. ასეთი კონტროლის მარტივი მაგალითია გამონაბოლქვის სარქველი, რომელიც ხელს უშლის ორთქლის ძრავებში ზღვრული წნევის ზღვრების მიღწევას და ორთქლის ქვაბის აფეთქებას.

ამჟამად, **ადაპტური მართვის** სფერო ძალიან სწრაფად გაფართოვდა, ძირითადად კომპიუტერის გამოგონების გამო. მექანიკური სისტემების რთული მოდელები ახლა შეიძლება გამოყენებულ იქნას მართვის კანონების განსაზღვრისა და განხორციელებისათვის.

ციფრულ კომპიუტერზე დამოკიდებულების გამო, **ადაპტაციური მართვის** კვლევა მხოლოდ თანამედროვე ეპოქაში გახდა შესაძლებელი. მეოცე საუკუნის მეორე ნახევრიდან მოყოლებული, მეცნიერებმა დაიწყეს ელექტრონული მოწყობილობების შექმნის გზების ძიება, რომლებსაც შეეძლებოდათ პრობლემების გადაჭრა ადამიანების მსგავსად. მაშინ ჩანდა, რომ ასეთ მოწყობილობებს „ხელოვნური ინტელექტი“ უნდა ჰქონოდათ.

იმ დროს გამოგონილი ციფრული კომპიუტერი თავდაპირველად არ იყო შესაფერისი ამ ტიპის კვლევისთვის. ადრეული კომპიუტერების ალგორითმები ასახავს მათ შიდა ფიქსირებულ არქიტექტურას და იყენებდნენ წრფივი სერიული მონაცემების დამუშავებისას. ალგორითმები დაპროგრამებული იყო კომპიუტერის ძირითადი საოპერაციო ინსტრუქციების გამოყენებით, მანქანურ ენაზე და მიზნად ისახავდა რიცხვითი მონაცემების დიდი მასივების დამუშავებას.

კომპიუტერის, როგორც ხელოვნური ინტელექტის განხორციელების ინსტრუმენტად გამოსაყენებლად, შემუშავდა მაღალი დონის სიმბოლური ენები და შეიქმნა პარალელური კომპიუტერების (და ალგორითმების) ახალი არქიტექტურები ნეიროლოგიური შესაძლებლობებით. ამის შედეგი იყო კომპიუტერზე დაფუძნებული სისტემები, რომლებიც იყენებდნენ **რეკურსიულ არაწრფივ მეთოდებს** ადაპტირებისთვის და საკუთარი კომპიუტერული არქიტექტურის **გადაკონფიგურირებისათვის** (ანუ ხელახალი კონფიგურირებისათვის), რაც განპირობებულია გარემოში არსებული ცვლილებებით.

ტექნოლოგიური ევოლუციის მთავარი იდეა, რომელიც იწვევს „**ჭკვიანი**“ ანუ ე. წ. **Smart-კონსტრუქციის** გაჩენას, არის **ადაპტაციის იდეა**. ასეთი სტრუქტურების ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებელია ის, რომ ისინი ადაპტირდება ცვალებად პირობებთან. ადაპტირებული მასალები, ადაპტური გამოთვლები და ადაპტური მართვის სისტემები ყველა წარმოადგენს სრულყოფილ სფეროებს ე. წ. **Smart-კონსტრუქციის** კვლევის ფარგლებში.

ზოგადად, **smart-კონსტრუქციები** უნდა შეიცავდეს ელემენტებს, რომლებიც დამზადებულია გარკვეული მასალებისგან, რითაც უზრუნველყოფილი უნდა იყოს შემდეგი პირობები:

- მთლიანი სტრუქტურის თვისებების შეცვლა, როგორც მთლიანობაში, სხვადასხვა ფიზიკური ბუნების გარე ველების გავლენის ქვეშ (ელექტრული, მაგნიტური, ტემპერატურა და ა. შ.);
- ობიექტის მდგომარეობის შესახებ მონაცემების შეფასება და მოქმედების შესახებ გადაწყვეტილების მიღება (ასეთ სტრუქტურებზე კვლევის ფარგლებში შემუშავებული გამოთვლითი მეთოდებით);
- განსაზღვროს და შეასრულოს სწორი მოქმედება (ცოდნის ან შესაბამისი მართვის კანონების საფუძველზე).

**ადაპტაციის უნარი** არ იქმნება მხოლოდ სტრუქტურული ორგანიზაციის უმაღლეს დონეზე, ის ასევე შეიძლება იყოს წარმოდგენილი ძირითადი მასალის დონეზეც, საიდანაც მზადდება **smart-კონსტრუქციის** სტრუქტურული ელემენტები.

ტექნიკურ საზოგადოებაში გაიმართა ფართო დისკუსიები **smart-მასალებსა და smart-კონსტრუქციებთან**<sup>120</sup> დაკავშირებულ რიგ საკითხებზე, კერძოდ: რა არის ეს; შეიძლება თუ არა **smart-მასალები** ჩაითვალოს **smart-კონსტრუქციების** ქვესიმრავლედ; ერთი და იგივეა თუ არა **smart-კონსტრუქცია** და **ინტელექტუალური კონსტრუქცია**.

ეს დისკუსია როგორც აღძრულია, ისეა შეყვანილი ჩიხში ტექნიკური საზოგადოების მიერ, ამ ახალი სფეროს მართლაც ინტერდისციპლინარული ხასიათის გამო. **Smart-მასალების** და **smart-კონსტრუქციათა** კვლევა მოიცავს იმდენ ტექნიკურად განსხვავებულ სფეროს, რომ თითქმის ტიპური გახდა ერთი დარგისთვის სრული გაუგებრობა, ტერმინოლოგიისა და სხვა სფეროებში, მიმდინარე საქმეთა მდგომარეობის შესახებ. დაფიქსირდა სხვადასხვა ტერმინები: **ინტელექტუალური, ადაპტური, აქტიური, მგრძობიარე, მეტამორფული კონსტრუქციები და/ან მასალები და/ან სისტემები**.

თუ მკაცრად მივყვებით ლექსიკონის განმარტებებს, მაშინ აშკარაა, რომ ინტელექტუალური, გონივრული, ადაპტირებული და ა. შ. არის ზედსართავი სახელები სხვადასხვა მნიშვნელობით. **ინტელექტუალობა** გულისხმობს აბსტრაქტული აზროვნების და ძველი გაკვეთილების სრულიად ახალ სიტუაციებში გამოყენების უნარს, ხოლო **სიბრძნე** ანუ **რაციონალურობა** გულისხმობს ცოდნის შეგროვებისა და სწორი გზით გამოყენების უნარს. **სენსიტიურობა** ანუ **მგრძობელობა** გულისხმობს ინფორმაციის შეგროვების უნარს და იმის ცოდნას თურა სახის ინფორმაციის შეგროვება ხდება, მაგრამ

---

<sup>120</sup>ა). Concise encyclopedia of composite materials / ed. A. Kelly. – England, 1994. – 350 p. ბ).Spillman W.B., Jr., Sirkis J.S., Gardiner P.T. Smart materials and structures: what are they? // Smart Mater. Struct. 1996; № 5; P. 247–254. გ).Wadhawan V.K. Smart Structures and Materials // Resonance. 2005; № 11; P. 27–41. დ). Wang Z.L., Kang Z.C. Functional and Smart Materials - Structural Evolution and Structure Analysis. New York: Plenum Publish Corporation, 1998; P. 93–149.



ეს ყოველივე არ გულისხმობს ამ ინფორმაციით სწავლისა და გადაწყვეტილების მიღების უნარს.

**ინტელექტუალურობა და რაციონალურობა ან სიბრძნე**, ზოგადად რომ ვთქვათ, აღწერს გონებრივ აქტივობას და „პასუხისმგებელია“ ფიზიკურ აქტივობაზე. ზემოთნახსენებ ტერმინებს შორის განსხვავება ძირითადად მდგომარეობს საქმიანობის სახეობაში. **აქტიური** უბრალოდ ნიშნავს, რომ არსებობს ფიზიკური აქტივობა, ხოლო **ადაპტირება** ნიშნავს, რომ აქტივობის შედეგები მხოლოდ არსებული კონფიგურაციის ცვლილებებია. **მეტამორფული**, თავის მხრივ, სერიოზულ გარდაქმნებს ნიშნავს.

რაც შეეხება ტერმინებს **მასალა და სტრუქტურა**, ისინი განსხვავდებიან მხოლოდ მასშტაბით. და ბოლოს, **სისტემა**, რომელიც **ხაზს უსვამს კომპონენტების ერთობლივ მუშაობას საერთო მიზნის მისაღწევად**, ხოლო მის კომპონენტებს ინდივიდუალურად შეიძლება ჰქონდეთ მიზნები, რომლებიც განსხვავდება კოლექტიური მიზნისაგან.

უნდა აღინიშნოს, რომ ტერმინები რაციონალური/ბრძნული, ინტელექტუალური ან ადაპტიური ფართოდ გამოიყენება ფუნქციონირების ერთი და იგივე დონის აღსაწერად. და არცერთი მათგანი არ ამბობს, როგორ ხდება ტერმინის რეალიზება დეტალურად.

მაგალითად, მგრძობელობა უბრალოდ ნიშნავს ინფორმირებულობას, მაგრამ არა ინფორმირებულობას ცნობიერებას ხედვის სისტემების, **ტაქტილური**<sup>121</sup> **სენსორების** და/ან ნებისმიერი სხვა სენსორული ტექნოლოგიის მეშვეობით.

ბოლო დროს მიღებულია შეხედულება, რომ ინტელექტუალური, რაციონალური, ადაპტიური, აქტიური მგრძობიარე და/ან მეტამორფული მასალები და სტრუქტურები წარმოადგენენ სრულიად განსხვავებულ სისტემებს და აქვთ განსხვავებული ატრიბუტები.

ჭკვიანი მასალები ან **smart-კონსტრუქციები** შეიძლება შეფასდეს, როგორც სისტემები, რომლებიც ცვლის საკუთარ თვისებებს გარემოს ცვლილებების მიხედვით. ბუნება, როგორც ყოველთვის, ინჟინრების შთაგონების მთავარი წყაროა, რომელიც გულისხმობს მიდგომას ტექნოლოგიური მოწყობილობების შექმნისადმი, რომელშიც იდეა და მოწყობილობის ძირითადი ელემენტები ნასესხებია ცოცხალი ბუნებიდან. ბიოლოგიური ობიექტების ანალოგიით, **smart-სისტემები** შეიცავს [Concise encyclopedia of composite materials / ed. A. Kelly. – England, 1994. – 350 p.]:

- სენსორული ელემენტებს, რომლებიც მოქმედებს როგორც ნერვული სისტემა;
- რეალურ დროში მონაცემთა დამუშავების მოწყობილობებს, რომლებიც მოქმედებენ როგორც სისტემის კონტროლის ცენტრები;
- მგრძობიარე (პასიური) სტრუქტურებს, რომლებსაც აქვთ მიკრომგრძობიარე ელემენტების სტრუქტურულად ინტეგრირებული სისტემა, რათა განისაზღვროს ობიექტის მდგომარეობა და, შესაძლოა, გარემო, რომელშიც ის მუშაობს;
- მორეაგირე **smart-კონსტრუქციებს**, რომლებსაც აქვთ „ნერვული სისტემა“ და ავტომატური კონტროლის დახურული ენერგეტიკული სისტემა სტრუქტურის

<sup>121</sup>(ლათ. tactilis შეხებითი) - შეხებითი, შეხებისა. მაგ., ტაქტილური შეგრძნებები - შეხებითი შეგრძნებები.  
<http://www.nplg.gov.ge/gwdict/index.php?a=term&d=13&t=12775>

თვისებების შესაცვლელად (სიმტკიცე, ფორმა, პოზიცია, ორიენტაცია და სიჩქარე);

- ინტელექტუალურ სისტემებს, რომლებსაც შეუძლიათ თვითსწავლება ადაპტაციისას.

ასე რომ, **smart-მასალები** წარმოადგენს დაპროექტების ახალ ფილოსოფიას, რომელიც აერთიანებს სენსორების, შემსრულებელი მექანიზმების და მართვის ელემენტების სქემების მოქმედებებს ერთ სისტემაში, რომელსაც შეუძლია შეცვალოს საკუთარი რეაქცია მოსახერხებელი გზით და გარემოს ცვლილებებზე დამოკიდებულებით. ასეთ ინტელექტუალურ კონსტრუქციას არაერთი მნიშვნელოვანი უპირატესობა აქვს ტრადიციულთან შედარებით, რაც ჰენრი პეტროსკიმ დაასაბუთა თავის წიგნში «**To Engineer Is Human**»<sup>122</sup>, სადაც მან აღნიშნა, რომ დაპროექტებისას გამოცდილი დამპროექტებელი ყველაზე ცუდ შემთხვევას აუცილებლად განიხილავს; შედეგად, პროექტს აქვს უსაფრთხოების მაღალი ზღვარი მრავალნაირი უზრუნველყოფის, ელემენტების დუბლირების, ქვესისტემებისა და გაზრდილი მასშტაბის გამო.

ამგვარი მიდგომა, რა თქმა უნდა, მოითხოვს უფრო მეტ ბუნებრივ რესურსს, ვიდრე ზოგადად საჭიროა და მოიხმარს მეტ ენერგიას სტრუქტურის მუშაობის შესანარჩუნებლად. ამ მიდგომით, მეტი ადამიანური ძალისხმევა იხარჯება აგრეთვე იმ გარემოებების დაპროგნოზირებაზე, რომლებშიც აგებული ობიექტი დაპროექტდა სწორად ან არასწორად.

უარესი შემთხვევის განჭვრეტის მცდელობებს უფრო სერიოზული და აშკარა ნაკლი აქვს, რომლის შესახებაც დროდადრო ვკითხულობთ გაზეთებში და გვესმის საღამოს ამბებში: ყველა შესაძლო გარემოების განჭვრეტის შეუძლებლობა. არავის სურს შეცდომებზე სწავლა, მაგრამ წარმატებული გადაწყვეტილებებიდან საკმარისად ვერ ვისწავლით.

ინჟინერ-დამპროექტებლები, ინტელექტუალური კონსერვატორების პოპულარული განმარტებისგან განსხვავებით, უდავოდ არიან მოვლენათა ავანგარდში. ისინი მუდმივად ცდილობენ გამოიყენონ ახალი კონცეფციები, რათა შეამცირონ წონა და შესაბამისად კონსტრუქციის ღირებულება, გააკეთონ მეტი ნაკლები დანახარჯებით და შედეგად, კონსტრუქცია არის მასალების ეფექტური გამოყენების კარგი ნიმუში.

ინჟინერს ყოველთვის სჯერა, რომ რაღაცას აკეთებს შეცდომის გარეშე, მაგრამ სიმართლე ისაა, რომ ყოველ ახალ კონსტრუქციას შეუძლია ახალი სასამართლო პროცესი გამოიწვიოს. ... ახსნა, თუ რა მოხდა არასწორედ და მიუთითოთ ცვლილებები, რომლებიც მუშაობდნენ, ბევრად უფრო ადვილია, ვიდრე შეცდომების ძიება პროექტში, რომელიც ჯერ კიდევ არ არის განხორციელებული. თქვენ არა მხოლოდ უნდა დაადგინოთ პროექტის „გამოცანები“, არამედ შეამოწმოთ თქვენი „გადაწყვეტა“,

<sup>122</sup> Petroski H. To Engineer is Human: The Role of Failure in Successful Design. – New York: St. Martin's Press, 1985. – 247 p.

შეამოწმეთ ყველა შესაძლო გზა, რომლითაც შესაძლებელია გამოწვეული იქნას სტრუქტურის რღვევა. აღნიშნულიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია, რომ დამპროექტებელმა ინჟინერმა გაიგოს და შეამოწმოს ყველა შესაძლო ჰიპოთეზა იმის შესახებ, თუ რა ტიპის დატვირთვები, სტრესები, ტემპერატურა და ა. შ. შეგხვდეს საექსპლუატაციო რეჟიმისას.

ზემოთქმულის საპირისპიროდ, **ჭკვიანი მასალების სისტემებს** შეუძლიათ თავიდან აგვაცილონ მრავალი პრობლემა. შექმნილი კონკრეტული მიზნით, ისინი ცვლიან ქცევას, როცა დგება განსაკუთრებული გარემოებები. მაგალითად, გადატვირთულ კიბეს, ელექტროენერჯის გამოყენებით, შეუძლია გააფრთხილოს ადამიანი და გაზარდოს მისი(კიბის) სიმტკიცე. **კიბის რეაქცია** შეიძლება ეფუძნებოდეს მისი მუშაობის რეალურ გამოცდილებას, რღვევისა და დაძველების გათვალისწინებით. და, შედეგად, კიბე, რომელმაც „დაადგინა“ საკუთარი ამჟამინდელი მდგომარეობა, როდესაც ის ვეღარ შეძლებს მუშაობას მინიმალური დატვირთვითაც კი, ამის სიგნალს გამოსცემს. გარკვეულწილად, კიბე ჰგავს ცოცხალ ძვალს, რომელიც ალადგენს საკუთარ თავს ცვალებადი დატვირთვისას. მაგრამ ძვლისგან განსხვავებით, რომელიც რეაქციას იწყებს იმპულსიდან რამდენიმე წუთში და მისი ზრდის დასრულებას თვეები სჭირდება, **ინტელექტუალური კიბე** წამებში იცვლება.

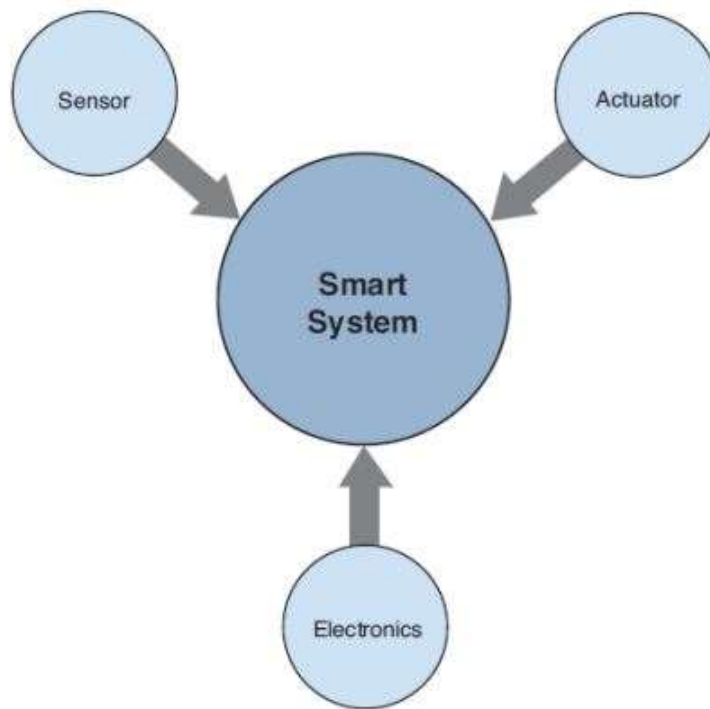
შეიძლება დაფაროს ხიდები **„ჭკვიანი საღებავებით“**, რომლებიც გვაცნობებენ ქარის დატვირთვის ან გადატვირთულობის შესახებ, ან შენობებს, რომლებიც საშუალებას გვაძლევს დავაკვირდეთ დატვირთვის ქვეშ მყოფი სტრუქტურის მთლიანობას, ან თუნდაც შევაკეთოთ მცირე ბზარები გარემომცველი მასალის გამოყენებით.

შესაძლებელია სპეციალური **„სუფთა ოთახის“** დამზადება აქტიური საფარით, რომელსაც შეუძლია შეაგროვოს მტვერი და ჭუჭყი გარკვეულ ადგილებში. ჩვენ შეგვიძლია ავაწყოთ კედლები, რომლებიც გრძნობენ ვიბრაციას და აქტიურად შთანთქავენ ხმაურს. მაგრამ როგორ შეიძლება ამის პრაქტიკაში გამოყენება?

სტრუქტურულად, **„ჭკვიანი სისტემები“** (მასალები ან სტრუქტურები) მოიცავს:

- ჩაშენებულ ან ზედაპირზე დამონტაჟებულ სენსორებს;
- ჩაშენებულ ან ზედაპირზე დამონტაჟებულ ამძრავებს (აქტუატორებს);

➤ კონტროლის ელემენტების სქემებს მართვის სისტემის უზრუნველსაყოფად



(აქ იგულისხმება: სენსორების მონაცემების დამუშავების შესაძლებლობა შესაბამისი გადაწყვეტილებების მისაღებად).

სურათი 1. „ჭკვიანი“ ანუ smart-სისტემების სტრუქტურული ტოპოლოგია<sup>123</sup>

სენსორები და აქტუატორები კონსტრუქციებში დიდწილად იმეორებენ ბუნებაში ცნობილ ხდომილებებს, ანუ ჩვენი ხუთი გრძნობის მიხედვითაა (მხედველობა, სმენა, ყნოსვა, გემო და შეხება) შექმნილი ვიზუალური/ოპტიკური, აკუსტიკური/ულტრაბგერითი, ელექტრო-ქიმიური და თერმული/მაგნიტური სენსორები. რეაგირება ამ პირველადი სენსორებისაგან გარდაიქმნება სიგნალებად, რომლებიც გადაეცემა ინფორმაციის დამუშავების ცენტრს და **მართვის ბლოკს** („ტვინს“) შემდგომი დამუშავებისთვის. ინფორმაციის დამუშავების გარდა, ეს **მართვის ბლოკი** მოქმედებს როგორც პროცესორი, რომელიც იღებს გადაწყვეტილებას შეყვანილი მონაცემების საფუძველზე.

„ჭკვიანი“ ანუ smart-სტრუქტურების<sup>124</sup> კონცეფციის უმარტივესი ფორმით განსახორციელებლად, საუკეთესოდ შეეფერება **კომპოზიტური მასალები**, რომლებშიც (ე. ი. ამ

<sup>123</sup>წყარო: Smart materials for the 21st Century. Foresight Smart Materials Taskforce. Report Smart Materials & Systems Committee no. FMP/03/04/IOM3 56 p. <http://www.iom3.org/foresight>.

<sup>124</sup> Wadhawan V.K. **Smart Structures and Materials** // Resonance. 2005; № 11; P. 27–41.

კომპოზიტებში) მათი წარმოების პროცესში, შესაძლებელია სენსორების ან აქტივატორების ჩაშენება.

**Smart-სტრუქტურები**, რომლებიც მოიცავს მხოლოდ სენსორებს, პასიურს უწოდებენ. კომპოზიტური მასალის დამზადებისას მათში სენსორების ჩაშენება შესაძლებელს ხდის მასალის შიდა მდგომარეობაზე დაკვირვებას, ამიტომ **პასიური smart-სტრუქტურების** წარმატებული განვითარება დამოკიდებულია:

- შესაფერისი სენსორების შემუშავებასა და რეგულირებაზე;
- სენსორების მუშაობის პრინციპებსა და სიგნალის დამუშავების მეთოდებზე;
- შესაფერისი წარმოების სქემის შერჩევაზე, რომელიც საშუალებას იძლევა ჩაშენდეს სენსორები, **smart-სტრუქტურებში**, სირთულის გარეშე.

დღეისათვის, მკვლევარების განსაკუთრებული ყურადღება გამახვილებულია ორი ტიპის მასალაზე, რომლებიც ყველაზე მოსახერხებელია ინტელექტუალურ სისტემებში სენსორების ან გადამწოდების სახით ჩასაშენებლად - ესაა ოპტიკური ბოჭკოები და პიეზოელექტრული მასალები. ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სისტემის სენსორებს შეუძლიათ გაზომონ მაგნიტური ველები, დაძაბულობა, ვიბრაცია, აჩქარება და კარგად მოერგონ კომპოზიტური მასალის წარმოების პროცესს; შეუძლია გაუძლოს დეფორმაციებს, რომლებიც შესატყვისია თავად კომპოზიტის ზომასთან; არის მცირე ზომის, მსუბუქი და ადვილად დასამზადებელი; არ ექვემდებარებიან ელექტრომაგნიტურ ინტერფერენციას(ჩარევის მიმართ) და მკაცრ გარემოში აჯობებენ სხვა სენსორებს მგრძნობელობით.

ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სენსორები ასევე შეიძლება ადვილად იყოს ინტეგრირებული დისტანციური მართვის სხვა მოწყობილობებთან და საშუალებას მისცემს კომპოზიტური სტრუქტურის მონიტორინგს მისი არსებობის ყველა ეტაპზე:

- წარმოება, ტესტირება და ექსპლუატაცია;
- მდგრადია აგრესიული გარემოს მიმართ და არ რეაგირებს ელექტრული და მაგნიტური ხმაურის მიმართ;
- აქვს ფართო რეაგირების სიხშირის დიაპაზონი.

ოპტიკურ-ბოჭკოვანი სენსორებმა კარგად „წარმოაჩინა“ თავი, როგორც მასალაში სრულად ჩაშენებისას, ასევე გარედან დაფიქსირებისას. ოპტიკური ბოჭკოების ჩაშენება გულისხმობს კომპოზიციური მასალების წარმოების პროცესში ცვლილებების შეტანის აუცილებლობას, რათა სენსორები ზუსტად განთავსდეს საჭირო ადგილებში და დავრწმუნდეთ, რომ სიგნალები მათგან, როგორც შემავალი ასევე გამომავალი შეიძლება იყოს გამტარებით ტრანსლირებული.

## გამოსაყენებლად ვარგის ბოჭკოვან სენსორს უნდა შეეძლოს:

- გამოიწვიოს მინიმალური გადახრები კომპოზიტურ მასალაში გამაძლიერებელი ბოჭკოების განსაზღვრული განაწილებიდან;
- თუ შესაძლებელია, არ შეამციროს კომპოზიტის მექანიკური თვისებები;
- არ დაუშვას სიგნალის გადაჭარბებული შესუსტება და არ განადგურდეს ჩაშენების პროცესში, წინააღმდეგ შემთხვევაში შეუძლებელი იქნება საჭირო გაზომვების განხორციელება;
- ჰქონდეთ შესაბამისი საშუალებები, გამტარების მეშვეობით, სისტემაში ლაზერული შუქის შეყვანისა და გამოსასვლისათვის.

პიეზოელექტრიკის, როგორც სენსორების ფართო გამოყენებამ უზრუნველყო მათი უპირატესობები:

- ფართო სიხშირის დიაპაზონი;
- პიეზოელექტრული მასალის ძალიან თხელი ფენების გამოყენების შესაძლებლობა, როდესაც ისინი ფიქსირდება ზედაპირზე ან ჩაშენებულია კომპოზიტური მასალის შიგნით;
- მარეგულირებელი მოქმედების დაგვიანების არარსებობა;
- მექანიკური სიმარტივე.

ბოლო დროს, პიეზოკერამიკის ნაცვლად, გამოიყენება პიეზოელექტრული პოლიმერები, მაგალითად ისეთი, როგორიცაა ვინილიდენის ფლუორიდი<sup>125</sup> (**polyvinylidene fluoride – PVDF**), რომელიც ყველაზე ხშირად გამოიყენება სენსორებად და რომლებიც შეიძლება დაფიქსირდეს ნებისმიერი ტიპის და ნებისმიერი, თუნდაც ძლიერ მრუდი, გეომეტრიის ზედაპირზე.

ასეთ სენსორებს შეუძლიათ გაიმეორონ ადამიანის კანის შესაძლებლობები, აღმოაჩინონ გეომეტრიული ნიშნები, როგორიცაა კიდეები და კუთხეები, ტემპერატურა ან განასხვავონ სხვადასხვა მასალა. ამრიგად, PVDF ზოლების მგრძობელობა საკმარისად მაღალია, რათა განასხვავოს უსინათლოთა წიგნების შრიფტის ტიპები და სახეები („ნაჟდაკიანი“) ქაღალდის კლასები.

აქტუატორები (შემსრულებელი მექანიზმები) ესაა წარმოებისთვის საჭირო აქტივატორები, რომლებსაც შეუძლიათ გამოიწვიონ კონსტრუქციის დეფორმაცია, სენსორებისგან მიღებული ინფორმაციის საფუძველზე, რომელიც აღწერს სისტემის ფიზიკურ მდგომარეობას.

<sup>125</sup> <https://www.britannica.com/science/vinylidene-fluoride>

## ამჟამად გამოიყენებაში მქონე აქტივატორები:

- ფორმის მახსოვრობის ფუნქციის შენადნობები;
- პიეზოელექტრული მასალები;
- ელექტროსტრიქციული მასალები;
- მაგნიტოსტრიქციული მასალები;
- ელექტრორეოლოგიური სითხეები.

მიუხედავად ერთი შეხედვით ფანტასტიურობისა, **smart-სისტემებმა** (მასალები და სტრუქტურები) უკვე იპოვეს გამოყენება რეალურ ცხოვრებაში - მოულოდნელად მრავალრიცხოვანი და მრავალფეროვანი.

მაგალითად, მარტივი პიეზოელექტრული დინამიკები, ოკულარისპოზიციონირების მექანიზმები სკანირების მიკროსკოპებზე, მანქანის თვითჩაზნელებადი მინები, ავტოფოკუსირებადი ძრავები კამერებისთვის, სახლის სპორტული აღჭურვილობა ელექტრო რეგულირებადი წინააღმდეგობით, თვითგანლაგებადი მოწყობილობები კორონარული სისხლძარღვების გახსნის შემდეგ. ანგიოპლასტიკისას, გამოსახულებისსამედიცინო აპარატი და ა. შ.

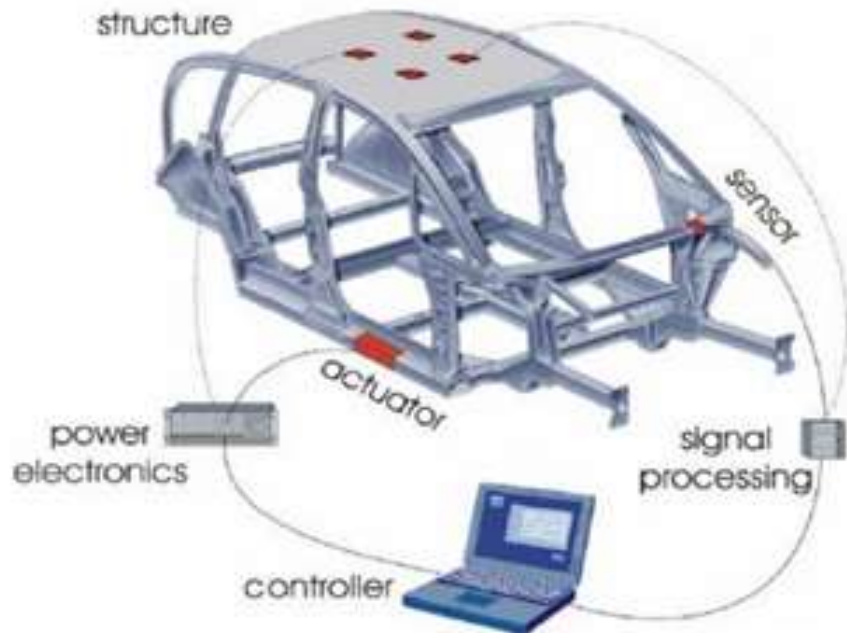
**smart-ტექნოლოგიების** გამოყენებაზე დაფუძნებული კონსტრუქციებს გამოყენებას იწყებენ, როგორც ხმაურის შემცირების საშუალებას შვეულმფრენების და თვითმფრინავების სალონ/კაბინებში, სამრეწველო ჰაერის დაჭირხვნისას, მაცივრებსა და ვენტილატორების, დიზელის ძრავებში და სატვირთო მანქანების კაბინაში გამონაბოლქვი აირების ხმის შთანთქმისთვის; ძრავის ვიბრაციის შემცირებისთვის, ნახევრად ავტომატური სატრანსპორტო საშუალებების ბორბლების საკიდებში, შეჯახების თავიდან აცილებისათვის რადარებში და უსაფრთხოების სისტემებში, კრიტიკულ ინდუსტრიებში ან პლატფორმებზე სატელევიზიო კამერებით, ტურბინის ფრთების ხმაურის და წყალქვეშა ნავების ექოს ჩასახშობად, კოსმოსური კონსტრუქციების ფორმის კონტროლისა და ვიბრაციის შემცირებისთვის, ტელესკოპებში და ა. შ.

ჩამონათვალი გრძელდება, მაგრამ ეს უკვე საკმარისია **smart-კონსტრუქციების** შესაძლო გამოყენების ფართო სპექტრის საჩვენებლად.

ადრეული დიზაინი ეფუძნებოდა გარე მახასიათებლების იმიტაციას. მაგალითად, ლეონარდო და ვინჩის (**Leonardo da Vinci**) საფრენი აპარატები დაფუძნებულია ფრინველების ფრენის პრინციპებზე, გემის გლუვი კორპუსი თევზის კორპუსს ჰგავს, თვითმფრინავის სტაბილიზატორების მართვის პრინციპები კი – დიდი მტაცებელი ფრინველებისაგანაა „ნასესხები“. მეცნიერების განვითარებამ და კვლევის ტექნიკურმა მხარდაჭერამ გამოიწვია ინტერესი და ბევრი ახალი იდეა, რომელთა დახმარებით მკვლევარები ცდილობენ შექმნან სტრუქტურები, რომლებიც ბამავს ცხოველთა შორის ყველაზე გონიერის - ადამიანის მახასიათებლებს.



ავტომობილში ხმაურთან ეფექტურად საბრძოლველად **smart-ელემენტი** ამოიცნობს სხეულის ვიბრაციას, აანალიზებს მას და ააქტიურებს ვიბრაციის კომპენსაციის მექანიზმს. მაგალითად, პიეზოკერამიკულ ფირფიტებზე<sup>126</sup> მიეწოდება სიგნალი, რაც იწვევს არსებული ვიბრაციის ანტიფაზაში მყოფი სხეულის ხელოვნურ რხევებს და ორი ვიბრაციის ზედდების შედეგად ხმაური ქრება, სურ. 2-ზე ნაჩვენებია ავტომობილის, **smart-ელემენტანი**, ანტი-ვიბრაციული მეთოდოლოგიის პრინციპული სქემა.



სურათი 2.

ავტომობილის ანტი-ვიბრაციული, **smart-ელემენტანი**, მეთოდოლოგიის პრინციპული სქემა (ინფორმაციის წყარო: Nader M., Irschik H., v. Garßen H.-G. Aktive Schwingungskompensation im Leichtbau mit piezoelektrischen Materialien // Internationales Forum Mechatronik. – Linz, 2006)

ბრაუნშვაიგში (გერმანია) აერო-კოსმოსური კვლევის ცენტრში, კომპოზიტური მასალა შეიქმნა პიეზოკერამიკული ბოჭკოებისგან. ასეთი მასალისგან დამზადებულ ფირფიტას, რომელიც ჩაშენებულია მანქანის ძარაში, ელექტრული ძაბვის მოდებისას, შეუძლია თითქმის მთლიანად შთანთქმას ბგერები და ამით შეასრულოს ფარის როლი, რომელიც საიმედოდ იცავს ავტომობილის სალონს გარე ხმაურისგან. საქმე ისაა, რომ პლასტიურ ფირფიტაში ინტეგრირებული პიეზოკერამიკული ელემენტები ახშობს ბგერით ვიბრაციას, თუ ელექტრო ძაბვა შესაბამისად შეირჩევა. პიეზოკერამიკული ელემენტები უპრობლემოდ შეიძლება ჩაშენდეს ნახშირბადის ბოჭკოების კომპოზიტურ მრავალშრიან მასალაში - უშუალოდ მისი შექმნის პროცესში. ავტომობილის

<sup>126</sup> Nader M., Irschik H., v. Garßen H.-G. Aktive Schwingungskompensation im Leichtbau mit piezoelektrischen Materialien // Internationales Forum Mechatronik. – Linz, 2006.

კონსტრუქტორებმა იციან, რომ სალონში ხმაურის ყველაზე დიდი წყარო არ არის გარედან შესული ხმაური, ან ძრავის გუგუნი - არამედ ძარის ვიბრაცია.

უფრო მეტიც, თუ ხმის იზოლაციის ტრადიციულ მეთოდებს კიდევ შეუძლიათ როგორმე გაუმკლავდნენ გარე ხმაურს, ისინი (ხმის იზოლაციის ტრადიციული მეთოდები) უძლურია თავად სხეულის ვიბრაციით გამოწვეული ხმაურის წინააღმდეგ. ხოლო, სხეულის პიეზოკერამიკულ ელემენტებს შეუძლიათ არა მხოლოდ მაღალი სიზუსტით აღმოაჩინონ ასეთი ვიბრაციის წყარო და დაადგინონ მისი პარამეტრები, არამედ ეფექტურად ჩააქრონ ვიბრაციით გამოწვეული ხმაურის წყაროები.

სააქციო ჯგუფის „კარლ შენკის“ (Carl Schenck AG<sup>127</sup>) მკვლევარებმა დარმშტადტში (გერმანია) შემოგვთავაზეს ელექტრორეოლოგიურ სითხეზე დაფუძნებული ორიგინალური კონსტრუქციის ამორტიზატორი. ამორტიზატორი დაფუძნებულია ისეთ სუბსტანციაზე, რომელსაც აქვს უნარი შეიცვალოს რეოლოგია გარე ელექტრული ველის სიძლიერისა და დიაპაზონის მიხედვით. ამგვარი რეოლოგიური ცვლილება ძალიან ფართოა: დინების უნარის მქონე სითხიდან (გარე ელექტრული ველის არარსებობის შემთხვევაში) ჟელესმაგვარ, თითქმის მყარ კონსისტენციამდე (შესაბამისი დაძაბულობისას). ამ შემთხვევაში, სიბლანტის შეცვლის პროცესი მიმდინარეობს ელექტრული ველის სიძლიერის ცვლილების სინქრონულად. ეს უნარი, ელექტრორეოლოგიური სითხეებისა, ადეკვატურად და სწრაფად, შეფერხების გარეშე, გარე პირობებზე რეაგირების საშუალებას იძლევა არასასურველი ვიბრაციების მაღალეფექტური შემცირებისათვის.

„ჰკვიანი“ პიეზოკერამიკა გამოიყენება არა მხოლოდ საავტომობილო, არამედ საავიაციო ინდუსტრიაშიც. თვითმფრინავმშენებლები იყენებენ მას ფრთების ცვლადი პროფილის (გეომეტრიის) შესაქმნელად. ცვლადი პროფილის ფრთა<sup>128</sup> იძენს უნარს ოპტიმალურად მოერგოს ჰაერის ნაკადის აეროდინამიკურ პარამეტრებს, რითაც უზრუნველყოფს თვითმფრინავის წინაშე არსებული ამოცანების უფრო ეფექტურ შესრულებას ფრენის სხვადასხვა ეტაპზე (იხ. სურათი 3).

აერო-კოსმოსურ პროგრამებში ვიბრაციის რხევები რთული ამოცანაა, რადგან ვიბრაციათა ამორტიზების მოწყობილობების წონა მაქსიმალურად მსუბუქი უნდა იყოს. შესაბამისი ლიტერატურა აღწერს „ჰკვიანური“ ანუ smart-მიდგომების ეფექტურ

<sup>127</sup> Carl Schenck AG, Darmstadt, is a subsidiary of the global technology group DÜRR AG based in Stuttgart, and is Dürr's Measuring and Process Systems (MPS) Division. **As a holding company, Carl Schenck AG performs central tasks for its divisions. World market leaders in balancing and diagnostic systems, assembly and testing systems and filling systems operate under its roof.** The Schenck Technology and Industrial Park operates at the company's headquarters. These divisions generate annual sales revenues in 2017 of approx. €469 million with about 2,200 employees. <https://schenck.net/en/>

<sup>128</sup> Akhras G. Smart materials and smart systems for the future // Canadian Military Journal. 2000. № 3. P. 25–32.

გამოყენებას ვერტმფრენის ხრახნის ფრთების ვიბრაციის დასათრგუნად, არაწრფივი ულტრაბგერითი, პანელისფლატერის<sup>129</sup>, რხევის ჩახშობის მიზნით<sup>130</sup>



სურათი 3. ავიაგამანადგურებლის მოდელი მაკრობოჭკოვანი სენსორებითა და (MFC-**Macro-Fiber Composite actuator**) აქტუატორებით, თვითმფრინავის კუდის სტაბილიზატორებზე[ინფორმაციის წყარო: Mehrabian A.R., Yousefi-Koma A. A novel technique for optimal placement of piezoelectric actuators on smart structures // Journal of the Franklin Institute. 2011; Vol. 348.]

კომპოზიციური მასალების გამოყენება ისეთ რთულ სტრუქტურებში, როგორებიცაა მაღალ სიჩქარიანი სამოქალაქო სატრანსპორტო თვითმფრინავები, მრავალჯერადი სატელიტური გამშვებები, კოსმოსური ხომალდები, კოსმოსური კონსტრუქციები, ჯავშანტექნიკა, გემები, ვერტმფრენები, ქარის ტურბინები და სხვა, მუდმივად იზრდება.

ერთ-ერთი ფაქტორი, რომელიც ზღუდავს კომპოზიციური მასალების შემდგომ გამოყენებას, არის მათი შედარებით მაღალი მგრძობელობა დაზიანებისადმი და, შესაბამისად, უსაფრთხოებისა და ტექნიკური მომსახურების პრობლემები.

მასალათა დაზიანების სხვადასხვა ტიპები, რომელთა მიმართაც მიდრეკილნი არიან კომპოზიტები მოიცავს: განშრევებას, ბოჭკოების მსხვრევას, სითხის შეწოვას, დარტყმით დაზიანებას, მატრიცის რღვევას, სიმტკიცისა და სიხისტის შემცირებას მომატებულ ტემპერატურაზე და დამაბულობათა კონცენტრაციას.

<sup>129</sup>ფლატერი (ინგლისურად flutter-დან „ჰანკალი, ვიბრაცია“) არის თვითმფრინავის სტრუქტურული ელემენტების თვითაღზნებული დაუცველი მოხრისა და ბრუნვითი თვითრხევების ერთობლიობა: აქ რისკი ქვეშა ძირითადად თვითმფრინავის ფრთა ან ვერტმფრენის როტორი. როგორც წესი, ფლატერი ჩნდება გარკვეული კრიტიკული სიჩქარის მიღწევისას, რაც დამოკიდებულია თვითმფრინავის სტრუქტურის მახასიათებლებზე; შედეგად რეზონანსმა შეიძლება გამოიწვიოს საფრენი აპარატის კორპუსის რღვევა/განადგურება. ზებგერითი სიჩქარეზე გადასვლისას იზრდება ფლატერის საშიშროება.

<sup>130</sup>ა). Grohmann B., Maucher C., Jänker P. Actuation concepts for morphing helicopter rotor blades // 25th International Congress of the Aeronautical sciences. Canada, 2006. p. 10.ბ). Mehrabian A.R., Yousefi-Koma A. A novel technique for optimal placement of piezoelectric actuators on smart structures // Journal of the Franklin Institute. 2011. Vol. 348. P. 12–23.გ).Recent advances in Eurocopter’s passive and active vibration control / P. Konstanzer, B. Enenkl, P.-A. Aubourg, P. Cranga // 64th Annual Forum of the American Helicopter Society. Canada, Montreal. April 29–May 1, 2008.დ).Sodano H.A. Macro-Fiber Composites for Sensing, Actuation and Power Generation // PhD Thesis. Blacksburg, Virginia, 2003. 151 p.

ამრიგად, კომპოზიტური მასალები უნდა შემოწმდეს მცირე დაზიანებებზე, ან შემოწმდეს ბზარებზე სანამ ისინი კატასტროფული გახდება კონსტრუქციისათვის, მათი რაოდენობის გაზრდის გამო<sup>131</sup>.

კოსმოსური, აერონავიგაციული, მექანიკური, საინჟინრო და საზღვაო კონსტრუქციების დაზიანება ხშირად გამოწვეულია ისეთი ფაქტორებით, როგორცაა მასალის დაღლილობა, კოროზია და უბედური შემთხვევები. ეს დაზიანებები, თუ დროული ზომებით არ იქნა აღმოფხვრილი, შეიძლება სწრაფად გაიზარდოს - დაზიანების სიახლოვეს დამაბულობისა და დეფორმაციების კონცენტრაციის გამო, რაც იწვევს ვიბრაციის დონის მატებას, დასაშვები დატვირთვის შემცირებას, კონსტრუქციის ელემენტის ნორმალური ფუნქციონირების გაუარესებას და კატასტროფული შედეგების დადგომას.

უმეტეს შემთხვევაში, დაზიანებული კომპონენტების სასიცოცხლო ციკლი შეიძლება გახანგრძლივდეს შეკეთების გზით, ნაცვლად პირდაპირი ჩანაცვლებითი ახლით შეცვლისა. ამიტომ, კონსტრუქციის დაზიანებული ელემენტის ეფექტური შეკეთება მნიშვნელოვანი და გადაუდებელად აქტუალური პრობლემაა.

ზემოთ ნახსენები პრობლემების მოგვარება შესაძლებელია კონსტრუქციების ექსპლოატაციის დროის რეალურ რეჟიმში მონიტორინგით და „ჭკვიანი“ მასალების გამოყენებით, რადგან მათ („ჭკვიანი“ მასალებს) შეუძლიათ ინფორმაციის მიწოდება, გაზომვის ადგილზე მდებარე სენსორების სისტემით, რეალურ დროში, რაც თავის მხრივ, ქმნის დიაგნოსტიკის ხუთ დონეს<sup>132</sup>:

- 1) ზიანის არსებობის გამოვლენა;
- 2) დაზიანების ადგილის დადგენა;
- 3) ზიანის ოდენობის შეფასება;
- 4) დაზიანების ნაწილობრივი თვითაღდგენის უზრუნველყოფა;
- 5) კონსტრუქციის საექსპლუატაციო რესურსის განსაზღვრა.

სტრუქტურული დაზიანების არა-დესტრუქციული შეფასებისთვის, როგორც აქტივატორი და სენსორი ეფექტურად გამოიყენება **პიეზოკერამიკა (PZT)**. ამ ტექნიკის უპირატესობა ის არის, რომ მას შეუძლია განახორციელოს უწყვეტი ონლაინ მონიტორინგი და აკონტროლოს მიუწვდომელი ადგილები<sup>133</sup>.

---

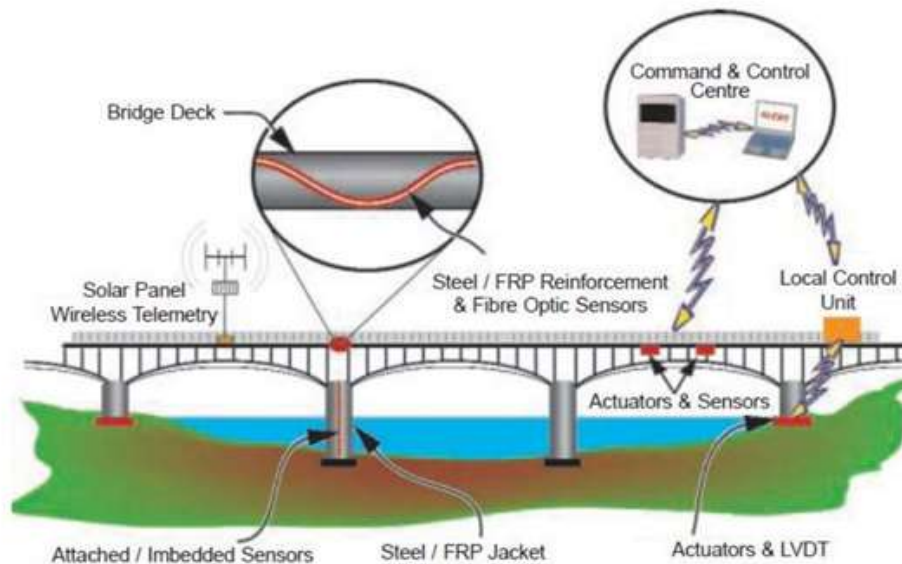
<sup>131</sup> Wavelet-based active sensing for delamination detection in composite structures / H. Sohn, G. Park, J.R. Wait, N.P. Limback, C.R. Farrar // Smart Mater. Struct. 2004. № 13. PP. 153–160.

<sup>132</sup> Schulz M.J., Pai P.F., Inman D.J. **Health monitoring and active control of composite structures using piezoceramic patches** // Composites: Part B. 1999. Vol. 30. P.P. 713–725.

<sup>133</sup> Quantitative health monitoring of bolted joints using a piezoceramic actuator–sensor / S. Ritdumrongkul, M. Abe, Y. Fujino, T. Miyashita // Smart Mater. Struct. 2004. № 13. P. 20–29.



ეს ტექნიკა წარმატებით იქნა გამოცდილი კონსტრუქციებზე, როგორცაა ფერმები, კედლების რთული გამაგრება, რკინაბეტონის ხიდები (იხ. სურათი 4.), მილსადენები და კონსტრუქციებში ჭანჭიკებიანი კავშირები<sup>134</sup>.



სურათი 4. ინტელექტუალური ხიდი (ინფორმაციის წყარო: Nader M., Irschik H., v. Garßen H.-G. Aktive Schwingungskompensation im Leichtbau mit piezoelektrischen Materialien // Internationales Forum Mechatronik. Linz, 2006.)

ნაშრომში „Wavelet-based active sensing for delamination detection in composite structures“ / H. Sohn, G. Park, J.R. Wait, N.P. Limback, C.R. Farrar // Smart Mater. Struct. 2004. № 13. PP. 153–160. განიხილება სიგნალის დამუშავების მეთოდი კომპოზიტურ სტრუქტურებში განშრევების გამოსავლენად; კერძოდ, კომპოზიტის სტრუქტურის, რეალურ დროში, მონიტორინგის უზრუნველსაყოფად გამოიყენება ტალღების ანალიზის ტექნიკა, რომლის დახმარებით ხდება სენსორული სისტემიდან მომდინარე ინფორმაციის ანალიზი.

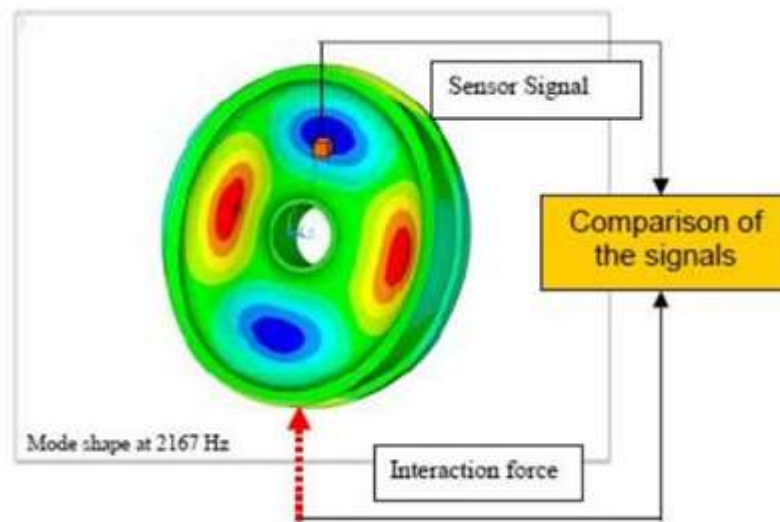
პიეზოელექტრიკები გამოიყენება სპეციალური ტალღის - ვეივლეტ-ფორმის შეყვანის გზით სიგნალის მისაღებად და საპასუხო სიგნალის გასაზომად. შემდეგ, საპასუხო სიგნალი გადის ტალღის ვეივლეტ-ტრანსფორმაციას<sup>135</sup> და ორიგინალური

<sup>134</sup> Qualitative health monitoring of a steel bridge joint via piezoelectric actuator/sensor patches / J.W. Ayres, F. Lalande, C.A. Rogers, Z. Chaudhry // SPIE Nondestructive Evaluation Techniques for Aging Infrastructure & Manufacturing 1996. 3–5 December, Scottsdale. 8 p.

<sup>135</sup> ვეივლეტ-გარდაქმნა ბოლო ათეული წლის განმავლობაში ჩამოყალიბდა როგორც ახალი სამეცნიერო მიმართულება. ტერმინი "Wavelet" ინგლისურიდან ითარგმნება, როგორც მოკლე ტალღა. "მოკლეს" ქვეშ იგულისხმება ის, რომ ვეივლეტის ფუნქციას გააჩნია სასრულო სივრცე. სიტყვა "ტალღა" ასახავს იმ ფაქტს, რომ ვეივლეტ-ფუნქცია რხევადია. პირველად ვეივლეტის ცნება შემოიტანეს ჟ. მორლეტამ და ა. გროსმანმა 1984 წ., როცა ისინი იკვლევდნენ სიგნალების ჯგუფს ბაზისური ფუნქციით, რომელსაც ვეივლეტი უწოდეს. ვეივლეტები წარმოადგენენ გარკვეული ფორმის მათემატიკური ფუნქციების ერთობლიობის განზოგადოებულ დასახელებას, რომლებიც ლოკალიზებული არიან როგორც დროით, ასევე სიხშირულ არეში. [https://gtu.ge/book/veivlet\\_gardaqmna.pdf](https://gtu.ge/book/veivlet_gardaqmna.pdf)

სიგნალიდან დაზიანებისადმი მგრძობიარე კომპონენტი ამოღებულია. მეთოდის შესაძლებლობები განიხილება განშრევების მაგალითებზე სხვადასხვა ტემპერატურასა და სასაზღვრო პირობებში.

ეს მეთოდები ფართოდ გამოიყენება ხიდების, მნიშვნელოვანი საინჟინრო ნაგებობების (სამრეწველო, ისტორიული ან მაღალსართულიანი შენობები და ა. შ.) ან სეისმურად საშიშ რეგიონებში მდებარე კონსტრუქციების მდგომარეობის მონიტორინგისთვის, აგრეთვე ცალკეული ობიექტების ხარვეზების გამოსავლენად - დეფექტოსკოპისათვის, მაგალითად, ამოიციონს ცვეთას<sup>136</sup> რონოდის (ე.წ. “ვაგონის”) ბორბლებზე, (იხ. სურ. 5).



სურათი 5. რონოდის(ვაგონის) ბორბლის დეფექტოსკოპია (ინფორმაციის წყარო: Nuffer J., Bein T. Application of piezoelectric materials in transportation industry // Global Symposium on Innovative Solutions for the Advancement of the Transport Industry. 2006. 4–6 October, San Sebastian, Spain. 11 p.)

ძალიან მიმზიდველად გამოიყურება იმგვარი კონსტრუქციის იდეა, რომელიც ნაწილობრივ „აღადგენს თავს“ მცირე დაზიანების შემთხვევაში, არმატურის დაჭიმვის გააქტიურებისას, წებოს გამოთავისუფლებით ან სხვა გზებით, აღნიშნული ჯერჯერობით დანერგულია ერთ, ძირითადად ლაბორატორიულ აპლიკაციებში.

„თვითგანკურნებადი“ სტრუქტურები უკეთესი საექსპლოატაციო თვისებებით და უფრო ხანგრძლივი მომსახურების სასიცოცხლო ციკლით ხასიათდებიან, ჩვეულებრივ სისტემებთან შედარებით. ამ სისტემების უმეტესობა, როდესაც დაზიანება ხდება, საპასუხოდ დაუყოვნებლივ იწყებს შეკეთება/აღადგენას ამ პროცესის გარე კოორდინაციის გარეშე.

ისტორიულად ჩამოყალიბდა, რომ რეზინებისა და გამხსნელების გაჩენასთან ერთად, დაიწყო თვითდალუქვის მასალების გამოჩენა. ერთ-ერთი ყველაზე ადრეული

<sup>136</sup> Nuffer J., Bein T. Application of piezoelectric materials in transportation industry // Global Symposium on Innovative Solutions for the Advancement of the Transport Industry. 2006. 4–6 October, San Sebastian, Spain. 11 p.

პატენტი<sup>137</sup> (1896) Mercier-ისაკუთრებაა, რომელმაც შეიმუშავა თვითაღდგენის მასალა კედლის გახვრეტისას.

სითხის კონტეინერების „თვითდახურვის“ ტექნოლოგია განვითარდა სხვადასხვა თანამედროვე სისტემების შემოტანასთან ერთად, რომლებშიც სითხის უკონტროლო გაჟონვა შეიძლება იყოს უკიდურესად საშიში და გამოიწვიოს ექსპლუატაციის შეუძლებლობა ან თავად სისტემის განადგურება. ესენია, მაგალითად, კოსმოსური და საზღვაო სკაფანდრები, მანქანები და თვითმფრინავები.

კარგად დაპროექტებულ სისტემას შეუძლია გაუმკლავდეს სამუშაო პირობების ფართო სპექტრს, ტიპურ დაზიანებებს და აქვს შესაძლებლობა უზრუნველყოს ადრეული გაფრთხილება კრიტიკული დაზიანების ან კოლაფსის/რღვევის საფრთხის შესახებ. თუმცა, ამ მიდგომას აქვს მთელი რიგი უარყოფითი მხარეები<sup>138</sup>:

- ✓ გამოყენებული სენსორული სისტემა ეყრდნობა შედეგების პროგნოზირებადობას, რაც თავისთავად არის შემზღვეველი ფაქტორი ყველაფერში, გარდა კოსმოსური ტექნოლოგიებისა;
- ✓ თერმოპლასტიკური მასალების დახმარებით თვითაღდგენის განხორციელებული მიდგომა შეზღუდულია პრაქტიკულ გამოყენებაში, რადგან მასალის მთლიანობის აღდგენისას, სტრუქტურა დროებით სუსტდება, გარდა ამისა, საჭიროა კონსტრუქციული ელემენტების ისეთი გეომეტრია, რომ აღმდგენი მასალა ადვილად მოხვდეს დაზიანებულ ადგილებში;
- ✓ ზიანის აღმოჩენის ალგორითმების არასაკმარისი განვითარება: წინასწარ არსებულმა დაზიანებამ შეიძლება საფრთხე შეუქმნას მონიტორინგის სისტემის ძირითად მნიშვნელობებს, ამცირებს დაზიანების აღმოჩენის ალგორითმების ეფექტურობას;
- ✓ დაზიანების გამოვლენის ალგორითმების დროზე დამოკიდებულება; ნელა მზარდი დაზიანებები, როგორცაა მასალის დაღლილობა, დღეისათვის შეუმჩნეველი რჩება, რადგან გამოყენებული მეთოდები ემყარება დაზიანების გამო, მონიტორინგისას, სტრუქტურული მდგომარეობის მრუდის საკმაოდ სწრაფ გადახრას (ეს ანალოგიურია განსხვავებისა მწვავე და ქრონიკულ დაავადებას ან ტკვილს შორის ბიოლოგიურ სისტემებში).

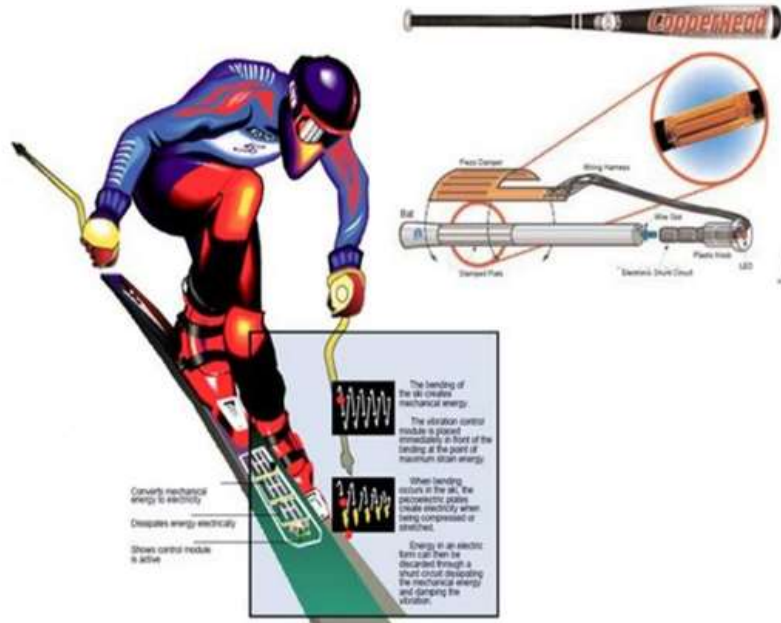
კიდევ ერთი გადაუჭრელი პრობლემა არის **მასშტაბირება**. სენსორების ქსელიდან მომდინარე ინფორმაციის ფართო მასშტაბის რაოდენობა შეიძლება გახდეს ისეთი დიდი მოცულობის, რომ საჭირო გახდეს სპეციალური მართვა სტრუქტურის თვითაღდგენისათვის. ბიოლოგიურმა სისტემებმა „მოახერხეს“ გაუმკლავდნენ ამ პრობლემას სისტემის იერარქიის დონის დამატების გზით შუალედური ფილტრაციის

<sup>137</sup> Mercier P. Material for protecting vessels, receptacles, &c. / US Patent Specification. 1896. 561905. 3 p.

<sup>138</sup> Hurley D.A., Huston D.R. Coordinated sensing and active repair for self-healing // Smart Mater. Struct. 2011.; Vol. 20.; № 2.; 7 p. DOI:10.1088/0964-1726/20/2/025010.



კვანძების მეშვეობით და სხვადასხვა ფუნქციების დელეგირებით, რომელთაგან თითოეული შეიძლება გამოყენებულ იქნას საინჟინრო სისტემებზე. „ჰედიანი, smart-მასალების“ გამოყენება მზარდია და ახლა მისი ნახვა შესაძლებელია საყოფაცხოვრებო აპლიკაციებშიც კი. ახალი თაობის სათხილამურო ტრამპლინებისთვის, ჩოგბურთის ჩოგნისთვის, სნოუბორდისთვის, გოლფისა და ბეისბოლის ჯოხებისთვის (იხ. სურათი 6.), მნიშვნელოვანი ხდება ექსპლოატაციის პერიოდის რხევების შემცირება, რადგან ეს არა მხოლოდ ზრდის კომფორტს მათი გამოყენების დროს, არამედ საშუალებას იძლევა მიღწეული იქნას უკეთესი შედეგები, არამედ ხელს უშლის რღვევებს ჩამოთვლილი ინვენტარის მასალებში.



სურათი 6. სასპორტო ინვენტარის smart-კონცეფციები (ინფორმაციის წყარო: Akhras G. Smart materials and smart systems for the future // Canadian Military Journal. 2000. № 3. P. 25–32.)

კომპანია "Head Intelligence" იყო მსოფლიოში პირველი, რომელმაც დაამზადა პიეზობოჭკოსგან ჩოგბურთის ჩოგანი<sup>139</sup>. თუ მანამდე ჩოგნის გამძლეობის გაზრდის ყველა მცდელობა შემოიფარგლებოდა სუფთა მექანიკით და ახალი მასალების "ხრიკებით", აქ იგივეს გულისთვის.

დეველოპერებმა პირველად გამოიყენეს ელ. დენი. ასეთი ჩოგნების მთელი საიდუმლო ჩასმულია პიეზოელექტრიკულ ბოჭკოებში (**head intellifibres**), რომელსაც შეუძლია ბურთის მექანიკური ენერჯია ელექტრო იმპულსად გარდაქმნას (ბოჭკოები წარმოქმნიან ელექტროენერჯიას მათი ოდნავი მოხრის ან დეფორმაციის დროს). ამის გამო, „ნაპერწკალი“, რომელიც ჩოგნის შემომფარგლავ რგოლს შემოუვლის წამის მეთასედზე ნაკლებ დროში, ჩოგანი ბურთზე დარტყმის მომენტისთვის იძენს

<sup>139</sup> Ouellette J. How Smart is Smart Materials? // The Industrial Physicist. 1996. P. 10–13.

დამატებით სიმტკიცეს - აქედან ჩნდება ახალი რეზერვი ჩოგბურთელისათვის, დარტყმის მომატებული ძალა და ასევე - ვიბრაციის სრული არარსებობა. ამგვარი ტექნოლოგიები უკვე გამოცდილია თხილამურებსა და სნოუბორდში.

**smart-კონსტრუქციის** და **smart-მასალების** შემუშავება უდავოდ ხდება ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი ამოცანა მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების მრავალ სფეროში, ისეთში როგორცაა: მიკროელექტრონიკა, კომპიუტერული მეცნიერება, მედიცინა, სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებები, ენერჯია, ტრანსპორტი, უსაფრთხოების ინჟინერია და სამხედრო ტექნოლოგიები.

თავის არსში, **smart-მასალების** და **smart-კონსტრუქციების** ტექნოლოგია ძალიან ინტერდისციპლინარული სფეროა, რომელიც მოიცავს ფუნდამენტურ მეცნიერებებს - ფიზიკას, ქიმიას, მექანიკას, კომპიუტერულ ტექნოლოგიას, ელექტრონიკას, ასევე მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების გამოყენებით დარგებს, ისეთებს, როგორცაა აერონავტიკა და მანქანათმშენებლობა. ამით შეიძლება აიხსნას საკმაოდ ნელი და ფრთხილი პროგრესი ინტელექტუალური კონსტრუქციების პრაქტიკაში გამოსაყენებლად, მიუხედავად იმისა, რომ ამ სფეროში მეცნიერული განვითარება უკვე დიდხანს - თითქმის 30 წელია და ძალიან სწრაფად მიმდინარეობს<sup>140</sup>.

**„ჭკვიანი მასალებისა“** და მათი ტექნოლოგიების ბაზარი შედარებით ახალგაზრდაა და ჯერ კიდევ ცუდად არის შესწავლილი. თანამედროვე აპლიკაციების უმეტესობა საკმაოდ მარტივია ან ერთმანეთის წარმოებულებია. მაგრამ ეს მასალები იპოვიან უფრო რთულ გამოყენებას და ფართოდ გავრცელდება, როდესაც ტექნოლოგიები საკმარისად განვითარდება და ეს მასალები გახდება ჩვეულებრივი მომწოდებლებისა და მომხმარებლებისთვის.

განვითარდება **„ჭკვიანი კონსტრუქციები“**, რომლებიც თანდათან წაშლის განსხვავებას ხელოვნურ ტექნოლოგიებსა და ბუნებას, ცოცხალსა და არაცოცხალს შორის. **თვითმსწავლელი მოწყობილობა** და პროგრამული უზრუნველყოფა გამოიმუშავებს საჭირო და სასურველ აპარატურულ საშუალებასა და პროგრამულ უზრუნველყოფას, ანუ უკვე დადგა დრო როცა **ხელოვნური ინტელექტი** ისეთივე საფრთხედ შეიძლება იქცეს როგორცაა მასობრივი განადგურების იარაღის სხვადასხვა სახეობები.

---

<sup>140</sup> Lee H.-J., Saravanos D. Layerwise finite elements for smart piezoceramic composite plates in thermal environments // NASA TM-106990 AIAA-96-1277, 1996. 48 p.

## თავი 5

თვითაღდგენადი პოლიმერული კომპოზიტი; მიკროკაფსულირება; ეპოქსიდის შემცველი მიკროკაფსულები თვითაღდგენადი კომპოზიციებისათვის;  
ეპოქსიდური ფისის მიკროკაფსულირების ორსაფეხურიანი მეთოდისა; *in situ* ეპოქსიდური მიკროკაფსულირება; კარბამიდფორმალდეჰიდური ოლიგომერი; კარბამიდფორმალდეჰიდის პოლიმერისგან კაფსულის გარსის სინთეზი;  
„ჭკვიანი“ მასალების დამპროექტებლის სამსახურებრივი ჩამონათვლისათვის; ჭკვიანი მასალების დამპროექტებელი; ახალი მასალების დამპროექტებელ-ტექნოლოგი; ჭკვიანი გარემოს დამპროექტებელი; სამრეწველო კომპანიების R&D ცენტრების ქიმიკოს-დეველოპერი; მოძრავი ინტერფაზის საზღვრების თვითლოკალიზაციის პრინციპი;  
„ჭკვიანი“ მასალების მაღალ ტექნოლოგიური (Hi-Tech) პერსპექტივები საქართველოს დღევანდელ რეალობაში; განათლების ეკონომიკა; გლობალიზაციის დადებითი მხარეები; გლობალიზაციის უარყოფითი მხარეები; მასშტაბის ეკონომიკა; გლობალიზაციის პერსპექტივა; გლობალიზაციის გავლენა ეროვნულ ეკონომიკებზე; ჩვენი პლანეტის ბიოსფეროს გადასვლა ახალ თვისობრიობაში – ნეოსფეროში - მოაზროვნე გარსში; საქართველოს ეკონომიკის შეცდომები, საფრთხეები და მათი დაძლევის რეკომენდაციები.

---

### მიკროკაფსულირება და მიკროკაფსულირების სხვადასხვა მეთოდები

ეპოქსიდური ფისების მიკროკაფსულირება და მიკროკაფსულირების სხვადასხვა მეთოდები, თანამედროვე მასალათა მიღების გამორჩეული აქტუალობით ხასიათდება. გარდა აღნიშნულისა ძალზე მნიშვნელოვანია ახლად მიღებული მიკროკაფსულების მორფოლოგიის შესწავლა მიკროსტრუქტურული ანალიზით. მიკროსტრუქტურული ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით, დგინდება ფაქტორები, რომლებიც თავის მხრივ გავლენას ახდენენ მასალების ხარისხზე. საინტერესოა, რომ მიკროკაფსულების გამოყენებით მიიღება თვითაღდგენადი პოლიმერული კომპოზიტი. განვიხილოთ ამ თვითაღდგენადი პოლიმერული კომპოზიტის ნიმუშის მიკროსტრუქტურული ანალიზის გამოყენებით ჩატარებული კვლევის ზოგადი ტოპოლოგია და მოვახდინოთ ამ კვლევის შედეგების ანალიტიკური კონცეპტუალიზება.

ნაირგვარი ინდივიდუალური ნივთიერებისა და მათი ნარევის მიკროკაფსულირებამ ფართო გამოყენება ჰპოვა მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების სხვადასხვა დარგში<sup>141</sup>, კერძოდ მიკროკაფსულირება ფართოდ გავრცელდა

---

<sup>141</sup>Monodispersed Sirolimus-Loaded PLGA Microspheres with a Controlled Degree of Drug-Polymer Phase Separation for Drug-Coated Implantable Medical Devices and Subcutaneous Injection. CS Appl. Bio Mater. 2022, 5, 8, 3766–3777; Publication Date: July 16, 2022 <https://doi.org/10.1021/acsabm.2c00319>

კომპოზიტური მასალების<sup>142</sup> და მედიცინის, ბიოლოგიის და ფარმაციის სფეროში<sup>143</sup>. კომპოზიტური მასალების სფეროში, მიკროკაფსულირება გამოიყენება როგორც შემავსებლების, ასევე დანამატების შესაქმნელად, რომლებიც აუმჯობესებენ მიკრობზარისადმი წინააღმდეგობას მასალის დაზარების ენერჯის გაფანტვით მზარდი ბზარის წვერზე<sup>144</sup>, ყოველივე აღნიშნული ასევე გამოიყენება მიკროკაფსულებზე დაფუძნებული თვითაღდგენადი პოლიმერული მასალების<sup>145</sup> შესაქმნელად. თანამედროვე ტექნოლოგიებში, მიკროკაფსულირების გამოყენებით მნიშვნელოვანი ამოცანებია გადაჭრილი, მაგალითად უნიკალური პროდუქტის - თვითაღდგენადი მასალების<sup>146</sup> შექმნა.

ამრიგად, მიკროკაფსულის ბირთვში მოთავსებული „სამკურნალო“ აგენტი, როდესაც კაფსულის კედლის მთლიანობა ირღვევა, გამოიყოფა ეს ე.წ. „სამკურნალო“ აგენტი წარმოქმნილ სიცარიელებში და ხსნის პოლიმერს თავის ირგვლივ გამხსნელის გამოყენებით<sup>147</sup>, ან იწყებს გამკვრივებას ინიციატორი/გამამკვრივებლის<sup>148</sup> ზემოქმედების დროს, რითაც ნაწილობრივ ან მთლიანად აღადგენს დაზიანებულ ადგილს.

ასეთი თვითაღდგენადი მასალები ძალზე მნიშვნელოვანია თვითმფრინავების მშენებლობის<sup>149</sup> სფეროში, რადგან ისინი საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ დრო და ფინანსური ხარჯები ამგვარი პროდუქციის (ე.ი. თვითაღდგენადი მასალების) ნაკეთობის ტექნიკური მომსახურებისათვის და გავახანგრძლივოთ მასალის ექსპლოატაციის<sup>150</sup> ვადა.

ეპოქსიდური ფისების აქტიური გამოყენების გათვალისწინებით კომპოზიციური მასალების წარმოებისთვის თვითმფრინავმშენებლობისთვის, დიდი ყურადღება ეთმობა

<sup>142</sup> Rule J.D., Brown E.N., Sottos N.R. et al. Wax-protected catalyst microspheres for efficient self-healing materials // *Advanced Materials*. 2005. Vol. 72. P. 205–208.

<sup>143</sup> Меньшутина Н.В. Технологии инкапсуляции//Фармацевтические технологии и упаковка. 2014. №5. С. 30-33.

<sup>144</sup> Giannakopoulos G., Masania K., Taylor A.C. Toughening of epoxy using core-shell particles // *Journal of Materials Science*. 2011. Vol. 46. P. 327–338.

<sup>145</sup> Liao L.P., Zhang W., Xin Y. et al. Preparation and characterization of microcapsule containing epoxy resin and its selfhealing performance of anticorrosion covering material // *Chinese Science Bull*. 2011. Vol. 56. P. 439–443.

<sup>146</sup> Chowdhury R.A., Hosur M.V., Nuruddin M. Self-healing epoxy composites: preparation, characterization and healing performance // *Journal of Materials Research and Technology*. 2015. Vol. 4. P. 33–43.

<sup>147</sup> Caruso M.M., Delafuente D.A., Ho V. Solvent-promoted self-healing materials // *Macromolecules*. 2007. Vol. 40. P. 8830–8832.

<sup>148</sup> Rule J.D. The chemistry of self-healing polymers // *Education in Chemistry*. 2005. Vol. 42 (5). P. 130–132.

<sup>149</sup> ა). Каблов Е.Н. Материалы нового поколения – основа инноваций, технологического лидерства и национальной безопасности России // *Интеллект & Технологии*. 2016. №2. С. 41–46. б). Кузнецова В.А., Деев И.С., Железняк В.Г., Силаева А.А. Износостойкое лакокрасочное покрытие с квазикристаллическим наполнителем // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн*. 2018. №3. Ст. 08. URL: <http://www.viam-works.ru> DOI: 10.18577/2307-6046-2018-0-3-8-8. г). Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники // *Вестник Российской академии наук*. 2012. Т. 82. №6. С. 520–530.

<sup>150</sup> а). Раскутин А.Е., Хрульков А.В., Язвенко Л.Н. Полимерное пленочное покрытие для конструкций из ПКМ (обзор) // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн*. 2017. №2 (50). Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-2-5-5. б). Каблов Е.Н. Авиакосмическое материаловедение // *Все материалы. Энциклопедический справочник*. 2008. №3. С. 2–14. г). Соловьянчик Л.В., Кондрашов С.В., Шашкеев К.А., Мараховский П.С., Солдатов М.А. Новый подход для придания ПКМ функциональных свойств // *Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн*. 2017. №4 (52). Ст. 05. URL: <http://www.viam-works.ru> DOI: 10.18577/2307-6046-2017-0-4-5-5.

მიკროკაფსულების წარმოებას<sup>151</sup>, რომლებიც სავსეა ეპოქსიდური ფისებით და შეუძლია აღადგინოს კომპოზიტური მასალების თვისებები ნარჩენი გამამაგრებლის გამოყენებით.

ყველაზე პერსპექტიული საწყისი მასალა ასეთი მიკროკაფსულების გარსის მისაღებად არის **კარბამიდფორმალდეჰიდური ოლიგომერი**<sup>152</sup>, რომლის გამოყენების უპირატესობა არის მისი დაბალი ღირებულება, ხელმისაწვდომობა და არარეაქციისუნარიანობა შემავსებლის მიმართ.

#### **აღნიშნულზე მსჯელობისას უნდა განისაზღვროს შემდეგი სტრატეგიები:**

- ეპოქსიდური ფისებით სავსე მიკროკაფსულების მიღება სხვადასხვა მეთოდით;
- მიკროკაფსულების თვისებებზე გავლენის მომხდენი პირობები;
- მიკროკაფსულების სინთეზის ამოცანები;
- მიკროკაფსულების თვითაღდგენადი კომპოზიტური მასალების მისაღებად განსაზღვრული ეპოქსიდური ფისები.

#### **ეპოქსიდური ფისის მიკროკაფსულირება ორსაფეხურიანი მეთოდით**

შარდოვანა-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერის მისაღებად, 100 გ შარდოვანა და 125 გ პარაფორმალდეჰიდი უნდა ჩავასხათ 500 მლ-იან მრგვალ ფსკერიან, სამყელიან კოლბაში, რომელიც აღჭურვილი უნდა იყოს ზედა შემრევით, თერმომეტრით და უკუმაცივრით, რის შემდეგაც 150 მლ გამოხდილი წყალი უნდა დაემატოს და ხსნარის pH უნდა დავარეგულიროთ ნეიტრალურ (pH=7-7,1) გარემოზე, კალიუმის ჰიდროქსიდის (10% (მასით) და ძმარმჟავას (10% (მასით) წინასწარ მომზადებული ხსნარების გამოყენებით. მიღებული ნარევი უნდა შევათხოთ 60°C-მდე მუდმივი მორევით და გავაგრძელოთ გათბობა შარდოვანას და პარაფორმალდეჰიდის სრულ დაშლამდე.

ამის შემდეგ, შარდოვანას მეთილოლის წარმოებულების წარმოქმნის დასასრულებლად, ხსნარს უნდა ვურიოთ 60°C ტემპერატურაზე 30 წუთის განმავლობაში. რეაქციის დასრულების შემდეგ, ხსნარის pH უნდა დავიყვანოთ 4,5-მდე ძმარმჟავას ხსნარით. შემდეგ ტემპერატურა უნდა ავწიოთ 80°C-მდე და გაცხელება გავაგრძელოთ კიდევ 1,5-2 სთ, რათა წარმოიქმნას შარდოვანა-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერი. მიღებული გამჭვირვალე ხსნარის გაგრილების შემდეგ, მისი pH უნდა დავარეგულიროთ ნეიტრალურ (pH=7) გარემოზე. მიღებული ოლიგომერით ეპოქსიდურ-ფისოვანი მიკროკაფსულირება ჩატარდა შემდეგი სქემით: 150 გ კარბამიდფორმალდეჰიდის ოლიგომერის წყალ ხსნარი და 250 მლ წყალი შეერევა 700 მლ

<sup>151</sup>ა). Гребенева Т.А., Терехов И.В., Чурсова Л.В., Шлѐнский В.А. и др. Микрокапсулирование в самовосстанавливающихся композиционных материалах // Клеи. Герметики. Технологии. 2016. №10. С. 40–45. б). Liu X., Sheng X., Lee J.K., Kessler M.R. Synthesis and Characterization of Melamine-Urea-Formaldehyde Microcapsules Containing ENB-Based Self-Healing Agents // Macromolecular Materials Engineering. 2009. Vol. 294. P. 389–395.

<sup>152</sup>ა). Гребенева Т.А., Терехов И.В., Чурсова Л.В., Шлѐнский В.А. и др. Микрокапсулирование в самовосстанавливающихся композиционных материалах // Клеи. Герметики. Технологии. 2016. №11. С. 39–46. б). Yin T., Rong M.Z., Zhang M.Q., Yang G.C. Self-healing epoxy composites – Preparation and effect of the healant consisting of microencapsulated epoxy and latent curing agent // Composites Science and Technology. 2007. Vol. 67. P. 201–212. г). Wang R., Li H., Hu H. et al. Preparation and characterization of self-healing microcapsules with poly(ureaformaldehyde) grafted epoxy functional group shell // Journal of Applied Polymer Science. 2009. Vol. 113. P. 1501–1506.

ჭიქაში, რომელიც აღჭურვილი იყო პროპელერული შემრევით და გამახურებული პერანგით; ხსნარის pH დარეგულირდა მჟაუნ მჟავას 10 % ხსნარით pH-ის 6,0–6,5 მნიშვნელობებამდე, რის შემდეგაც, მორევი (250 ბრ/წთ), ეპოქსიდური ფისი DER-330 თბება 70°C-მდე და ემატება 4,95 გ სალიცილის მჟავა, რომელიც გამოიყენება მიღებული კაფსულების სტაბილიზაციისთვის; შემდეგ ტემპერატურა უნდა დავიყვანოთ 30°C-მდე და ვურიოთ 10 წუთის განმავლობაში – შემრევის ბრუნვის სიჩქარით 250 ბრ/წთ. ამის შემდეგ, ხსნარის pH ვაქვეითებთ 4,0–4,5 მნიშვნელობებამდე და ამ ტემპერატურაზე მორევას ვაგრძელებთ 2,5–3 საათის განმავლობაში, რის შემდეგაც ხსნარის pH მცირდებოდა 2,5–2,8 მნიშვნელობებამდე, ვუმატებთ 7,5 გ შარდოვანას და შევათბეთ 50 °C-მდე და ვაგრძელებთ რეაქციას მიკროკაფსულის გარსის წარმოქმნამდე 1,5-2 საათის განმავლობაში. მიღებული ნარევს ვაგრილებთ, ვფილტრავთ, ვრეცხავთ დისტილირებული წყლით და ვაშრობთ ჰაერზე 48 საათის განმავლობაში.

### **in situ<sup>153</sup> ეპოქსიდური მიკროკაფსულირება**

500 მლ-იან ქიმიურ ჭიქაში, პროპელერული შემრევით და გამათბობელი პერანგით ჩავასხით 117 გ წყალი, 7,2 გ შარდოვანა, 0,3 გ რეზორცინოლი, 0,3 გ NaCl, 27 გ პოლივინილის სპირტის (PVA) 5%-იანი ხსნარი წყალში და 30 გ DER-330 ეპოქსიდური ფისი. ემულსიის შესაქმნელად მიღებულ ნარევს ვასტაბილიზებდით 10-15 წუთის განმავლობაში შემრევის სიჩქარით 700-900 ბრ/წთ, რის შემდეგაც ტემპერატურა აგვყავდა 60°C-მდე, რეაქციის pH-ს ვარეგულირებდით 2,5-3,5-მდე და რეაქტორში ვამატებდით 19,2 გრ პარაფორმალდეჰიდისგან წინასწარ მომზადებულ ფორმალდეჰიდის 37,5%-იანი ხსნარს წყალში.

ფორმალდეჰიდის პოლიკონდენსაციის რეაქცია შარდოვანასთან ემულსიის წვეთების ზედაპირზე ტარდებოდა 4 საათის განმავლობაში, რის შემდეგაც მიღებული ნარევს ვაგრილებდით ოთახის ტემპერატურამდე, ვფილტრავდით ბუხნერის ძაბრით და მონაცვლეობით ვრეცხავდით წყლით და აცეტონით.

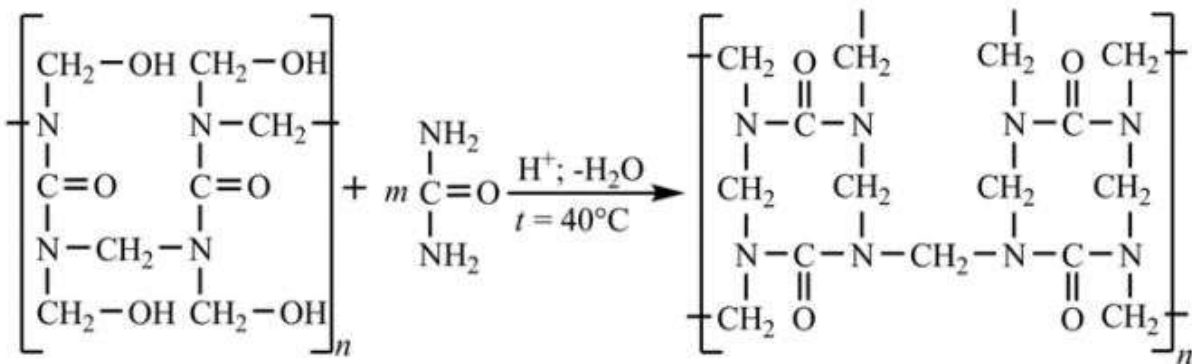
კარბამიდფორმალდეჰიდის პოლიმერისგან კაფსულის გარსების სინთეზის ერთ-ერთი ადვილად განხორციელებადი მეთოდია წყალში ხსნადი დაბალმოლეკულური ოლიგომერის მიღება მისი შემდგომი პოლიმერიზაციით კაფსულის გარსის ფორმირება. ამისათვის პირველ რიგში საჭიროა დაბალმოლეკულური და შესაძლებელია მდგრადი კარბამიდფორმალდეჰიდის ოლიგომერის მიღება. ასეთი ოლიგომერის მიღების პირველ ეტაპზე ხდება კარბამიდის რეაქცია ფორმალდეჰიდთან, რის შედეგადაც შესაძლოა წარმოიქმნას კარბამიდის მონო-, დი- და ტრიმეთილოლ წარმოებულები. ოლიგომერის მიღების პროცესის შემდგომი გაგრძელებით, მიმდინარეობს ზემოთნახსენები წარმოებულების (კარბამიდის მონო-, დი- და ტრიმეთილოლ წარმოებულები) პოლიკონდენსაციის რეაქცია მჟავა გარემოში საჭირო ოლიგომერის წარმოქმნით.

<sup>153</sup> ექსპერიმენტის ტიპი, რომელიც საკვლევი ობიექტის წარმოშობის ადგილზე ტარდება.

წყალში ხსნადი შარდოვანა-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერის მიღების პროცესის შესწავლისას დადგინდა, რომ მეთილოლის წარმოებულების მიღებისას ძალიან მნიშვნელოვანია გარემოს pH-ის მონიტორინგი, რადგან ეს რეაქცია კარგად მიმდინარეობს ნეიტრალურ და ტუტე გარემოში. მჟავა გარემოში ეს რეაქცია ჩერდება და იწყება რეაქცია მეთილოლის ჯგუფებსა და აზოტთან მდებარე წყალბადის თავისუფალ ატომებს შორის, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს თავდაპირველად შერჩეული, "ფორმალდეჰიდი/კარბამიდი", სტექიომეტრიული თანაფარდობის ცვლილება.

ოლიგომერს ვლებულობთ „ფორმალდეჰიდი/კარბამიდი“ მოლური თანაფარდობით 2:1 და 2,5:1. არ არის მიზანშეწონილი ფორმალდეჰიდის უფრო მცირე რაოდენობით გამოყენება, რადგან ეს წარმოქმნის ჰიდროქსილის ჯგუფების ძალიან მცირე რაოდენობას, რომლებიც ხელს უწყობენ წყალში ხსნადი ოლიგომერის წარმოქმნას.

ყველაზე მარტივად მისაღები და სტაბილური აღმოჩნდა ოლიგომერის ხსნარი, რომელიც მიღებულია მოლური თანაფარდობით<sup>154</sup> "ფორმალდეჰიდი /კარბამიდი" - 2.5: 1, რაც დროთა განმავლობაში ინარჩუნებს თავის თვისებებს და ოპტიმალურია მისი გამოყენება, როგორც წინამორბედი/პრეკურსორისა მიკროკაფსულების გარსის მისაღებად. მისი სტაბილურობა განპირობებულია ჰიდროფილური ჯგუფების საკმარისი არსებობით და NH-რეაქციული ცენტრების ამოწურვით, მეთილოლის წარმოებულების ერთმანეთთან რეაქციის დროს. შარდოვანასთან რეაქციის დროს, მოლეკულური მასის ზრდის და ჰიდროფილური ჯგუფების რაოდენობის შემცირების გამო დისპერგირებულ სისტემაში გაფანტული ეპოქსიდური ფისის ზედაპირზე წარმოიქმნება პოლიმერული ფირი, რომლის სისქე და სიმტკიცე დროთა განმავლობაში იზრდება:



**მიკროკაფსულების გარსის პოლიმერული ფირის წარმოშობის პრინციპული სქემა**

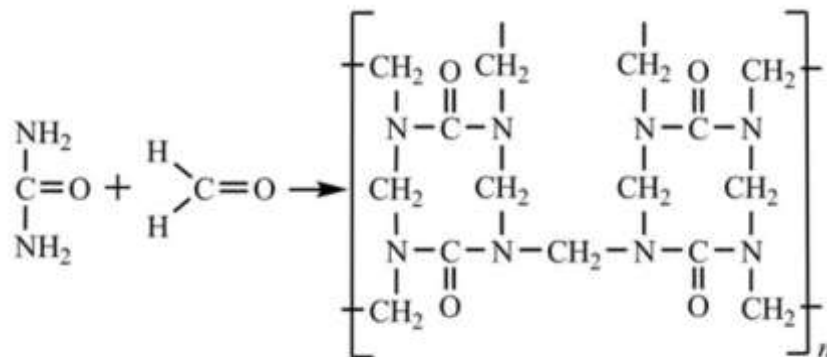
<sup>154</sup> I.V. Terekhov, V.A. Shlenskii, E.V. Kurshev, S.L. Lonskii, V.A. Dyatlov. RESEARCHES OF FACTORS AFFECTING THE FORMATION OF EPOXY-CONTAINING MICROCAPSULES FOR THE SELF-HEALING COMPOSITIONS - И.В. Терехов, В.А. Шленский, Е.В. Куршев, С.Л. Лонский, В.А. Дятлов. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОБРАЗОВАНИЕ ЭПОКСИСОДЕРЖАЩИХ МИКРОКАПСУЛ ДЛЯ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ КОМПОЗИЦИЙ DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-3-27-34. АВИАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ №3 (52) 2018. Стр. 27-34.

დადგენილია, რომ ოლიგომერის კონცენტრაცია ხსნარში უნდა შემცირდეს 20-30%-მდე, ვინაიდან მიკროკაფსულების წარმოქმნის პროცესში უფრო მაღალი კონცენტრაციის გამოყენებისას მიიღება ძალიან მაღალი სიბლანტის მქონე ნარევები, რომლებიც უარყოფითად მოქმედებს მიღებულ ნაწილაკებზე. ისიც დადასტურდა, რომ სალიცილის მჟავის დამატებით 3-5 % ოდენობით, ხდება აგლომერაციის (შეცხოვის) მნიშვნელოვანი შემცირება და უფრო ერთგვაროვანი ფირების ფორმირება, მისი ჩამოყალიბების და ოლიგომერული ფაზის თვისებების გაუმჯობესების წყალობით.

pH-ის გარემოს გავლენის შესწავლისას, ეპოქსიდური ფისიდან, მიკროკაფსულების წარმოქმნის პროცესზე გამოვლინდა, რომ როდესაც ძალიან დაბალია pH მნიშვნელობები (ან ძალიან მაღალია პროცესის ტემპერატურა) უხსნადი პოლიმერის წარმოქმნა ძალიან აქტიურდება და კაფსულის გარსის ფორმირების ნაცვლად, ის გამოილექება ცალკეულ ფაზაში. შედეგად, პოლიმერის მნიშვნელოვანი ნაწილი ხსნარიდან გამოიყოფა მყარი ნაწილაკების სახით, რომელთა მოშორება თითქმის შეუძლებელია.

ეპოქსიდური ფისის შემცველი მიკროკაფსულების ორეტაპიანი წარმოებისას გამოვლინდა, რომ წარმოქმნილი ნაწილაკების ზომაზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს შემრევის ბრუნვის სიჩქარე; ასე, რომ ბრუნვის სიჩქარით 250 ბრ/წთ მიიღება დიდი კაფსულები დიამეტრით 200–400 მიკრომეტრი (იხილე სურათი. 1, a), ხოლო ბრუნვის სიჩქარე 400 ბრ/წთ საშუალებას იძლევა მივიღოთ პატარა მიკროკაფსულები -200 მკმ-მდე დიამეტრით (სურათი. 1, b), სურათი 1-ზე წარმოდგენილი ფოტოგადაღებული ოპტიკური მიკროსკოპით.

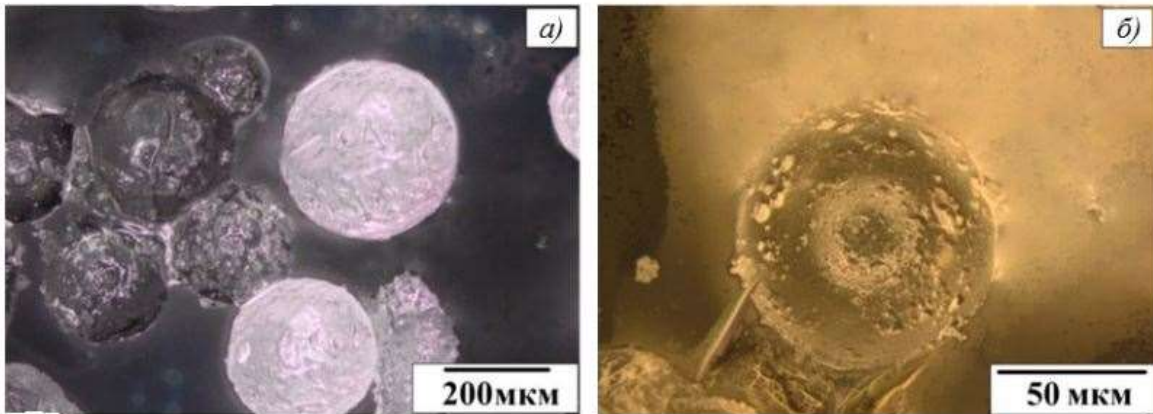
მიკროკაფსულირების მეთოდი, რომელიც მიმდინარეობს ერთ ეტაპად, ეფუძნება კარბამიდ-ფორმალდეჰიდის ოლიგომერის წარმოებას *in situ* წყალი-ფისიფაზების საზღვარზე. კარბამიდის და ფორმალდეჰიდის პოლიკონდენსაციის რეაქცია ამ შემთხვევაში მიმდინარეობს შემდეგი სქემის მიხედვით:



ზემოთ მოყვანილი სქემა საშუალებას გვაძლევს თავიდან ავიცილოთ ადრე აღწერილი მეთოდის ნაკლოვანებები. ამრიგად, დროისა და ენერჯის ხარჯები მნიშვნელოვნად შემცირდება პროცესის საფეხურების რაოდენობის შემცირებით, მარტივდება pH-ის რეგულირება გარემოში "ოლიგომერი-ფისი", და არ არსებობს პრობლემები პოლიმერის



გამოლექვასთან ოლიგომერის ხსნარიდანცალკე ფაზაში ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში შენახვისას.



სურათი 1. მიკროკაფსულების ფოტოები DER-330 ეპოქსიდური ფისით, შემრევის ბრუნვის სიჩქარით 250 ბრ/წთ (a) და 400 ბრ/წთ (b) (ინფორმაციის წყარო: И.В. Терехов, В.А. Шленский, Е.В. Куршев, С.Л. Лонский, В.А. Дятлов. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ОБРАЗОВАНИЕ ЭПОКСИСОДЕРЖАЩИХ МИКРОКАПСУЛ ДЛЯ САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИХСЯ КОМПОЗИЦИЙ DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-3-27-34. АВИАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ №3 (52) 2018. Стр. 27-34.

ეპოქსიდის შემცველი მიკროკაფსულების მიღების ერთსაფეხურიანი პროცედურის შესწავლილის საფუძველზე (იხ. იქვე), განისაზღვრა მორევის სიჩქარის და პოლივინილის სპირტის მახასიათებლების გავლენა მიკროკაფსულირების პროცესზე; ყველაზე ოპტიმალური აღმოჩნდა პოლივინილის სპირტი ჰიდროლიზის უმაღლესი ხარისხით, ხოლო შერევის ოპტიმალური სიჩქარეა- 600-700 ბრ/წთ.

### **„ჭკვიანი“ მასალების დამპროექტებლის სამსახურებრივი ჩამონათვლისათვის**

"ჭკვიანი" მასალების დამპროექტებელი არის სპეციალისტი, რომელიც ქმნის ახალ კომპოზიტებს, როგორც "ჭკვიანი გარემოს" ნაწილს და რომელიც იცვლის თვისებებს კონკრეტული სამუშაო არისა და ამოცანების შესაბამისად. უფრო მეტიც, ნანომრეწველობის სწრაფ განვითარებასთან ერთად, რომელსაც ჩვენ ვხედავთ თანამედროვე რეალობაში, ასეთი პროფესია აუცილებელი გახდება ნანომასალების ეფექტური დანერგვისთვის, როგორც წარმოებაში, ასევე ყოველდღიურ ცხოვრებაში.

ჭკვიანი გარემოს დამპროექტებელს უნდა ჰქონდეს ცოდნა IT-ის, მონაცემთა დამუშავების, ნივთების ინტერნეტის შესახებ, ასევე უნდა იცოდეს კომპოზიტური მასალებისა და სენსორების ინტეგრაცია, ნანოტექნოლოგია და ციფრული გარემო. ჭკვიანი გარემოს დამპროექტებელ სპეციალისტს უნდა ესმოდეს ქიმია,

მასალათმცოდნეობა, ნანოტექნოლოგია. ეს პროფესია სისტემურ აზროვნებას მოითხოვს, მაგრამ ძალიან კრეატიულია.

### **„ჭკვიანი“ მასალების დამპროექტებლის სამსახურებრივი პერსპექტივები**

ჭკვიანი მასალების დამპროექტებელი ან ახალი მასალების დამპროექტებელ-ტექნოლოგი ქმნის ტექნოლოგიებს, რომლებიც აერთიანებს სხვადასხვა მოწყობილობებს, ქსელებს და სენსორებს მოცემულ დროში ადამიანის მდებარეობის გათვალისწინებით. სისტემური ტექნოლოგიები შეძლებენ დამოუკიდებლად გადასცენ და მიიღონ მონაცემები, გააკონტროლონ და დააკორექტირონ თავიანთი სამუშაოები. ჭკვიანი გარემოს დამპროექტებელი ქმნის სისტემურ გადაწყვეტილებებს ქალაქებისა და დასახლებული ადგილებისათვის.

ჭკვიანი მასალების დამპროექტებელი ან ახალი მასალების დამპროექტებელ-ტექნოლოგი მუშაობს მასალის კომპოზიციების ოპტიმიზაციაზე ამ მასალებისათვის სასურველი თვისებების მისანიჭებლად. ეს მიმართულება მოთხოვნადია როგორც ფუნდამენტური მეცნიერების სეროში, ასევე სამრეწველო კომპანიების R&D ცენტრების ქიმიკოს-დეველოპერების საქმიანობაში.

**„ჭკვიანი“ მასალების დამპროექტებლის სამსახურებრივი ჩამონათვალი მოიცავს:**

- არსებული მასალების სამომხმარებლო თვისებების გაუმჯობესება;
- ეკონომიკურად გამართლებული და ეკოლოგიურად სუფთა ტექნოლოგიების შემუშავება ახალი, უფრო პერსპექტიული მასალების შესაქმნელად, მათ შორის „მწვანე ქიმიის“ ტექნოლოგიების გამოყენება;
- ლითონების, პოლიმერული ნაერთების, ბიოორგანული მოლეკულების, არაორგანული და ორგანული ნაერთების საფუძველზე ახალი მასალების შემუშავების კონცეპტუალური ხედვა;
- ახალი ტექნოლოგიური პროცესების და საწარმოო პრაქტიკაში თანამედროვე სტანდარტების დანერგვა, რომლებიც აუმჯობესებენ მასალების თვისებებს ან ქმნიან ახალს (მაგალითად, დანამატების ტექნოლოგიები, მიკრორეაქტორების სინთეზის ტექნოლოგიები და ა.შ.);
- მიღებული მასალების ქიმიური და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების, აგრეთვე მათი ეკოლოგიური უსაფრთხოების შესწავლის მეთოდოლოგიათა კონცეპტუალიზება;
- ლაბორატორიიდან ახალი მასალების წარმოების ტექნოლოგიების გადატანა სამრეწველო მასშტაბირებით, არსებული ტექნოლოგიების ტრანსფერის საგზაო რუკის შექმნა;
- სამომავლო მასალების თვისებების მათემატიკური მოდელირება და დაპროგნოზება;

- პროფესიული კვლევითი საზოგადოების მუშაობაში მონაწილეობა ახალი მასალების ტექნოლოგიების სფეროში (კონფერენციები, დეველოპერების შეხვედრები, გამოფენები და ა.შ.);
- მასალების მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების სფეროში უმთავრესი ტენდენციებისა და ინოვაციების ანალიზი - გაუმჯობესებული სამომხმარებლო თვისებების მქონე მასალების წარმოებისთვის.

### **ახალი და „ჭკვიანი მასალების“ ძიება გრძელდება**

ფოლადის, ალუმინის შენადნობების, ბეტონის, ხის, პლასტმასის მრავალფეროვნებით, დიდი ტონაჟითა და მნიშვნელობით, უკვე არასაკმარისია და ეფექტური გამოსავლის ძიება გრძელდება იმ მიმართულებით, სადაც შეიქმნება მასალების ახალი კომპოზიციები და მათი პროდუქტად გადამუშავების ახალი ტექნოლოგიები, რათა დააკმაყოფილოს თანამედროვე საზოგადოების მზარდი საჭიროებები.

ამგვარი პრობლემა განსაკუთრებით აქტუალურია სტრუქტურული მასალების წარმოებაში. მანქანათმშენებლობის, სამშენებლო და სხვა მსხვილი მრეწველობის საჭიროებისთვის. სამწუხაროდ, ჯერჯერობით, მას შემდეგ, რაც ზოგიერთმა დეველოპერმა მოახდინა ახალი კონსტრუქციის ადაპტირება ცნობილ ვიწრო ჩამონათვალზე ან მათთვის ხელმისაწვდომ მასალებზე. ასე რომ, არსებობს შექმნისთანავე, მორალურად და ფიზიკურად მოძველებული ტექნიკის მოდელები.

მიუხედავად იმისა, რომ კონსტრუქციები და ტექნოლოგიები გაუმჯობესებულია კომპიუტერული ტექნოლოგიების დახმარებით და დაპროექტების გაჯეტების გამოყენებით, მასალათმცოდნეობა ძირითადად რჩება ემპირიულ მეცნიერებად, ეს გამოწვეულია იმით, რომ რეალური მასალის ხალასი სტრუქტურის პირდაპირი მოდელირება და გამოთვლითი ოპტიმიზაცია მისი ყველა მიკროკომპონენტითა და ხარვეზებით ჯერ კიდევ შეუძლებელია სუპერკომპიუტერთაც კი.

ტრადიციული მიდგომების შეზღუდვის მეორე და მთავარი მიზეზი არის ის, რომ სტრუქტურული მასალების სპეციფიკური მექანიკური მახასიათებლები ადარ შეიძლება რადიკალურად გაუმჯობესდეს დისპერსიული გამაგრებით (როდესაც დეფექტების გარეშე ხისტი ნაწილაკები ან ბოჭკოები შეჰყავთ ლითონის ან პოლიმერის მატრიცაში). გარკვეული ოპტიმიზმი ამ სფეროში განპირობებულია ნანომასალებისა და ნანოტექნოლოგიების გაჩენით, მაგრამ ისინიც კი ვერ წყვეტენ ამ პრობლემას პრინციპში.

ფაქტია, რომ მასალის სტრუქტურის სრულყოფა და სტაბილურობა, მიღწეული მისი წარმოების ეტაპზე, ყოველთვის არ განსაზღვრავს პროდუქციის საიმედოობას, რესურსს, ბიოთავსებადობას და სხვა სამომხმარებლო თვისებებს. შეუძლებელია ზუსტად განვჭრიტოთ დატვირთვათა და გარემო პირობების მთელი დიაპაზონი, რომელიც ელოდება კონსტრუქციას ან სტრუქტურას ექსპლუატაციის დროს, ხოლო უსაფრთხოების ზღვრების გადაჭარბებული შეფასება აუცილებლად იწვევს

ნედლეულისა და ენერჯის ისეთ ხარჯებს, რაც ნებისმიერ პროდუქტს არაკონკურენტუნარიანს ხდის. გარდა ამისა, თავდაპირველად მაღალი ხარისხის (ფორმაში სტაბილური, გამძლე, მყარი, ტემპერატურისადმი მდგრადი) მასალების გადამუშავება ძნელია, რაც ქმნის მნიშვნელოვან ეკოლოგიურ დატვირთვას (ბანალური მაგალითებია მანქანის საბურავები და PET კონტეინერები).

ამ მხრივ, სასარგებლოა მივმართოთ ჩვენს ირგვლივ არსებულ ბუნების გამოცდილებას, რომელმაც ევოლუციის მსვლელობისას იპოვა და წარმატებით იყენებს ფუნდამენტურად განსხვავებულ გზებს, როგორც გადარჩენის, ზრდის, ასევე ორგანიზმების უტილიზაციის სფეროებიდან. უმარტივესი ბიოლოგიური სახეობებიც კი ავლენენ თავიანთი სტრუქტურის მოქნილად გადაკეთების საოცარ უნარს გარე ზემოქმედების საპასუხოდ. პარადოქსულია, რომ ყველა ხელოვნური მასალა საბოლოოდ უთმობს ადგილს შედარებით მცირე და მოქნილ ბიოლოგიურ პროტოტიპებს, რომლებიც უფრო რაციონალურნი და საიმედო აღმოჩნდნენ.

**D. Meadows**<sup>155</sup>-ის ტერმინოლოგიაში ეს გამოიხატება შემდეგი მახასიათებლებით და შესაძლებლობებით:

- კომპოზიციური სტრუქტურა;
- სტრუქტურული ორგანიზაციის დონეების იერარქია;
- რბილი, მოქნილი კომპონენტები;
- სუსტ კავშირებზე დაფუძნებული თვითშეკრება, თვითორგანიზება, თვითგამრავლება (განმეორება);
- მატრიცის შაბლონის გამოყენება ახალი ობიექტის ასაგებად;
- გაყოფის უნარი.

შემდგომმა ანალიზმა შესაძლებელი გახადა კვაზი-ბიოლოგიური მასალებისა და სტრუქტურების მიზანმიმართული სინთეზისთვის საჭირო მახასიათებლების ჩამონათვალის გაფართოება: მოძრავი ინტერფაზის საზღვრები, მოცულობის ცვლადის მახასიათებლები, თვითაღდგენა, შექცევადობა, რეგენერაცია, ფუნქციური ბლოკების სიჭარბე, თვითდიაგნოსტიკა, უკუკავშირის პრინციპი.

ზემოაღნიშნული პრინციპები მხოლოდ ნაწილობრივადაა რეალიზებული ხელოვნური მასალების წარმოებისას, თუნდაც ოლიგომერებისა და პოლიმერების საფუძველზე, ყველაზე ახლოს მდგომ ბიოლოგიურ ქსოვილებთან საერთო მაღალმოლეკულური სტრუქტურის გამო.

ვინაიდან ჭკვიანი მასალების შემუშავება გულისხმობს სტრუქტურის თვითორგანიზების მექანიზმის გამოყენებას, რაც იწვევს მთლიანი ენერჯის შემცირებას,

---

<sup>155</sup>Donella Hager "Dana" Meadows (March 13, 1941 – February 20, 2001) was an American [environmental scientist](#), educator, and writer. She is best known as lead author of the books [The Limits to Growth](#) and [Thinking In Systems: A Primer](#).

განსაკუთრებით აქტუალურია მისი თერმოდინამიკური მდგომარეობის შეფასება. იგი მოიცავს ქაოსის ფენომენების ანალიზს, სტაბილიზაციას, ნაწილაკების კოოპერატიულ მოძრაობას, ბიფურკაციის წერტილების განსაზღვრას, კოოპერატიულ ეფექტებს. შესაბამისი ამოცანები ქმნიან კვლევის საგანს მნიშვნელოვანი მულტიდისციპლინური სამეცნიერო მიმართულებით, როგორცაა - **ჭკვიანი მასალების შექმნა**.

ზოგადად, თერმოდინამიკის თვალსაზრისით, ყველა მასალას გარკვეულწილად აქვს ინტელექტი, ცნობილი **ლე შატელიე-ბრაუნის** პრინციპის უნივერსალურობის გამო: თუ წონასწორობის სისტემა ექვემდებარება რაიმე ფაქტორს, მაშინ მასში წონასწორობა ისე იცვლება, რომ მისი(ამ ფაქტორის) მოქმედება სუსტდება.

საკითხავია ზუსტად, შეესაბამება თუ არა ეს რეგულარული პასუხი მასალის სამიზნე ფუნქციას, რომელიც დასახულია დეველოპერის მიერ. ამრიგად, სამშენებლო აგური ეწინააღმდეგება ძალის ზემოქმედებას კონკრეტულ ზღვრამდე, მაგრამ მისი ზიდვის უნარი უზრუნველყოფილია საწყისი გამძლეობით(ზიდვის უნარით), რომელიც შეიძლება იყოს გადაჭარბებული, ან შეუქცევადად ამოწურული დროთა განმავლობაში შემკვრელის დეგრადაციის გამო (ნელა), ან როდესაც ჩნდება ბზარი (სწრაფად).

ნებისმიერ შემთხვევაში, მოცემული ობიექტის ქცევას არ ახლავს სტრუქტურის რაციონალური რესტრუქტურისაცა და, შესაბამისად, მისი ინტელექტის ხარისხი უმნიშვნელოა. სტრუქტურის მაღალი ხარისხის ადაპტაციისა და მობილურობის მქონე სტრუქტურულ მასალას შეუძლია დამოუკიდებლად შეამციროს შიდა სტრესების საშიში კონცენტრაცია მოცულობაზე გადანაწილებით, გამოვიდეს ვიბრაციის რეზონანსული რეგიონიდან, შეაჩეროს ბზარის განვითარება და მინიმუმ სიგნალიზება მოახდინოს კრიტიკული მდგომარეობის მიღწევას.

დინამიური ავტორეგულაციის უპირატესობები უდაოა. იგი ფართოდ გამოიყენება მანქანებში (მაგალითად, მანქანების დაბლოკვის საწინააღმდეგო სამუხრუჭე სისტემაში) და ავტომატიზირებულ საპროცესო მოწყობილობებში. იქ რეგულირებას ახორციელებს ცნობილი ტრიადა: **სენსორი** (მგრძნობიარე სენსორები), **პროცესორი** (სენსორული ინფორმაციის დამუშავებისა და გადაწყვეტილების მიღების საშუალება) და **აქტივატორი** (ძრავა, სარქველი ან სხვა გადამწოდი).

ასეთი მოწყობილობების ნაწილების და ელექტრონული ელემენტების მინიატურისაცა, რომელიც დღეს მიღწეულია, ნანომეტრებს უახლოვდება. ყოველივე ამის შემდეგ, პოლიმერების ზემოლეკულოური სტრუქტურის ფრაგმენტები, რომლებსაც შეუძლიათ კონფორმაციული გადაწყობა, შეესაბამება ამ ზომის დონეს. შედეგად, ჩნდება "მასალა", "კონსტრუქცია" და "მანქანა" ცნებების დაახლოების ფენომენი. რობოტიკის ანალოგიით, შესაფერისი ფიზიკური სტრუქტურირების მექანიზმის არჩევა საშუალებას მისცემს მასალის საჭირო, ჭკვიანი ქცევის რეალიზებას.

**„ჭკვიანი“** მასალების ფუნდამენტური ატრიბუტი, რომელიც ავლენს მიზანმიმართულ ქცევას, არის უკუკავშირი. უკუკავშირის დროულად ფუნქციონირების ერთ-ერთი შესაძლო ვარიანტი ჭკვიან მასალაზე მექანიკური ზემოქმედების ქვეშ, ასახავს არაკომოგენური (ძრავალფაზიანი) მასალის გარე ზემოქმედებაზე მიზანშეწონილი

რეაგირების ფორმირების ერთ-ერთ გზას, რომელსაც უწოდებენ **მოძრავი ინტერფაზის საზღვრების თვითლოკალიზაციის პრინციპს**, რომლის დროსაც ექსტრემუმი მიღწეულია მითითებული კრიტერიუმის მინიმალური ან მაქსიმალური მნიშვნელობით.

**ბიფურკაციის წერტილი** გაგებულია, როგორც მკვეთრი მდგომარეობა პარამეტრების ცვლი-ლებები, მაგალითად, სტრუქტურული ელემენტების სტაბილურობის დაკარგვის ან ფაზური გადასვლების გამო. სტრუქტურის რესტრუქტურისაციისთვის ენერჯის ხარჯები შეიძლება ანაზღაურდეს გარე გავლენის წყაროს ენერჯით.

მასალებს მოძრავი ფაზათა შორის საზღვრებით, შეიძლება მივაკუთვნოთ პლასტიკი მიკროკავსულებული შემავსებლით, რომლებიც შეიცავს პოლიმერულ შემკვრელს და გამამაგრებელს, რომლებიც ეკონტაქტებიან და ქიმიურად ურთიერთქმედებენ რღვევის დროს, რაც უზრუნველ-ყოფს ადგილობრივ პოლიმერიზაციას და ბზარის თვითაღდგენას. ანალოგიურ როლს ასრულებს ტიტანის ქლორიდის ( $TiCl_4$ ) შემცველი პოლიმერის ფენა, რომელიც მოთავსებულია ალუმინის ოქსიდის დამცავი საფარის ქვეშ. ბზარის ზონაში პოლიმერი იშლება, ქლორიდი გადადის დეფექტის ადგილზე, სადაც გადაიქცევა ტიტანის ოქსიდად, რომელიც ფუძდება და ავსებს ბზარს.

„ჭკვიანი“ მასალების გაჩენა, რა თქმა უნდა, ყველაზე სერიოზული მოვლენაა, რომელიც, ინფორმატიკასთან და ბიოტექნოლოგიებთან ერთად გახდება დღევანდელი 21-ე საუკუნის მთავარი სიმბოლო, როგორც ეს ხდებოდა შორეულ წარსულში - ქვის, ბრინჯაოს და რკინის დომინირებისას.

### **„ჭკვიანი“ მასალების მაღალტექნოლოგიური (Hi-Tech) პერსპექტივები საქართველოს დღევანდელ რეალობაში**

თანამედროვე ეტაპზე განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს მაღალი ტექნოლოგიების (**Hi-Tech**) გამოყენებას, რაც კარდინალურ ცვლილებებს იწვევს ეკონომიკაში, ცვლის რა მისი განვითარების ტენდენციებს, როგორც ლოკალური, ისე გლობალური მასშტაბით. იგი მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს ეროვნული ეკონომიკისადგილს მსოფლიო ეკონომიკაში, ზრდის რა ქვეყნის კონკურენტუნარიანობისა და კეთილდღეობის დონეს. მათ საფუძველზე, წარმოების ორგანიზაციის სრულყოფის, საქონლისა და მომსახურების ახალ სახეობათა შექმნის შედეგად, მცირდება ტრანსაქციური და ტრანსფორმაციული დანახარჯები, იზრდება რესურსების რაციონალური გამოყენების შესაძლებლობები, იცვლება წარმოების ორგანიზაციის ფორმები და მეთოდები და, რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, ადამიანის ადგილი და როლი როგორც წარმოებაში, ისე ყოფაცხოვრებაში.

ტექნოლოგიების დარგებიდან გამოიყოფა ელექტრონიკა (განსაკუთრებით კი მისი ქვედარგი - მიკროელექტრონიკა); ხელოვნური ინტელექტი (ისეთი მანქანების შექმნა, რომელსაც გააჩნია ცოცხალი ორგანიზმის (მათ შორის ადამიანის) ნიშნები - მსჯელობა, აღქმა, მოძრაობა და ა. შ.);

ბიოტექნოლოგია (რომელიც თავისთავად ეფუძნება გენეტიკას, მიკრობიოლოგიას, მოლეკულურ და უჯრედულ ბიოლოგიას, ბიოქიმიას, ემბრიოლოგიას და ა. შ.);

კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფა; ნანობიოტექნოლოგიები; რობოტოტექნიკა; ტელეკომუნიკაციები; ფოტონიკა; ატომური ფიზიკა და სხვ. ჩვენს ქვეყანაში, დამოუკიდებლობის აღდგენის შემდეგ ახალი ტექნოლოგიების, მათ შორის, მაღალი ტექნოლოგიების (გარედან შემოტანილი) დანერგვა, თუმცა ნელი ტემპებით, მაგრამ მაინც მიმდინარეობდა და ახლაც მიმდინარეობს.

უფრო მნიშვნელოვანი ნაკლოვანებებია საკუთარ ბაზაზე ახალი ტექნოლოგიებისა და პროდუქციის ახალი სახეობების შექმნის სფეროში. გარკვეული ძვრები შეინიშნება ინფორმაციული და ტელესაკომუნიკაციო ტექნოლოგიათა გამოყენების მიმართულებით: მიმდინარეობს ტელესაკომუნიკაციო და კორპორაციული ინფორმაციული სისტემების განვითარება, იზრდება მსოფლიო ღია ქსელების აბონენტთა რაოდენობა, ძლიერდება ქვეყნის ტელეფონიზაცია, სწრაფად იზრდება მობილური ტელეფონების მოხმარება და სხვ. ინფორმატიზაციის დონე განსაკუთრებით დიდია სახელმწიფო და საბანკო სექტორში.

ვითარდება ქსელური მარკეტინგი და ა. შ. საერთოდ კი, უნდა ითქვას, რომ საქართველოში ინფორმაციული ტექნოლოგიების განვითარების დონე დაბალია და ამ მხრივ მნიშვნელოვანი ღონისძიებებია გასატარებელი.

საქართველოს, ბუნებრივია, არ დაჭირდება ის დრო, რაც განვითარებულ ქვეყნებს დაჭირდა ინფორმატიზაციის მაღალი დონის მისაღწევად, ვინაიდან შეგვიძლია პირდაპირ გადმოვიღოთ მსოფლიო გამოცდილება. მაგრამ, ამავე დროს, ახალი ტექნოლოგიების გადმოღება ადეკვატური ბაზისის არსებობის გარეშე შეუძლებელია.

აუცილებელია შეიქმნას შესაბამისი სამართლებრივი ბაზა, მოზიდულ იქნეს ინვესტიციები, ჩამოყალიბდეს შესაბამისი ბიზნესკულტურა (ცოდნა, აზროვნების ხასიათი, მენტალიტეტი, გამოცდილება) და ა. შ. ამ მიმართულებით საქართველოს აქვს გარკვეული უპირატესობები, რადგან ჩვენი ქვეყნის მასშტაბები პატარაა და მისი გაჯერება მაღალი ტექნოლოგიებით შედარებით მცირე დროშია შესაძლებელი.

მეორე მხრივ, გაწონასწორებული სავაჭრო ბალანსის უზრუნველსაყოფად გადაუდებლად აუცილებელია ქვეყნის კონკურენტუნარიანობის ამაღლება, რისთვისაც აუცილებელია:

- მთავრობის პროტექციონიზმი შიდა ეკონომიკური აქტივობისათვის;
- საკუთრების ხელშეუხებლობის დაცვა;
- ანტიმონოპოლიური სამსახურის რეალურად ამოქმედება;
- საკუთარი სამეცნიერო-ტექნიკური პოტენციალის გამოყენება და გაძლიერება.

სახელმწიფომ მის ხელთ არსებული ყველა ინსტრუმენტის (მათ შორის პრეფერენციების შემოღებით) გამოყენებით უნდა წახალისოს საექსპორტო და



იმპორტჩამნაჩვლებელი წარმოება. ამისათვის აუცილებელია შესაბამისი სამეცნიერო-ტექნიკური და ინოვაციური პროგრამების განხორციელება.

რეფორმები მეცნიერებისა და განათლების სფეროში უნდა ინიცირდეს დღეისათვის არსებული მდგომარეობის გათვალისწინებით და თანდათან დაგვილით ნაკლოვანებები და ისე მივაღწიოთ განვითარების მსოფლიო დონეს. ამ სფეროში აუცილებელია ქვეყნის ისტორიული, კულტურული და სხვა ეროვნული თავისებურებების გათვალისწინება. უპირველეს ყოვლისა, უნდა გადავარჩინოთ ის სამეცნიერო პოტენციალი, რომელიც ჯერ კიდევ არსებობს ქვეყანაში. დამოუკიდებლობის აღდგენის შემდგომ ჩვენს საგანმანათლებლო სისტემაში დაწყებული ცვლილებები, ვერ პასუხობს თანამედროვე მოთხოვნებს. ჯერ კიდევ იგრძნობა გამოდევნება დიპლომებისათვის და არა ცოდნისათვის, რაც პირდაპირი შედეგია საქართველოში ეკონომიკური რეფორმების განხორციელების დროს დაშვებული შეცდომებისა და მათი გაჭიანურებისა.

### **განათლების ეკონომიკის პოზიციებიდან გამომდინარე, გასათვალისწინებელია:**

1) განათლების დონე და მისი ორგანიზების სირთულე იცვლება ცივილიზაციის განვითარებასთან ერთად. **მეცნიერება-გამოგონება-ინოვაციის** წარმოების ჯაჭვში განათლების პროცესს უდიდესი მნიშვნელობა ენიჭება, რადგან თითოეულ ამ რგოლს მაღალგანვითარებული სპეციალისტები (მეცნიერები, გამომგონებლები, მეწარმეები) ესაჭიროება.

ეკონომიკის მაღალი ტექნიკურ-ორგანიზაციული დონის მოთხოვნებიდან გამომდინარე, დღეისათვის საკმაოდ რთული განათლების სისტემა ჩამოყალიბდა. ამასთან, უაღრესად დიდი მნიშვნელობის გამო, მისი მხოლოდ საბაზრო ძალებისადმი მინდობა დაუშვებელია. აუცილებელია საგანმანათლებლო სისტემის სახელმწიფო ორგანიზაცია, ბუნებრივია, საბაზრო ურთიერთობათა გამოყენებით.

2) განათლების საკითხებისადმი ზერელე მიდგომამ შესაძლებელია გაგვაკეთებინოს მცდარი დასკვნა, რომ თითქოს ეკონომიკის განვითარების ძირითადი ფაქტორი განათლების რაოდენობრივი ზრდაა, რაც უფრო მეტი იქნება უმაღლესდამთავრებულთა რიცხვი, მით უფრო დაჩქარდება ეკონომიკური განვითარების პროცესი. თავის დროზე განვითარებული ქვეყნების უმრავლესობამ მიიღო გადაწყვეტილება მთელი მოსახლეობის განათლების დონის ამაღლების შესახებ. ამ პროგრამაზე მილიარდობით დოლარი დაიხარჯა, მაგრამ ათეული წლების გასვლის შემდეგ აღმოჩნდა, რომ მას შესაბამისი შედეგი არ მოჰყოლია. აზიის, აფრიკის, ლათინური ამერიკის ბევრ ქვეყანაში მდგომარეობა მნიშვნელოვნად არ შეცვლილა.

აუცილებელია სწორედ იმის განსაზღვრა, თუ რა რაოდენობის სახსრები უნდა გამოჰყოს ქვეყანამ განათლებისათვის და რამდენად ეფექტიანად იხარჯება იგი შესაბამისი მაღალკვალიფიციური კადრების მოსამზადებლად. **ადამიანური კაპიტალის** შეფასების ერთ-ერთი უმთავრესი კრიტერიუმი უნდა იყოს შრომის ანაზღაურება. უფრო

მაღალი კვალიფიკაციის მქონე მუშაკს მეტი შემოსავალი უნდა ჰქონდეს. წინააღმდეგ შემთხვევაში ირღვევა განათლების ეკონომიკური არსი.

3) საზოგადოებრივი და კერძო დანახარჯები განათლებაზე არ შეიძლება გაიზომოს მისგან პირდაპირ მიღებული შედეგის მიხედვით. იგი არის ხანგრძლივმოქმედი საინვესტიციო რესურსი, რომელიც შესაძლებლობას აძლევს ხალხის მასას მიიღოს სარგებელი. ერთი ინდუსტრიული გენიის ეკონომიკური ღირებულება საკმარისია იმისათვის, რომ დაიფაროს მთელი ქალაქის ხარჯები განათლებაზე. უმაღლეს განათლებაზე წლების განმავლობაში გაწეული დანახარჯები კარგად იქნება ანაზღაურებული მაშინ, როდესაც გამოვლინდება კიდევ ერთი დიდი მეცნიერი, ტექნოლოგი და ა. შ..

4) განათლების სისტემის უმნიშვნელოვანესი მოთხოვნაა მაქსიმალურად შეუსაბამოს სპეციალობები და პროგრამები ეკონომიკის არსებულ და პერსპექტიულ მოთხოვნებს. ეს კი დაკავშირებულია მიმდინარე და სტრატეგიული დაგეგმვის კარგ ორგანიზებასთან. საიდანაც შეიძლება დავასკვნათ, რომ თანამედროვე განათლების პროცესი მეტად დინამიურია ეკონომიკაში მიმდინარე ცვლილებების შესაბამისად.

თანამედროვე **მაღალი ტექნოლოგიების** გამოყენება ხელს უწყობს დედამიწის ერთიან გლობალურ ორგანიზმად ჩამოყალიბებას, რასაც შემდეგი მახასიათებლები ადასტურებენ:

- ძლიერდება საერთაშორისო ეკონომიკური ინტეგრაციის პროცესი;
- თავბრუდამხვევი ტემპებით მიმდინარეობს ეროვნული ეკონომიკის ტრანსნაციონალიზაცია;
- საერთაშორისო ეკონომიკურ ურთიერთობებში დომინირებს არა საერთაშორისო ვაჭრობა, არამედ პროდუქციის წარმოებისა და გასაღების ორგანიზება უშუალოდ საზღვარგარეთ;
- ხორციელდება მსოფლიო საფინანსო ბაზრების ფორმირება და მათი არნახული დივერსიფიკაცია;
- ძლიერდება უნიფიკაციის ტენდენცია ტექნოლოგიის, ეკოლოგიის, საბუღალტრო და სტატისტიკური აღრიცხვის, განათლების, კულტურისა და სხვა სფეროებში;
- ხორციელდება მსოფლიო საკომუნიკაციო ქსელის დივერსიფიკაცია;
- ყალიბდება მძლავრი საერთაშორისო ეკონომიკური ორგანიზაციები, რომლებიც მთელ მსოფლიოში ნერგავენ მაკროეკონომიკური პოლიტიკის ერთიან კრიტერიუმებს და თანდათან ახდენენ გლობალიზაციის ინსტიტუციონალურ გაფორმებას და მათი გადაწყვეტილებები სულ უფრო ხშირად ხდება იურიდიულად აუცილებელი ნომინალურად სუვერენული სახელმწიფოებისათვის;

- გლობალიზაცია შეიჭრა შიგა სახელმწიფოებრივ სფეროშიც და თანდათან ხდება შიგა ცხოვრების ერთერთი მსაზღვრელი ფაქტორი, რომლის სიძლიერე ბევრად აჭარბებს ეროვნული სახელმწიფოს შესაძლებლობებს;
- ძლიერდება საერთაშორისო კონკურენცია ისეთ სუბიექტებს შორის, რომელთაც არა აქვთ განსაზღვრული სახელმწიფოებრივი წარმოშობა და რომლებიც კონკურენციას უწევენ ეროვნულ კომპანიებს, დევნიან რა მათ საკუთარი ბაზრებიდან;
- სულ უფრო და უფრო მეტი სახელმწიფო ებმება გლობალიზაციის პროცესებში, ყალიბდება გლობალური ცივილიზაციის შესაბამისი საერთო ჩვევები, გემოვნებები, ფასეულობები, შეხედულებები, აზროვნება და ა. შ.
- გლობალიზაციას ობიექტურთან ერთად აქვს სუბიექტური ხასიათიც. ამიტომ მისი წარმართვა შესაძლებელია როგორც დადებითი, ისე უარყოფითი მიმართულებით.

### გლობალიზაციის დადებითი მხარეებიდან უნდა გამოიყოს:

1. იგი მნიშვნელოვნად განაგებს საბაზრო მექანიზმზე დამყარებული ეკონომიკური და დემოკრატიული პოლიტიკური სისტემის ჩამოყალიბებას მსოფლიოს თითქმის ყველა ქვეყანაში, აიძულებს ცალკეული ქვეყნების მთავრობებს აღმოფხვრან ვოლუნტარიზმი და კორუფცია, ჩამოაყალიბონ სოციალურად ორიენტირებული ეკონომიკა;
2. გლობალიზაციის პირობებში ახალი ტექნოლოგიები ვრცელდება ისევე სწრაფად, როგორც კაპიტალი.
3. იგი განაპირობებს მსოფლიო რესურსების უფრო რაციონალურ განაწილებას.
4. მსოფლიო არენაზე უმსხვილესი კორპორაციების ფუნქციონირება შესაძლებელს ხდის მასშტაბის ეკონომიკის<sup>156</sup> მაქსიმალური ნიშნულის მიღწევას.
5. გლობალიზაციის პირობებში კონკურენციის გაძლიერება და ერთობლივი ძალებით უმსხვილესი სამეცნიერო-ტექნიკური პროექტების განხორციელება კიდევ უფრო აჩქარებს ტექნოლოგიის სრულყოფას და ინოვაციების გავრცელებას მსოფლიო მასშტაბით, რაც, უპირველეს ყოვლისა, სასარგებლოა მომხმარებლებისათვის;
6. იგი შესაძლებელს ხდის გლობალური ეკონომიკური, სოციალური და ეკოლოგიური პრობლემები გადაჭრას მსოფლიო თანამეგობრობის ძალისხმევით გაერთიანების შედეგად, რესურსების მობილიზაციისა და მოქმედებათა კოორდინაციის საფუძველზე და სხვ.

### გლობალიზაციის უარყოფითი მხარეებიდან უნდა აღინიშნოს:

<sup>156</sup>მასშტაბის ეკონომიკა შეიძლება განისაზღვროს, როგორც სიტუაცია, რომელშიც კომპანია ზრდის წარმოებას და ამცირებს ხარჯებს.

1. დღეისათვის გლობალიზაციის პირობებში თანდათან იზრდება განსხვავება განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებს შორის ცხოვრების დონის მიხედვით. გლობალიზაციის პირობებში განსხვავება უნდა მცირდებოდეს რაც შეიძლება სწრაფად. სხვა შემთხვევაში ეს იქნება ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი წინააღმდეგობა გლობალიზაციის გზაზე;
2. იგი ხელს უწყობს ერთ რომელიმე რეგიონში წარმოშობილი ნეგატიური პროცესების (მათ შორის კრიზისების) გავრცელებას მსოფლიო მასშტაბით;
3. წინააღმდეგობა გლობალიზაციასა და ეროვნული სახელმწიფოს სუვერენიტეტს შორის;
4. გლობალიზაციამ შეასუსტა რა ეროვნულ სახელმწიფოებში ეკონომიკურ რეგულირების სფერო, ამასთან, ვერ ჩამოყალიბდა მისი შემცვლელი საერთაშორისო რეგულირების ქმედითი ორგანოები;
5. გლობალიზაციის პირობებში ძლიერდება ნარკობიზნესის გავრცელება და იარაღით არალეგალური ვაჭრობა;
6. ადგილი აქვს მოსახლეობის მიგრაციის ზრდას განვითარებულ ქვეყნებში, განვითარებადი ქვეყნების საზიანოდ;
7. ხდება პლანეტის მთელი სამეცნიერო-ინტელექტუალური პოტენციალის თავმოყრა რამოდენიმე ქვეყანაში;
8. რეალური ხდება პროცესის არასწორად წარმართვის შემთხვევაში გლობალური კონფლიქტის წარმოშობის საფრთხე, რაც საზოგადოებას კატასტროფით ემუქრება და სხვ.

დასკვნისათვის შეიძლება ითქვას, რომ გლობალიზაცია მოიცავს როგორც ადამიანთა საზოგადოების განვითარების, ისე მისი არსებობის საფრთხის არნახულ შესაძლებლობებს. ამდენად, აუცილებელი ხდება გლობალიზაციის პროცესის სწორად წარმართვა, ანუ სამართლიანი გლობალიზაციის განხორციელებას, რაშიც უდიდესი როლი ინდუსტრიულ ლიდერ-სახელმწიფოებს აკისრიათ. სწორედ მათ გადაწყვეტილებებზეა დამოკიდებული გლობალიზაციის ბედი.

### **როგორია გლობალიზაციის პერსპექტივა?**

გასათვალისწინებელია, რომ გლობალიზაცია რეალური პროცესია, რომლის გაუქმებაც არც ერთ ცალკე ადებულ ქვეყანას არ შეუძლია. გლობალიზაციის პროცესი არის მსოფლიო ბაზრის სუბიექტებს და სახელმწიფოებს შორის დიდი კონკურენციის, მაგრამ ამავე დროს დიდი ურთიერთკოოპერირების პროცესი. ამიტომ საჭიროა არა გლობალიზაციის საერთოდ უარყოფა, არამედ თითოეული სახელმწიფოს მისწრაფება, რათა ეს პროცესი წარმართოს დიდი სიფრთხილით და ყველა ქვეყნის ინტერესთა გათვალისწინებით. თითოეულმა ქვეყანამ უნდა იბრძოდეს გამარჯვებისათვის დიდ

კონკურენციულ ბრძოლაში, მაგრამ, რასაკვირველია, არა ძალით, არამედ ცოდნით, მეცნიერების განვითარებით, მაღალი ტექნოლოგიების შექმნით, კულტურის სრულყოფით, ინტელექტის ამაღლებით.

გლობალიზაციის შედეგად ყველა ქვეყანას უნდა ჰქონდეს საშუალება ისარგებლოს სხვა ქვეყნის სიკეთით. ამავე დროს შენარჩუნებული უნდა იქნეს ეროვნული თვითმყოფადობა (ენა, ტრადიციები, სარწმუნოება, ტერიტორია და ა. შ.). ასეთ პირობებში საჭირო აღარ იქნება ომები, სხვისი ტერიტორიების მითვისება. თანდათან უნდა შემცირდეს ქვეყნებს შორის ეკონომიკური უთანასწორობა. საჭიროა ყველამ გაიაზროს, რომ დედამიწა ჩვენი საერთო სახლია, რომ ჩვენ ყველა ერთ “ქვეყანაში” – დედამიწაზე ვცხოვრობთ და ყველამ ერთად უნდა მივხედოთ მას. სამართლიანი გლობალური ინტერესები უნდა დადგეს ეროვნულ ინტერესებზე მაღლა. მართალია, წარმოიშობა ერთიანი ეკონომიკური სივრცე, ახალი ტრადიციები, შესაძლებელია დაიკარგოს ზოგიერთი ეროვნული ტრადიცია, წესი და ადათი და ა. შ., მაგრამ შენარჩუნებული უნდა იქნეს ძირითადი ეროვნული ღირებულებები, რომელიც თითოეული ქვეყნისათვის ძვირფასია. ეს მიიღწევა მაშინ, როდესაც გამოირიცხება ძალადობის ნებისმიერი გამოვლინება და ყველა გადაწყვეტილება მიღებული იქნება საერთო თანხმობის შედეგად. **სხვა მიმართულება გლობალიზაციისა კატასტროფით შეიძლება დასრულდეს.**

გლობალიზაცია, ბუნებრივია, გავლენას ახდენს ეროვნულ სახელმწიფოზე, მის ეკონომიკაზე, ეკონომიკის სახელმწიფო რეგულირების ფორმებზე, მეთოდებსა და ინსტრუმენტებზე.

ზოგიერთი მოსაზრების თანახმად, გლობალიზაციის პირობებში სახელმწიფო შეწყვეტს არსებობას, ვინაიდან მისი ფუნქციები დაიკარგება. მაგრამ ეს შეხედულება მცდარია. მართალია, გლობალიზაციის პირობებში სახელმწიფოს ზოგიერთი ფუნქცია იზღუდება, მაგრამ იგი იძენს უფრო დიდ, საერთაშორისო ფუნქციას, რომელიც მიმართული უნდა იყოს გლობალიზაციის ნეგატიური ზემოქმედების განეიტრალებისაკენ, დახმარებებისაკენ, დახმარებების ეფექტიანი გამოყენების, კონკურენტუნარიანობის ამაღლების, საუკეთესო ეროვნული ტრადიციების შენარჩუნებისა და მისი შემდგომი სრულყოფისაკენ.

გლობალიზაცია და მისი შემდგომი სრულყოფა ამაღლებს ცხოვრების ხარისხს, მაგრამ ეროვნული სახელმწიფოს მიერ ეკონომიკის რეგულირების გარეშე ეროვნული ეკონომიკა მუდამ იქნება წამყვანი ქვეყნის შედარებით მოძველებული ტექნოლოგიებისა და სამომხმარებლო პროდუქციის გამსაღებელი.

გლობალიზაცია არის ობიექტური პროცესი, მაგრამ მისი რეგულირება აუცილებელია ეროვნული სახელმწიფოების თანასწორობის საფუძველზე შექმნილი ზეეროვნული ორგანოების მიერ.

**გლობალიზაციის გავლენა ეროვნულ ეკონომიკებზე ძირითადად ვლინდება შემდეგში:**

1. ეროვნული ეკონომიკები ხდებიან არა მხოლოდ გლობალიზაციის უბრალო მაცურებლები, არამედ მისი ორგანიზატორები და ცხოვრებაში გამტარებლები;
2. მიმინარეობს ეროვნული სახელმწიფო სექტორის მნიშვნელოვანი დეგრადირება. პრივატიზება შეეხო ისეთ დარგებსაც კი, რომლებიც ადრე მკაცრი რეგულაციის დარგებად ითვლებოდა (ენერგეტიკა, კავშირგაბმულობა, ტრანსპორტი და სხვ.);
3. სახელმწიფო რეგულირების პრიორიტეტი ხდება სოციალური პოლიტიკა. სახელმწიფოს ეკონომიკური ფუნქციების შემცირების გამო გამოთავისუფლებული ფინანსური რესურსები სოციალურ სფეროში გამოიყენება;
4. ძლიერდება საერთაშორისო ეკონომიკური ინსტიტუტების გავლენა, რომელთა წესების შესაბამისად ფუნქციონირებს ეროვნული ეკონომიკის დიდი ნაწილი. ეს ორგანიზაციებია: **გენერალური შეთანხმება ტარიფისა და ვაჭრობის შესახებ (GATT), მსოფლიო სავაჭრო ორგანიზაცია (WTO), საერთაშორისო სავალუტო ფონდი (IMF), მსოფლიო ბანკი (WB);**
5. მიმდინარეობს შრომის დანაწილების ახალი ეტაპი, რომლის დროსაც ეროვნული სიმდიდრის შექმნაში უმნიშვნელოვანეს როლს ასრულებენ სხვა ქვეყნები;
6. ხდება ეროვნულ ეკონომიკაზე ეგზოგენური ფაქტორების გავლენის ზრდა;
7. მსოფლიო საფინანსო-საკრედიტო სისტემა, რომლის გლობალიზაციის დონემ წინ გაუსწრო რეალურ სექტორში გლობალიზაციას, დიდ გავლენას ახდენს ეროვნული ეკონომიკების ფუნქციონირებაზე.

**ქვეყნების გლობალიზაციის მაჩვენებლები** წარმოდგენას იძლევა ცალკეული ქვეყნის ინტეგრაციაზე მსოფლიო პროცესებში და არა მსოფლიოს გლობალიზაციის ხარისხზე. ამიტომ, **უმჯობესია ამ მაჩვენებლებს ქვეყნის ინტეგრაციის ინდექსი ერქვას**, ხოლო მსოფლიოს გლობალიზაციის დონის დასახასიათებლად შემოღებულ იქნეს **მსოფლიო გლობალიზაციის ინდექსი**. იგი, უპირველეს ყოვლისა, უნდა მოიცავდეს ისეთ მაჩვენებლებს, როგორცაა: პირდაპირი უცხოური ინვესტიციები, ტრანსეროვნული კორპორაციების საქმიანობა, საერთაშორისო ვაჭრობის მოცულობა, დანახარჯები სამეცნიერო-ტექნოლოგიურ პროექტებზე, ქვეყნებს შორის შემოსავლების უთანაბრობის, სიღარიბის, სამხედრო ხარჯების, სამხედრო კონფლიქტების, მიზნობრივი (სავალუტო, საკრედიტო და სხვ.) საერთაშორისო მარეგულირებელი ორგანოების ფუნქციონირების, საერთაშორისო ორგანოებში ცალკეული ქვეყნების მონაწილეობის თანაბრობის მაჩვენებლებს.

სამართლიანი გლობალიზაცია გულისხმობს რა მსოფლიოს ხალხთა დაახლოებას და მათ ჰარმონიულ თანაარსებობას, ასევე მჭიდროდაა დაკავშირებული საზოგადოების ბუნებასთან, რაციონალური თანაარსებობის პროცესებთან ანუ ადამიანის საქმიანობის განვითარებასთან ისე, რომ ზიანი არ მიადგეს ბუნების კვლავწარმოების პროცესებს.

ბიოსფერო თანდათან გადადის “ნეოსფეროში<sup>157</sup>”, სადაც ადამიანები ამცირებენ ბიოსფეროსადმი ბუნების დამანგრეველი ძალების მიერ მიყენებული უარყოფითი ზემოქმედების შედეგებს.

გლობალიზაცია და ნეოსფეროს ჩამოყალიბების პროცესი განაპირობებენ და აძლიერებენ ერთმანეთს. სამართლიანი გლობალიზაცია ადამიანთა კეთილდღეობის განუხრელი ზრდისკენაა მიმართული, რასაც სრულიად ახალი ტექნოლოგიების ჩამოყალიბება უწყობს ხელს. ამჟამად განვითარებული სამყარო შედის ახალ ეპოქაში – “**მოაზროვნე ტექნოსფეროს**” (“**Thinking Technology**”) ეპოქაში, რომელიც კიდევ უფრო დიდ შესაძლებლობებს შექმნის სამართლიანი გლობალიზაციისათვის კაცობრიობის სასარგებლოდ.

### საქართველოს ეკონომიკის შეცდომები, საფრთხეები და მათი დაძლევის რეკომენდაციები<sup>158</sup>

საქართველოს ეკონომიკის თითქმის ყველა სფეროში შექმნილია სიტუაცია, რომელიც დიდი საფრთხეების შემცველია. ეს საფრთხეები იმ შეცდომების შედეგია, რაც ბოლო წლების განმავლობაში მრავლად იქნა დაშვებული.

შექმნილ სიტუაციას მნიშვნელოვნად ამძიმებს რუსული სამხედრო აგრესია. ეს საფრთხეები შესაძლოა გახდეს რუსული ოკუპაციის შემდგომ პერიოდში ქვეყნის სწრაფი ეკონომიკური რეაბილიტაციის სერიოზული ხელშემშლელი ფაქტორი.

ქვემოთ ცალკეული სფეროების მიხედვით მოყვანილია დაშვებული შეცდომების არსი და დასახულია მათითავედან აცილების გზები.

### საკუთრების უფლება

#### შეცდომის არსი

ყველაზე დიდი შეცდომა რაც დაუშვა “ვარდების რევოლუციის” გზით მოსულმა ხელისუფლებამ ეს კერძო საკუთრების უფლების ხელყოფაა.

მესაკუთრეებს ძალოვანი უწყებების ზეწოლით აიძულებდნენ ვითომდა “ნებაყოფლობით” დაეთმოთ საკუთრება სახელმწიფოს სასარგებლოდ. ეს პროცესი

<sup>157</sup>საზოგადოებისა და ბუნების განვითარების კოევილუცია, რომლის დროსაც ხდება ჩვენი პლანეტის ბიოსფეროს გადასვლა ახალ თვისებრიობაში – ნეოსფეროში - მოაზროვნე გარსში;

<http://conferenceconomics.tsu.ge/?mcat=1&cat=pers&leng=ge&adgi=1305&title=XXI%20%E1%83%A1%E1%83%90%E1%83%A3%E1%83%99%E1%83%A3%E1%83%9C%E1%83%98%E1%83%A1%20%E1%83%94%E1%83%99%E1%83%9D%E1%83%9A%E1%83%9D%E1%83%92%E1%83%98%E1%83%A3%E1%83%A0%E1%83%98%20%E1%83%92%E1%83%90%E1%83%9B%E1%83%9D%E1%83%AC%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%95%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98>

<sup>158</sup> აკადემიკოსი ვლადიმერ პაპავა. საქართველოს ეკონომიკური და სოციალური განვითარების ზოგიერთი მიმართულება (მოსაზრებები. წინადადებები. რეკომენდაციები). თსუ პაატა გუგუშვილის ეკონომიკის ინსტიტუტი. 2013; გვ. 33-42.



დეპრივატიზაციის საბურველ ქვეშ იქნა გატარებული, რომლის მიზნადაც პრივატიზაციაში 2004 წლამდე დაშვებულ შეცდომათა ვითომდა გამოსწორება იქნა გაცხადებული. სინამდვილეში საკუთრების უფლების ხელყოფა გამოყენებულ იქნა ხელისუფლებასთან დაახლოებულ ე.წ. ელიტარულ ბიზნესმენტათვის ქონების გადანაწილების მიზნით. ამ სიტუაციას ისიც ამძიმებდა, რომ ყოველგვარი სამართლებრივი საფუძვლის გარეშე დაინგრა არაერთი შენობა-ნაგებობა; თითოეული ასეთი შემთხვევა საკუთრების უფლების დარღვევის თვალსაჩინო პრეცედენტი იყო.

**საფრთხე.** საკუთრების უფლების ხელყოფა არასტაბილურობის განცდას ქმნის, რაც ეკონომიკური განვითარებისათვის შემაფერხებელი ფაქტორია.

**რეკომენდაცია.** აუცილებელია საკუთრების უფლების დაცვის არა მარტო საკანონმდებლო ბაზის სრულყოფა, არამედ ხელისუფლების მხრიდან იმ პოლიტიკური ნების არსებობაც, რომ ამგვარი რამ აღარ განმეორდეს. ამასთან ყველა მათ, ვისაც უკანონოდ, იძულების გზით ჩამოერთვა თუ გაუნადგურდა საკუთრება, უნდა მიეცეს სათანადო კომპენსაცია.

## სახელმწიფო ქონების გასხვისება

### შეცდომის არსი

2004 წლიდან დაწყებული მსხვილმასშტაბიანი პრივატიზაცია მიმდინარეობდა კანონმდებლობის სრული დარღვევით. სწორედ ამ გზით შემოვიდა საქართველოში რუსული, ყაზახური, თუ არაბული კაპიტალი. ხშირ შემთხვევაში პრივატიზაციისას გაჟღერებულ თანხაზე რამდენიმეჯერ ნაკლები ფიქსირდებოდა სახელმწიფოსა და ახალ კერძო მესაკუთრეს შორის გაფორმებულ კონტრაქტებში. არც თუ იშვიათად, სპეციალურად ამა თუ იმ ობიექტის პრივატიზაციაში მონაწილეობის მისაღებად, პრივატიზაციის წინ იქმნება ფირმები საექვო დამფუძნებლებითა და საექვო კაპიტალით, და სწორედ ისინი გამოდიან შესაბამის ტენდერებში გამარჯვებულნი.

სახეზეა ისეთი შემთხვევებიც, როცა ჩვენი სახელმწიფო ქონების მესაკუთრე ხდება სხვა სახელმწიფო (მაგალითად, თბილგაზის გასხვისების შემდეგ მისი მესაკუთრე ყაზახური სახელმწიფო კომპანია გახდა), რაც პრივატიზაციად ვერანაირად ვერ ჩაითვლება, თუმცა საქართველოს მთავრობამ ეს გარიგებაც პრივატიზაციის კონტექსტში გააპიარა.

ყველაზე დიდ გაცემას კი ის იწვევს, რომ პრივატიზებული გაერთიანებული ქართული ბანკის ნაციონალიზაცია საქართველოს მთავრობის წახალისებით განახორციელა რუსულმა სახელმწიფომ, როცა მისი საკონტროლო პაკეტი რუსულმა სახელმწიფო ბანკმა – „ვენეტორგბანკმა“ შეიძინა.

მთავრობამ საჯაროდ უარყო სტრატეგიული ობიექტების ცნება, რათა ხელ-ფეხი გახსნოდა ასეთი ობიექტების გასასხვისებლად.

**საფრთხე.** სახელმწიფო ქონების პრივატიზაციის არაგამჭვირვალობა ქმნის კორუფციის შესაძლებლობებს.

**რეკომენდაცია.** სახელმწიფო ქონების პრივატიზაციის პროცესი უნდა ტარდებოდეს მაქსიმალური გამჭვირვალობით, ისე, რომ ყველასათვის ხელმისაწვდომი უნდა იყოს ინფორმაცია იმის შესახებ თუ ვინ არიან ამა თუ იმ კომპანიის დამფუძნებლები. კანონით უნდა აიკრძალოს ოფშორულ ზონებში დარეგისტრირებული კომპანიების შემოსვლა საქართველოს ეკონომიკაში.

## კონკურენციის შეზღუდვა

### შეცდომის არსი

ე.წ. “ვარდების რევოლუციის” შემდეგ დაიწყო არაერთი სახელმწიფო ინსტიტუტის ნგრევა, რამაც ხელი შეუწყო ქართული სახელმწიფოს დასუსტებას. კერძოდ, 2004 წლის ბოლოს, ვითომდა რეფორმების საბურველქვეშ გაუქმდა ანტიმონოპოლიური კანონმდებლობა და შესაბამისად სახელმწიფო ანტიმონოპოლიური სამსახური, რითაც ხელი შეეწყო ბაზარზე მონოპოლიების განვითარებას.

აშკარა კურიოზი კი ის იყო, როცა 2007 წლის ოქტომბერში მთავრობის სხდომის ტელეტრანსლიაციისას შევიტყვეთ, რომ საქართველოს პრეზიდენტმა ანტიმონოპოლიური რეგულირების ფუნქცია მარილის, შაქრის და სხვ. საქონლის ბაზრებზე შინაგან საქმეთა სამინისტროს დაავალა, რაც სრული ნონსენსია, რამეთუ ეს ფუნქცია არანაირ კავშირშია პოლიციისა, თუ სახელმწიფო უშიშროების სამსახურის საქმიანობასთან. (სამართლიანობა მოითხოვს აღინიშნოს, რომ მსგავსი კურიოზი ადრეც, კერძოდ, 2006 წლის გაზაფხულზეც მოხდა, როცა თავდაცვის მინისტრს პრეზიდენტის მიერ ქართული ღვინისათვის საზღვარგარეთ ბაზრების მოძიება დაევალა).

**საფრთხე.** მონოპოლიების მხრიდან საბაზრო კონკურენციის შეზღუდვა არა მარტო აფერხებს ეკონომიკის განვითარებას, არამედ საბოლოო ანგარიშით მომხმარებელს აზარალებს, რომელიც იძულებულია საჭირო საქონელი თუ მომსახურეობა მონოპოლიურად მაღალ ფასში შეიძინოს. გარდა ხსენებულისა, ანტიმონოპოლიური რეგულირების არარსებობა სერიოზული ბარიერია იმისათვის, რომ ევროკავშირმა საქართველოს თავისუფალი ვაჭრობის რეჟიმი მიანიჭოს.

**რეკომენდაცია.** აუცილებელია ანტიმონოპოლიური რეგულირების ისეთი კანონის მიღება და ამოქმედება, რომელიც თავსებადი იქნება ევროკავშირის სათანადო კანონმდებლობასთან.

## სახელმწიფო სტატისტიკა

### შეცდომის არსი

სტატისტიკის სახელმწიფო დეპარტამენტი 2004 წლამდე უშუალოდ ქვეყნის პრეზიდენტს ექვემდებარებოდა, ხოლო 2004 წელს კი ეკონომიკური განვითარების სამინისტროს შემადგენლობაში იქნა შეყვანილი, რაც აშკარად ინტერესთა კონფლიქტია. შედეგად საქართველოში სტატისტიკას იგივე პოლიტიკური ფუნქცია დაეკისრა, რაც მას ჯერ კიდევ საბჭოთა კავშირში ჰქონდა. ეს კი, კერძოდ, იმაში გამოიხატება, რომ რეალური ფაქტების მიუხედავად სახელმწიფო სტატისტიკამ ქვეყნის ეკონომიკური მდგომარეობის ყოველწლიურად უპირობო გაუმჯობესება უნდა გამოაქვეყნოს.

2006 წლის აგვისტოში სტატისტიკის დეპარტამენტს “შემთხვევით გაეპარა” და წლიური ინფლაცია ივლისის თვის მდგომარეობით 14,5 პროცენტის დონეზე დააფიქსირა. ამის გამო საქართველოს ეროვნულმა ბანკმა და საქართველოს მთავრობამ საერთაშორისო სავალუტო ფონდის თბილისში მყოფი მუდმივი წარმომადგენლის მხრიდან მწვავე, თუმცა სამართლიანი, კრიტიკა დაიმსახურა. შედეგად მთავრობამ დეპარტამენტის თავმჯდომარე გადააყენა და მთავრობისადმი აშკარად მორჩილ მის შემცვლელს დაევალა ინფლაციის გამოქვეყნებული მაჩვენებლის თანდათანობითი შემცირება. მთავრობის განცხადების თანახმად 2006 წლის დეკემბრის მდგომარეობით წლიური ინფლაცია 8,8 პროცენტის დონეზე იქნა დაფიქსირებული, რითაც საერთაშორისო სავალუტო ფონდის მოთხოვნა, რომ ინფლაციის წლიური მაჩვენებელი არ ყოფილიყო ორნიშნა, ფორმალურად დაკმაყოფილდა.

ფაქტია, რომ არც ჩვენი მოქალაქეების მხრიდან იყო იმის განცდა და არც ქართველი ექსპერტებისაგან იმის შეფასება, რომ წლიური ინფლაციის დონე არ იყო ორნიშნა.

2009 წლიდან სტატისტიკის ეროვნული სამსახური ჩამოყალიბდა როგორც დამოუკიდებელი ინსტიტუტი, თუმცა მის უმაღლეს ორგანოში – სამეთვალყურეო საბჭოში გათვალისწინებულია ფინანსთა და ეკონომიკური განვითარების სამინისტროების, ასევე ეროვნული ბანკის ხელმძღვანელთა მონაწილეობა, რითაც ხსენებული ინტერესთა კონფლიქტი პრაქტიკულად შენარჩუნებულია. ამის შედეგად, სტატისტიკური ინფორმაციით მანიპულირება მთავრობის მიერ ინსტიტუციური ცვლილების მიუხედავად მაინც გაგრძელდა.

**საფრთხე.** ფაქტია, რომ არავინ იცის ის რეალური სურათი, რასაც მეტ-ნაკლებად ობიექტური სტატისტიკა უნდა იძლეოდეს საქართველოს ეკონომიკური მდგომარეობის შესახებ. ეკონომიკაში არსებული მდგომარეობის დამახინჯება არ იძლევა იმის შესაძლებლობას, რომ სათანადო კორექცია მოხდეს ეკონომიკურ პოლიტიკაში. მცდარი გზით სიარული კი საბოლოო ჯამში უმძიმეს მდგომარეობაში ჩააყენებს მთელი ქვეყანის მოსახლეობას.

**რეკომენდაცია.** აუცილებელია სტატისტიკის შესახებ ახალი კანონის მიღება, რომელიც შესაბამის სახელმწიფო დაწესებულებას მიანიჭებს რეალურ

დამოუკიდებლობას თავრობისაგან. მისათვის, აუცილებელია ამ დაწესებულების გამოყვანა მთავრობის შემადგენლობიდან და მისი პარლამენტისადმი დაქვემდებარება.

## ურთიერთობები დამქირავებლებსა და დაქირავებულებს შორის

### შეცდომის არსი

პოსტ-რევოლუციური მთავრობის ერთ-ერთ “დამსახურებად” ითვლება შრომის კოდექსის ისეთი ვარიანტის მიღება, რომელიც მაქსიმალურ უფლებებს აძლევს დამქირავებელს და აბსოლუტურად უუფლებოს ხდის დაქირავებულს. ამ ტიპის შრომითი ურთიერთობების ჩამოყალიბებას მთავრობა იმით ასაბუთებს, რომ მიმზიდველი გახადოს საქართველო უცხოელი ინვესტორებისათვის.

2006 წელს პრეზიდენტის ინიციატივით 20 პროცენტის სოციალური გადასახადი და 12 პროცენტის საშემოსავლო გადასახადი უნდა გაერთიანებულიყო (!) საშემოსავლო გადასახადში, რომლის დონეც უნდა დადგენილიყო 25 პროცენტით. ეს ასეც გაკეთდა, და შესაბამისი საგადასახადო ცვლილება ძალაში 2007 წლიდან შევიდა.

მოგვიანებით 25 პროცენტის საშემოსავლო გადასახადი 20 პროცენტის განაკვეთით შეიცვალა. იმის გათვალისწინებით, სოციალური გადასახადი და საშემოსავლო გადასახადი სხვადასხვა ბაზიდან იანგარიშება მათი გაერთიანება პრინციპულად შეუძლებელია.

**საფრთხე.** ახალმა შრომის კოდექსმა დაქირავებულთა სოციალური მდგომარეობა უკიდურესად დაამძიმა. გარდა ამისა, დაქირავებულთა უუფლებობა სერიოზული ბარიერია იმისათვის, რომ ევროკავშირმა საქართველოს თავისუფალი ვაჭრობის რეჟიმი მიანიჭოს.

რაც შეეხება გადასახადებს, აქ სინამდვილეში დამქირავებლებს გაუუქმეს 20 პროცენტის სოციალური გადასახადი და მის სანაცვლოდ დაქირავებულებს საშემოსავლო გადასახადი 12-დან 20 პროცენტამდე გაუზარდეს. ფაქტობრივად დაქირავებულთა მდგომარეობა არსებითად გაუარესდა.

**რეკომენდაცია.** აუცილებელია შრომითი ურთიერთობების რეგულირების ისეთი კანონის მიღება და ამოქმედება, რომელიც თავსებადი იქნება ევროკავშირის სათანადო კანონმდებლობასთან, რაც იქნება იმის გარანტია, რომ დაქირავებულები თავს მეტნაკლებად დაცულად იგრძნობენ. მიზანშეწონილია სოციალური გადასახადის აღდგენა 12 პროცენტის დონეზე, ხოლო საშემოსავლო გადასახადის დაწევა ასევე 12 პროცენტის დონეზე. ამ შემთხვევაში დამქირავებლებსა და დაქირავებულებზე დასაქმებასთან დაკავშირებული საგადასახადო ტვირთი თანაბრად გადანაწილდება. სამომავლოდ კი ორივე ამ გადასახადის განაკვეთი შეიძლება 10 პროცენტამდე იქნეს დაწეული.

## თავისუფალი ეკონომიკური ზონა განვითარების მახე

### შეცდომის არსი

თავისუფალი ეკონომიკური ზონის (ანუ იმ ეკონომიკური სივრცის, სადაც ქვეყნის დანარჩენი ტერიტორიისაგან განსხვავებით, სხვადასხვა სახეობის შეღავათები მოქმედებს) იდეა ძირითადად აჭარის ავტონომიური რესპუბლიკის ყოფილი ლიდერის, ასლან აბაშიძის სახელთანაა დაკავშირებული.

ქვეყანაში გატარებული ეკონომიკური ლიბერალიზაციის პირობებში თავისუფალი ეკონომიკური ზონის შექმნის ეკონომიკური მიზანშეწონილობა კლებულობს, რადგანაც შესაძლო შეღავათების ნუსხა და მასშტაბები სწორედ ამ ლიბერალიზაციის გამო მცირდება. ეს კი ის მნიშვნელოვანი არგუმენტია, რომლის გათვალისწინების სურვილი, სამწუხაროდ, არც ასლან აბაშიძეს და არც პოსტრევოლუციურ მთავრობას აღმოაჩნდა.

**საფრთხე.** სიტუაციას ამძიმებს ის, რომ დღეს (2008 წლის აგვისტოს ომამდეც, და განსაკუთრებით ომის შემდეგ) საქართველოს ეკონომიკა ინვესტიციების ნაკლებობას, ანუ ინვესტიციურ “შიმშილს” განიცდის და ასეთ პირობებში თავისუფალი ეკონომიკური ზონის შექმნა ქვეყანაში ინვესტიციური “შიმშილის” გაღრმავებას გამოიწვევს, რაც საბოლოო ანგარიშით მთელი ეკონომიკის განვითარებას შეაფერხებს. ინვესტიციური “შიმშილის” პირობებში არა მარტო უცხოელი, არამედ ადგილობრივი პოტენციური ინვესტორიც ფულს მხოლოდ თავისუფალ ეკონომიკურ ზონაში დააბანდება. ასე, რომ ინვესტიციები მხოლოდ არსებულ თავისუფალ ეკონომიკურ ზონაში ჩაიდება და არც ერთი ინვესტორი აღარ მოინდომებს ზონის გარეთ ინვესტიციის გაღებას, რაც იმას ნიშნავს, რომ ზონის ეკონომიკური განვითარება დანარჩენი საქართველოს ხარჯზე მოხდება.

**რეკომენდაცია.** თავისუფალი ეკონომიკური ზონის დაარსებისა და რეგულირების საქართველოში მოქმედი კანონი სპეციალური ინდუსტრიული ზონის შესახებ უნდა გაუქმდეს. უცხოელ ინვესტორებთან დადებული სათანადო ხელშეკრულებები საერთაშორისო გამოცდილების გაზიარებით უნდა გაუქმდეს.

## თავი 6

ხელოვნური მასალების თვითაღდგენის მექანიზმების განხილვა; თვითაღდგენის ეფექტის გამომწვევი მექანიზმების ქიმიური და ფიზიკური პროცესების მოკლე მიმოხილვა; ხელოვნურად შექმნილი მასალები: პოლიმერები, კერამიკა, ლითონები, კომპოზიტები; თვითაღდგენადი მასალების ექსპერიმენტალური პროტოტიპები; ავტონომიური და არაავტონომიური თვითაღდგენადი მასალები; "გარე" და „შინაგანი“ თვითაღდგენის მექანიზმები; „self-healing materials“ – „თვითაღდგენადი“, „თვითგანკურნებადი“ ან „თვითშეხორცებადი“ მასალები; თვითაღდგენადი პოლიმერული მასალები; დილს-ალდერის რეაქცია (Diels–Alder reaction) სპეციალურად მოდიფიცირებულ მასალებში; ბეტონის „თვითშეხორცების“ ერთ-ერთი პერსპექტიული მიდგომა არის იმპლანტაცია კირქვის წარმომქმნელი ბაქტერიებით; საქართველოში ეკონომიკის ნეონდუსტრიული ტიპზე გადასვლის თანამედროვე ტექნოლოგიათა ასპექტები; ბიზნესის განვითარების პროგნოზირების პრობლემები; წყლის ელექტროქიმიური აქტივაციის გამოყენებითი ასპექტები; სადღეისო საშუალებების შესარჩევი თანამედროვე მეთოდოლოგიებისათვის; საწარმოო შენობების სანიტარული მომზადების მეთოდები; მოწყობილობის და ინვენტარის დამუშავების მეთოდები; ვალიდაცია და ვერიფიკაცია; კონტრაქტით წარმოების ძირითადი პრინციპები; რეკლამაცია და პროდუქციის გამოთხოვნის ძირითადი პრინციპები; თვითინსპექციის უმთავრესი პრინციპები.

თვითაღდგენადი მასალები არის ხელოვნურად შექმნილი ნივთიერებები ან სისტემები, რომლებსაც შეუძლიათ ავტომატურად და ავტონომიურად ნაწილობრივ ან სრულად აღადგინონ მასალის თავდაპირველ მახასიათებლები, მათთვის მიყენებული დაზიანების შემდეგ. იდეალურ შემთხვევაში, აღდგენის პროცესები უნდა მოხდეს ყოველგვარი გარე ჩარევის გარეშე, განსაკუთრებით ადამიანის შემთხვევაში<sup>159</sup>.

ყველაზე გამორჩეული თვითაღდგენადი სისტემები არის ბიოლოგიური მასალები, რომლებიც ავლენენ უნარს გარე მექანიკური დაზიანების მიღების შემდეგ მათი ფუნქციური თვითაღდგენა-რეგენერაციის ხარჯზე აღმოიფხვრას დაზიანების შედეგები.

ბიოლოგიურ სისტემებში თვითაღდგენაგვხვდება, როგორც ცალკეული მოლეკულების დონეზე (მაგალითად, დნმ-ის აღდგენა), ასევე მაკროდონეზე: გატეხილი ძვლების შერწყმა, დაზიანებული სისხლძარღვების შეხორცება დადა ა. შ. ეს პროცესები

<sup>159</sup> ა). Ghosh S.K. Self-Healing Materials: Fundamentals, Design Strategies, and Applications Edited by Swapan Kumar Ghosh. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2009, p. 306. ბ). Bekas D.G., Tsirka K., Baltzis D. et al. Self-healing materials: A review of advances in materials, evaluation, characterization and monitoring techniques. Composites Part B, 2016, № 87, pp. 92-119. გ). Абашкин Р.Е., Руднев М.О. Перспективы применения самовосстанавливающихся материалов. Сборник научных трудов XI-ой Международной научно-практической конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации»: в 4 томах. Ответственный редактор: Горохов А.А., 2014, т. 1, с. 25-28.

ყველასთვის ნაცნობია, მაგრამ ადამიანის მიერ შექმნილი მასალებს ძირითადად, არ აქვთ თვითაღდგენის მსგავსი უნარი.

ხელოვნური „თვითაღდგენი“ მასალები უზარმაზარ შესაძლებლობებს ხსნის, განსაკუთრებით იმ შემთხვევებში, როდესაც ძნელად მისაღწეად ადგილებში მასალების საიმედოობის უზრუნველსაყოფად უფრო გრძელი პერიოდია დასაპროექტებელი.

ხელოვნური მასალების ნებისმიერი თვისების თვითაღდგენის უნარს შეუძლია გაზარდოს მათი ექსპლუატაციის ვადა, შეამციროს მათი სამუშაო მდგომარეობაში შენარჩუნებისა და შეკეთების ღირებულება და ასევე გაზარდოს სტრუქტურის ან მთლიანი პროდუქტის უსაფრთხოების დონე. ამ მიზეზით, თვითაღდგენადი მასალები ამჟამად არის მასალათმცოდნეობის ერთ-ერთი ყველაზე გამოკვლევადი სფეროს საგანი<sup>160</sup>.

თვითაღდგენადი მასალები, თვითაღდგენის პროცესების გამომწვევი მექანიზმიდან გამომდინარე, შეიძლება დაიყოს ორ განსხვავებულ კლასად: **ავტონომიურ და არაავტონომიურ თვითაღდგენად მასალებად.**

**ავტონომიური თვითაღდგენის** დროს, ნებისმიერი აღდგენის პროცესის დაწყების იმპულსი არის თავად დაზიანება და მასალას შეუძლია ნაწილობრივ ან მთლიანად აღადგინოს ორიგინალური მახასიათებლები ყოველგვარი დამატებითი გარეგანი გავლენის გარეშე.

**თვითაღდგენის არაავტონომიური** მექანიზმები მოითხოვს პროცესის გარედან ინიცირებას, როგორცაა მაგალითად ტემპერატურის ან სინათლის მომატება.

ხელოვნური მასალების თვითაღდგენის მექანიზმები იყოფა „გარეგან“ და „შინაგანად“ „თვითაღდგენის“ პროცესების ორგანიზების მეთოდის მიხედვით. „გარე“ **თვითაღდგენის მექანიზმები** ეფუძნება ზოგიერთ გარე, ძირითადი მასალის მატრიცაში, სპეციალურად შეყვანილ საბაზისო მასალის აღდგენის კომპონენტებს, მაგალითად, მიკროკაფსულებს „შემახორცებელი“ ნივთიერებებით, ხოლო „შინაგანი“ თვითაღდგენის მექანიზმები არ საჭიროებს დამატებით აღმდგენწარმოებს. **თვითაღდგენადი მასალები**<sup>161</sup>

---

<sup>160</sup>ა). Kessler M.R. Self-healing: a new paradigm in materials design. Proc. Inst. Mech. Eng. Part G J. Aerosp. Eng., 2007, № 221, pp. 479-495. ბ). Yang Y., Ding X., Urban M.W. Urban Chemical and physical aspects of self-healing materials. Progress in Polymer Science, 2015, v. 49-50, pp. 34-59. გ). Li V.C., Yang E. Self-healing in concrete materials. In: van der Zwaag S., editor. Self-healing materials. Dordrecht: Springer, 2007, pp.161-193. დ). Wool R.P. Self-healing materials: a review. Soft Matter, 2008, no. 4, pp. 400-418. ე). Lee H.I., Vahedi V., Pasbakhsh P. Self-healing polymer composites: Prospects, challenges, and applications. Polymer Reviews, 2016, vol. 56, pp. 225 – 261. ვ). Van der Zwaag S., van Dijk N.H., Jonkers H.M. et al. Self-healing behavior in man-made engineering materials: bioinspired but taking into account their intrinsic character. Phil. Trans. R. Soc. A, 2009, v. 367, pp. 1689-1704. ზ). Hillewaere X.K.D., Du Prez F.E. Fifteen Chemistries for Autonomous External Self-Healing Polymers and Composites. Progress in Polymer Science, 2015, 104 p.



წარმოადგენს ნივთიერებების ფართო კლასს და შეიძლება დაიყოს "სუფთა" მასალებად (პოლიმერები, კერამიკა, ცემენტები და ლითონები) და კომპოზიტურ მასალებად და სისტემებად, რომლებიც წარმოდგენილია სხვადასხვა კომბინაციებში (არმირებული მასალები, კაფულირებული მასალები, ღრუ და ბოჭკოებით შევსებული სისტემები. სისხლძარღვთა სისტემები, ფენოვანი მასალები, „სენდვიჩ პანელები“ თხევადი რეაგენტებით და სხვ.). აქ ანოტირებული სახით უნდა განვიხილოთ თვითაღდგენადობის ძირითადი მექანიზმები და მათი პრაქტიკული განხორციელების მაგალითები.

ხელოვნური მასალების „თვითაღდგენადობის“ კონცეფცია ცოტა ხნის წინ, რამდენიმე ათეული წლის წინ გამოჩნდა, მაგრამ მასალათმცოდნეობის ტექნოლოგიების თანამედროვე განვითარებისა და იმ მასალების გამოყენების პერსპექტივის წყალობით, რომელსაც შეუძლიათ დაზიანების შემდეგ თავდაპირველი მახასიათებლების თვითაღდგენა, ეს მიმართულება აგრძელებს სამეცნიერო საზოგადოების მოზიდვას და განიცდის სწრაფ განვითარებას.

მასალების საწყისი მახასიათებლების თვითაღდგენაში ჩართული პროცესების რთული ბუნება მოითხოვს მრავალდონიანი მოლეკულური, მიკროსკოპული და მაკროსკოპული პროცესების გააზრებას, რაც წარმოადგენს სხვადასხვა ნივთიერებებში თვითაღდგენის ეფექტის მიღების ძირითად მექანიზმებს, აგრეთვე მათ გამოყენებას მათზე დაფუძნებული „თვითაღდგენი“ მასალებისა და კომპოზიტების პროტოტიპების შესაქმნელად.

ინგლისურენოვან სამეცნიერო საზოგადოებაში, თვითაღდგენის ეფექტის მქონე მასალებისთვის, მათი პოპულარიზაციისათვის - ბიოლოგიურ ობიექტებთან

---

<sup>161</sup>ა). Ghosh S.K. Self-Healing Materials: Fundamentals, Design Strategies, and Applications Edited by Swapan Kumar Ghosh. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2009, p. 306. ბ). Bekas D.G., Tsirka K., Baltzis D. et al. Self-healing materials: A review of advances in materials, evaluation, characterization and monitoring techniques. Composites Part B, 2016, № 87, pp. 92-119. გ). Kessler M.R. Self-healing: a new paradigm in materials design. Proc. Inst. Mech. Eng. Part G J. Aerosp. Eng., 2007, № 221, pp. 479-495. დ). Yang Y., Ding X., Urban M.W. Urban Chemical and physical aspects of self-healing materials. Progress in Polymer Science, 2015, v. 49-50, pp. 34-59. ე). Li V.C., Yang E. Self-healing in concrete materials. In: van der Zwaag S., editor. Self-healing materials. Dordrecht: Springer, 2007, pp.161-193. ვ). Wool R.P. Self-healing materials: a review. Soft Matter, 2008, no. 4, pp. 400-418. 8. Lee H.I., Vahedi V., Pasbakhsh P. Self-healing polymer composites: Prospects, challenges, and applications. Polymer Reviews, 2016, vol. 56, pp. 225 – 261. ზ). Van der Zwaag S., van Dijk N.H., Jonkers H.M. et al. Self-healing behavior in man-made engineering materials: bioinspired but taking into account their intrinsic character. Phil. Trans. R. Soc. A, 2009, v. 367, pp. 1689-1704. თ). Hillewaere X.K.D., Du Prez F.E. Fifteen Chemistries for Autonomous External Self-Healing Polymers and Composites. Progress in Polymer Science, 2015, 104 p. ი). Blaiszik B.J., Kramer S.L.B., Olugebefola S.C., Moore J.S., Sottos N.R. and White S.R. SelfHealing Polymers and Composites. Annu. Rev. Mater. Res, 2010, № 40, pp.179-211. კ). Wu D.Y., Meure S., Solomon D. Self-healing polymeric materials: a review of recent developments. Prog. Polym. Sci., 2008, № 33(5), pp. 479-522. ლ). Scheiner M., Dickens T.J., Okoli O. Progress towards self-healing polymers for composite structural applications. Polymer, 2016, no. 83, pp. 260-282. მ). Zwaag S., Grande A.M., Post W. Review of current strategies to induce self-healing behavior in fiber reinforced polymer based composites. Mater. Sci. Technol, 2014, № 30, pp. 1633-1641. ნ). Wu M., Johannesson B., Geiker M. A review: Self-healing in cementitious materials and engineered cementitious composite as a self-healing material. Construction and Building Materials, 2012, no. 28, pp. 57-583. უ). De Rooij M., Van Tittelboom K., De Belie N. et al. Self-Healing Phenomena in Cement-Based Materials. Editors: Springer. Netherlands, 2013, p. 279. ფ). Thakur V.K., Kessler M.R. Self-healing polymer nanocomposite materials: A review. Polymer, 2015, 69, pp. 369-383. ქ). Blaiszik B. J., Sottos N. R., White S. R. Nanocapsules for self-healing materials. Composites Science and Technology, 2008, no. 68, pp. 978-986. ჟ). Yang Y., Urban M. Self-healing polymeric materials. Chem. Soc. Rev., 2013, no. 42 (17), pp. 7446-7467. ბ). Urdl K., Kandelbauer A., Kern W. et al. Self-healing of densely cross linked thermoset polymers - a critical review // Progress in Organic Coatings, 2017, v. 104, pp. 232-249. ჟ). Yuan Y.C., Yin Tc., Rong M.Z., Zhang M.Q. Self-healing in polymers and polymer composites. Concepts, realization and outlook: A review // EXPRESS Polymer Letters Vol.2, no. 4 (2008) 238-250. ლ). Zhu D.Y., Rong M.Z., Zhang M.Q. Self-healing polymeric materials based on microencapsulated healing agents: From design to preparation. Progress in Polymer Science, 2015, v. 49-50, pp. 175-220.

ანალოგიით, გამოიყენება ტერმინი „self-healing materials“, რომელიც პირდაპირ თარგმანში ჟღერს როგორც „თვითგანკურნებადი“ ან „თვითშეხორცებადი“ მასალები და გულისხმობს მასალის პირვანდელი სტრუქტურის აღდგენას. პირდაპირ თარგმნით, ტერმინები "თვითგანკურნება" ან "თვითშეხორცება" არ ასახავს "არაცოცხალ" ორგანულ და არაორგანულ მასალებში მომხდარ ფენომენოლოგიურ არსს, მაგრამ ისინი იძლევიან კარგ, ზოგად წარმოდგენას საბოლოო მაკროსკოპული ეფექტის შესახებ.

### თვითაღდგენადი პოლიმერული მასალები

თანამედროვე მასალებისათვის მოთხოვნები ისეთია, რომ ხშირად თვითაღდგენა ხელოვნურ მასალებში, განსაკუთრებით კი პოლიმერებში, ყველაზე მოთხოვნადია სხვადასხვა მასშტაბის მექანიკური დაზიანების შემთხვევაში;

#### თვითაღდგენადობის პროცესების ინიცირება მნიშვნელოვანია:

- მიკრობზარებში, მოლეკულათაშორისი ბმების დაზიანებული ადგილის სიახლოვეს;
- მაკრობზარებში (ნაპრალის „სამკურნალო“ ნივთიერებით შევსების პირობები უნდა შეიქმნას);
- განცალკევებული ზედაპირის მქონე ადგილებში (მათი შეერთების აუცილებელი პირობების შესაქმნელად).

მაკროსკოპული თვალსაზრისით, მექანიკური მოქმედებით გამოწვეული მიკრობზარის დონის დაზიანებამ შეიძლება გამოიწვიოს ფართომასშტაბიანი რღვევა, ასე რომ მიკრობზარების „თვითგანკურნება“ ხდება საიმედო დაცვა მაკრობზარების წარმოქმნისგან და ყველაზე აქტუალური და გადაუდებელი ამოცანაა -პოლიმერთა მასალათმცოდნეობაში.

პოლიმერულ სისტემებში მექანიკური დაზიანების თვითაღდგენა შესაძლებელია როგორც კოვალენტური ბმების გამოყენებით, ასევე არაკოვალენტური ურთიერთქმედებით. პირველ შემთხვევაში გამოიყენება სხვადასხვა ჯვარედინი რეაქციები, **Diels- Alder**<sup>162</sup> და სხვები.

არაკოვალენტური „შეხორცება“ შეიძლება განხორციელდეს წყალბადის ბმებისა და რთული ნაერთების წარმოქმნით, არომატული ურთიერთქმედებით ( $\pi$ - $\pi$  ურთიერთქმედება), იონური ურთიერთქმედებით, ვან დერ ვაალის ძალებით და სხვა არაკოვალენტური ურთიერთქმედებით. „სამკურნალოდ“ ასევე შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა ზოლების და გელების პროცესები.

<sup>162</sup> დილს-ალდერის რეაქცია გამოიყენება რთული ბუნებრივი ნაერთების სინთეზში, მაგალითად, პროსტაგლანდინის, მცენარეული ჰორმონის - აბსციზის მჟავას(იზოპრენოიდი)(ინგლ. ABA) სინთეზში.

სიბლანტის ცვლილებამ, ზოგიერთი ოლიგომერული და პოლიმერული მასალის ნაკადის გადანაცვლების სიჩქარის ცვლილებით შეიძლება, გარკვეულ პირობებში, მიანიჭოს მათ თვითაღდგენის<sup>163</sup> მახასიათებლები.

ჯვარედინი კავშირის ანუ „შემკერი“ რეაქციები შეიძლება იყოს თვითინიცირებადი, ან გამოწვეული დასხივებით და მექანიკური ზემოქმედებით სპეციალურად შეყვანილ დაბალმოლეკულურ ნაერთებზე, რომლებიც დაკავშირებულია მაკრომოლეკულის მთავარ ჯაჭვთან.

ჯვარედინი რეაქციები იწვევს მოლეკულური წონის ზრდას პოლიმერის მაკრომოლეკულებს შორის წარმოქმნილი კავშირები გამო. ჯვარედინი კავშირის რეაქციები გამოიყენება ინდუსტრიაში იშვიათი ბადისებრი ელასტომერების წარმოებისთვის რეზინების ვულკანიზაციის გზით.

მაკრომოლეკულებს შორის ჯვარედინი კავშირები შეიძლება ჰქონდეს კოვალენტური, იონური, იონ-კოორდინაციის ბუნება და ასევე წარმოიშვას წყალბადური (H+) ბმების გამო.

კოვალენტური ბმებით ჯვარედინ კავშირს ეწოდება ქიმიური ჯვარედინი კავშირი, რომელიც შეუქცევადი პროცესია. ჯვარედინი კავშირს იონური და იონ-კოორდინაციის ბმებით, აგრეთვე H- ბმების გამო ეწოდება ფიზიკური კავშირი, რომელიც შექცევადი პროცესია (წყალბადის ბმები ლაბილურია, ანუ სტაბილურია მხოლოდ გარკვეულ პირობებში).

დილს-ალდერის რეაქცია (Diels–Alder reaction) გამოიყენება სპეციალურად მოდიფიცირებულ მასალებში, როგორცაა ეპოქსიდური ფისები, პოლიაკრილატები და პოლიამიდები. ქიმიური კავშირების ფორმირება დიენსა და დიენოფილში მათი ფიზიკური რღვევის შემდეგ შეიძლება სტიმულირდეს გარე გამოსხივებით ან მასალის ტემპერატურის მატებით, თუმცა ტემპერატურის გადაჭარბებულმა ზრდამ შეიძლება გამოიწვიოს ჩამოყალიბებული ბმების რღვევა.

ზოგიერთ პოლიმერში, სადაც მექანიკური რღვევა ხდება ბმების ჰომოლიზური რღვევის<sup>164</sup> გამო თავისუფალი რადიკალების წარმოქმნით შესაძლებელია ავტომატური თვითაღდგენის რეაქციები. ამისათვის, მორეაგირე ჯგუფების მქონე, პოლიმერის ჯაჭვების გათიშული ბოლოები, უნდა მოძრაობდნენ და რეაგირებენ ერთმანეთთან, სანამ მიღებული თავისუფალი რადიკალები სხვა რეაქციებში შევლენ. ასეთი მასალების თვისებების ეფექტური თვითაღდგენისათვის აუცილებელია თავისუფალი რადიკალების ჟანგბადთან ურთიერთქმედების თავიდან აცილება. თუ თავისუფალი რადიკალები ურთიერთქმედებენ ჟანგბადთან, ისინი ვერ შეძლებენ ურთიერთქმედებას

<sup>163</sup>ა). Wool R., O'Connor K. Theory of crack healing in polymers. J. Appl. Phys., 1981, no. 52(10), pp. 5953-5963. ბ). Jud K., Kausch H.H., Williams J.G. Fracture mechanics studies of crack healing and welding of polymers. Journal of Materials Science, 1981, no. 16, pp. 204-210. გ). Kim Y.H., Wool R.P. A theory of healing at a polymer-polymer interface. Macromolecules, 1983, no. 16, pp. 1115-1120.

<sup>164</sup>ჰომოლიზური რღვევა (ჰომოლიზი) არის ქიმიური ბმის სიმეტრიული რღვევა, როდესაც თითოეული წარმოქმნილი ფრაგმენტი იღებს ერთ ელექტრონს; ხოლო ჰეტეროლიზური რღვევა (ჰეტეროლიზი) არის ქიმიური ბმის ასიმეტრიული რღვევა, როდესაც წყვილი ელექტრონი რჩება ერთ-ერთ წარმოქმნილ ფრაგმენტში.

ჯაჭვის სხვა ბოლოებთან და ამგვარად მასალა ვერ შეძლებს „თვითგანკურნებას“ ანუ თვითაღდგენას. მაგალითად, ტრიტიოკარბონატის პოლიმერული კომპლექსის სტრუქტურა იძლევა ბმების გადაჯგუფების საშუალებას<sup>165</sup>, რეაქციის მსვლელობისას წარმოშობილი შუალედური თავისუფალი რადიკალის მეშვეობით. ტრიტიოკარბონატში გაგლეჯილი ბმების აღდგენა ხორციელდება თავისუფალი რადიკალების მქონე მობილური ჯგუფების მეშვეობით<sup>166</sup> და სტიმულირდება ულტრაიისფერი გამოსხივებით.

თერმოპლასტიური პოლიმერული მასალები, რომლებიც შეიცავს კოვალენტურ ბმებს, შეუძლიათ შექცევადი რეაქციების განხორციელება, ასევე შეიძლება გამოავლინონ „თვითმაკურნებელი“ თვისებები. აღნიშნულის მაგალითია პოლიმერები სადაც ალკოქსიამინის ჯგუფებია შეტანილი<sup>167</sup>.

პოლიმერებისა და პოლიმერული სისტემების უმეტესობა გამინების ტემპერატურაზე მაღლა ხასიათდებიან ნაწილობრივი ან მთლიანად თვითაღდგენის უნარით დაცილებული ზედაპირების შეერთებით. ეს „თვითგანკურნების“ მექანიზმი კარგად სტიმულირება დამატებითი გაცხელებით. ასევე, ზოგიერთი მასალის აღდგენა გამინების ტემპერატურის ქვემოთ შესაძლებელია დაზიანებული ადგილის გაცხელებით.

სუპერმოლეკულური (ზემოლეკულური) ურთიერთქმედება უმეტეს შემთხვევაში იძლევა უფრო სწრაფად აღდგენის საშუალებას, ვიდრე კოვალენტური ბმებია. თუმცა ასეთ მასალებს, როგორც წესი, არ აქვთ კარგი მექანიკური თვისებები, არიან საკმაოდ რბილი და მაღალი რეოლოგიის, რაც ზღუდავს მათი გამოყენების ფარგლებს.

### თვითაღდგენადი კერამიკული მასალები

კერამიკულ მასალებში თვითაღდგენის ეფექტი არ არის ისეთი ვრცელი და გამოხატული, როგორც პოლიმერებში. კერამიკაში, ზოგადად, „თვითშეხორცება“ შესაძლებელია მხოლოდ მცირე დეფექტებისა, რომელთა ზომები შემოიფარგლება ასობით მიკრომეტრით.

მიუხედავად ამისა, კერამიკულ მასალებში მექანიკური ცვეთით ან თერმული დამაბულობით გამოწვეული მიკრობზარების „თვითშეხორცებას“ შეუძლია მნიშვნელოვნად გააუმჯობესოს მათი საექსპლოატაციო მახასიათებლები. კერამიკულ

<sup>165</sup> Yang Y., Urban M. Self-healing polymeric materials. Chem. Soc. Rev., 2013, no. 42 (17), pp. 7446-7467.

<sup>166</sup> Amamoto Y., Otsuka H., Takahara A. et al. Self-healing of covalently cross-linked polymers by reshuffling thiuram disulfide moieties in air under visible light. Adv. Mater, 2012, № 24(29), pp. 3975-3980.

<sup>167</sup> ა). Scheiner M., Dickens T.J., Okoli O. Progress towards self-healing polymers for composite structural applications. Polymer, 2016, no. 83, pp. 260-282. ბ). Amamoto Y., Otsuka H., Takahara A. et al. Self-healing of covalently cross-linked polymers by reshuffling thiuram disulfide moieties in air under visible light. Adv. Mater, 2012, № 24(29), pp. 3975-3980. ვ). Yuan Y.C. et al. Self-healing polymeric materials using epoxy/mercaptan as the healant. Macromolecules, 2008, no. 41 (14), pp. 5197-5202. გ). Yuan Y.C., Ye Y., Rong M.Z. et al. Self-healing of lowvelocity impact damage in glass fabric/epoxy composites using an epoxymercaptan healing agent. Smart Mater Struct, 2011, no. 20 (1), pp. 15-24.

მასალებში მიკრობზარების თვითაღდგენა ეფუძნება მაღალ ტემპერატურაზე კერამიკული მატრიცის შემადგენელი ნაწილების დაჟანგვის პროცესებს.

ასეთი „თვითშეხორცების“ ეფექტი შეინიშნება  $Mn + 1AX_n$  ფაზების შემცველ კერამიკულ მასალებში (MAX ფაზა), სადაც M არის გარდამავალი ლითონი, A არის პერიოდული სისტემის IIIA ან IVA ქვეჯგუფის ელემენტი და X არის ნახშირბადი ან აზოტი.

თვითაღდგენად კერამიკულ მასალებში ხშირად გამოიყენება ჟანგვითი რეაქციები, რა დროსაც ოქსიდის მოცულობა აღემატება საწყისი მასალის მოცულობას. შედეგად, მიიღება მიკრობზარები, რომლებიც სავსეა A-ელემენტის ოქსიდებით, რომლებიც წარმოიქმნება MAX-ფაზის კომპონენტებისგან ჟანგბადის შემცველ ატმოსფეროში მაღალ ტემპერატურაზე ზემოქმედების დროს. შედეგად, ამ რეაქციების პროდუქტები მოცულობის ზრდის გამო შეიძლება გამოყენებულ იქნას მცირე ბზარების ამოსავსებად<sup>168</sup>. მაგალითად, თვითაღდგენად  $Ti_2AlC$  კერამიკისათვის იყენებენ ჰაერის მაღალ ტემპერატურაზე წარმოქმნილი  $\alpha-Al_2O_3$  და  $TiO_2$  ნაერთებით ბზარის შევსების ეფექტს<sup>169</sup>.

კერამიკის „თვითშეხორცების“ კიდევ ერთი მაგალითია SiC-კერამიკის თვითაღდგენითი დაჟანგვა. მატრიცაში შეყვანილი აქტიური SiC შემავსებელი იჟანგება ჟანგბადის შეღწევით, რითაც წარმოქმნილი  $SiO_2$  მთლიანად ავსებს ბზარს<sup>170</sup>.

### ლითონის თვითაღდგენადი მასალები

მეტალის მასალებში, მათი განსაკუთრებული თვისებების გამო, უფრო რთულია თვითაღდგენის ეფექტის მიღწევა, ვიდრე მასალების სხვა კლასებში. ერთ-ერთი დაბრკოლება არის ატომებს შორის კავშირის ბუნება და მათი დაბალი მობილურობა სამუშაო ტემპერატურაზე.

ძირითადად, ლითონების დეფექტები „იკურნება“ მასალის ძირითად მატრიცაში შეყვანილი უფრო დნობადი და პლასტიკური ფაზებით, ან აგლომერატების დაჩქარებული ფორმირებით ფაზებიდან, რომლებიც გარკვეულ პირობებში გამოილექება

<sup>168</sup>ა). Nakao W., Abe S. Enhancement of the self-healing ability in oxidation induced self-healing ceramic by modifying the healing agent. *Smart Materials & Structures*, 2012, № 21(2), pp. 1-7. ბ). Farle A., Kwarkernaak C., Van der Zwaag S. et al. A conceptual study into the potential of  $Mn+1AX_n$ -phase ceramics for self-healing of crack damage. *Journal of the European Ceramic Society*, 2015, № 35, pp. 37-45. გ). Yoshioka S., Nakao W. Methodology for evaluating self-healing agent of structural ceramics. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 2015, v. 26, №11, pp. 1395-1403. დ). Ono M., Nakao W., Takahashi K. et al. A new methodology to guarantee the structural integrity of  $Al_2O_3/SiC$  composite using crack healing and a proof test. *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.*, 2007, № 30(7), pp. 599-607. ე). Yang H.J., Pei Y.T., Rao J.C. et al. Self-healing performance of  $Ti_2AlC$  ceramic. *Journal of Materials Chemistry*, 2012, № 22(17), pp. 8304-8313. ვ). Shibo L., Guiming S., Kwarkernaak K. et al. Multiple crack healing of a  $Ti_2AlC$  ceramic. *Journal of the European Ceramic Society*, 2012, no. 32 (8), pp. 1813-1820.

<sup>169</sup>ა). Yang H.J., Pei Y.T., Rao J.C. et al. Self-healing performance of  $Ti_2AlC$  ceramic. *Journal of Materials Chemistry*, 2012, № 22(17), pp. 8304-8313. ბ). Shibo L., Guiming S., Kwarkernaak K. et al. Multiple crack healing of a  $Ti_2AlC$  ceramic. *Journal of the European Ceramic Society*, 2012, no. 32 (8), pp. 1813-1820.

<sup>170</sup>ა). Ghosh S.K. *Self-Healing Materials: Fundamentals, Design Strategies, and Applications* Edited by Swapan Kumar Ghosh. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2009, p. 306. ბ). Ono M., Nakao W., Takahashi K. et al. A new methodology to guarantee the structural integrity of  $Al_2O_3/SiC$  composite using crack healing and a proof test. *Fatigue Fract. Eng. Mater. Struct.*, 2007, № 30(7), pp. 599-607.

ძირითადი მასალისგან დეფექტების წარმოშობის ადგილებში. გამდნარმა ან ნალექიანმა ფაზებმა შეიძლება შეავსონ დეფექტი და შეაჩერონ რღვევის შემდგომი ზრდა<sup>171</sup>.

„თვითგანკურნების“ მექანიზმს, რომელიც შედგება ნალექი ნივთიერებების ზეგაჯერებული მყარი ხსნარიდან დეფექტურ ადგილებში გავრცელებაში, შეუძლია თავიდან აიცილოს სიცარიელების წარმოქმნა. ამ თვითაღდგენის მექანიზმის ეფექტურობა<sup>172</sup> დამოკიდებულია ტემპერატურაზე, მოდებულ დამაბულობაზე, დეფექტის მდებარეობაზე, მის ორიენტაციაზე დამაბულობის ველზე და მეტალური მარცვლის საზღვრებზე.

მეტალის ზოგიერთ მასალაში არსებობს „თვითგანკურნების“ „თანდაყოლილი“ მექანიზმები ზედაპირული პასივაციის გამო, რაც შეიძლება ირიბად მიეწეროს "თვითგანკურნებას". მაგალითად, ისეთ ქიმიურად აქტიურ ლითონში, როგორცაა ალუმინი და მისი შენადნობების უმეტესობაში, ლითონის ზედაპირი, ატმოსფეროს პირობებში, საკმაოდ სწრაფად გადადის არააქტიურ, პასიურ მდგომარეობაში, რომელიც ხელს უშლიან კოროზიას. ამრიგად, ახალი ზედაპირით ჩამოყალიბებული უბნები „თვითგანკურნებადია“ დამცავი ალუმინიანი ფირის საშუალებით.

### თვითაღდგენადი ცემენტის მასალები

ცემენტის მასალები რომის იმპერიის დროიდან არსებობდა. თანამედროვე მსოფლიოში ბეტონი და მისი შემადგენელი ცემენტი ყველაზე პოპულარულ სამშენებლო მასალებს შორისაა. ცემენტირების პროცესი არის კლდის შემადგენელი ნაწილების (ქვიშა, კირქვის ფრაგმენტები და სხვა ქანები) შეერთება გახსნილ მინერალურ ნივთიერებებთან. ამ მასალებს აქვთ თვითაღდგენის უნარი, რაც პირველად 1836 წელს დაფიქსირდა.

მეცნიერებმა ყურადღება გაამახვილეს იმ ფაქტზე, რომ ზოგიერთ მასალას, რომელსაც შემადგენლობაში მინერალური კომპონენტები აქვს, ბუნებრივ გარემოში არსებული მცირე ბზარების „თვითგანკურნების“ ბუნებრივი უნარი აქვს<sup>173</sup>. **ცემენტის**

<sup>171</sup> ა). Zhang S. et al. Self-healing of creep damage by gold precipitation in iron alloys. *Advanced Engineering Materials*, 2015, № 17(5), pp. 21-26. ბ). Shinya N., Kyono J., Laha K. Self-healing effect of boron nitride precipitation on creep cavitation in austenitic stainless Steel. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 2006, v. 17, pp. 1127-1133. Laha K., Kyono J., Shinya N. An advanced creep cavitation resistance Cu-containing 18Cr12Ni-Nb austenitic stainless steel. *Scripta Materialia*, 2007, № 56(10), pp. 915-918. გ). He S.M. et al. Thermally activated precipitation at deformation-induced defects in Fe-Cu and Fe-Cu-B-N alloys studied by positron annihilation spectroscopy. *Physical Review*, 2010, no. 81(9), pp. 94-103. დ). Zhang, S. et al. Defect-induced Au precipitation in Fe-Au and Fe-Au-B-N alloys studied by in situ small-angle neutron scattering. *Acta Materialia*, 2013, №61(18), pp. 7009-7019.

<sup>172</sup> Shinya N., Kyono J., Laha K. Self-healing effect of boron nitride precipitation on creep cavitation in austenitic stainless Steel. *Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, 2006, v. 17, pp. 1127-1133.

<sup>173</sup> ა). Zhang, S. et al. Defect-induced Au precipitation in Fe-Au and Fe-Au-B-N alloys studied by in situ small-angle neutron scattering. *Acta Materialia*, 2013, №61(18), pp. 7009-7019. ბ). Li V.C., Yang E. Self-healing in concrete materials. In: van der Zwaag S., editor. *Self-healing materials*. Dordrecht: Springer, 2007, p. 161-193. გ). Mehta P.K. Sulfate attack on concrete – a critical review. *Materials science of concrete III*. The American Ceramic Society, 1993, p. 105-130. დ). Hearn N., Morley C.T. Self-healing, autogenous healing and continued hydration: what is the difference. *Mater Struct*, 1998, № 31, pp. 563-567. ე). Yang Y.Z., Lepech M.D., Yang E.H. et al. Autogenous healing of engineered cementitious composites under wet-dry cycles. *Cem. Concr. Res.*, 2007, № 39, pp. 382-390. ვ).

მასალების ძირითადი თვითგანკურნების მექანიზმები იყოფა სამ ძირითად ტიპად: ბუნებრივი ან აუტოგენური (ჰიდრატაციის და კარბონიზაციის რეაქციები), ბიო-დაფუძნებული და აქტივაციის („თვითგანკურნება“ ქიმიური დანამატებით, რეაქციები ნაცრის გამოყენებით, სპეციალური გაფართოების რეაგენტები. ჩაშენებული GEO მასალები და სხვ.) და სხვ.

**ავტოგენური თვითაღდგენა** არის ცემენტირების მასალების თანდაყოლილი უნარი ბზარების „თვითშეხორცებისა“. ასეთი თვითგანკურნებადი ბეტონის მთავარი იდეაა მასში რამდენიმე მინერალური კომპონენტის დამატება, მაგალითად, ზღვის ცხოველების ნიჟარები ან სხვა აქტიური ნივთიერებები. ეს უნარი ძირითადად გამართლებულია არაჰიდრატირებული ცემენტის ნაწილაკების შემდგომი დატენიანებით და კალციუმის ჰიდროქსიდის ნახშირორჟანგით გაჯერებით, რომელთანაც წვდომა შესაძლებელია ბზარის გაჩენის პროცესში. ეს არის მინერალური კომპონენტები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ბეტონის რეგენერაციის ტენდენციაზე გარე გარემოსთან ურთიერთობისას.

იქნება ეს წვიმა თუ ხელოვნური მორწყვა, ბეტონი აქტიურად ურთიერთქმედებს წყალთან, აგრეთვე ნახშირორჟანგთან, რომელიც ჭარბობს დედამიწის ატმოსფეროში, ავსებს ბზარებს კალციუმის კარბონატით და ქმნის ერთგვარ ქერქს, რომლის სიძლიერე არ ჩამოუვარდება ბეტონის სიმტკიცეს დაზიანებამდე. მტკნარი წყლის სისტემებში ცემენტის მასალებს შეუძლიათ ავტოგენურად „განკურნონ“ ბზარები 0,2 მმ სიგანისა 7 კვირის განმავლობაში<sup>174</sup>.

ბეტონის „თვითგანკურნების“ უნარი შეიძლება გაუმჯობესდეს ბაქტერიების შეყვანით მასალაში, რომლებსაც შეუძლიათ გამოიწვიონ კალციუმის კარბონატის წარმოქმნა მათი მეტაბოლური აქტივობით<sup>175</sup>. ამ წარმონაქმნებს შეუძლიათ გაიზარდონ და ხელი შეუწყონ ბზარის წვერის უფრო სწრაფ შებოჭვას და დეფექტის/რღვევის ეფექტურ „განკურნებას“.

დადგენილია, რომ ბეტონის „თვითშეხორცების“ ერთ-ერთი პერსპექტიული მიდგომა არის სპეციალური მიკროკაფსულების იმპლანტაცია კირქვის წარმომქმნელი ბაქტერიებით. მაგალითად, წარმატებით განხორციელებულია ალკალოფილური ბაქტერიების იმპლანტაცია ბეტონის მასალაში, რომლის სპორები ილუქება სპეციალურ კაფსულებში საჭირო საკვებ ნივთიერებასთან(რძემჟავური კალციუმი) ერთად.

ბაქტერიების ექსპერიმენტულად შერჩეული შტამები (მაგალითად, **Bacilli megaterium**) უკიდურესად მდგრადია და ბეტონში ყოფნისას შეუძლიათ წლების განმავლობაში დარჩნენ „მძინარე“ მდგომარეობაში, აქტიურ ცხოვრებას იწყებენ მხოლოდ მაშინ, როდესაც ჟანგბადი ან წყალი შედის კაფსულაში, რაც, ფაქტობრივად, შეიძლება მოხდეს ბეტონის შიგნით მხოლოდ ბზარის წარმოქმნის შემთხვევაში.

Tittelboom K.V., Belie N.D., Muynck W.D. et al. Use of bacteria to repair cracks in concrete. Cem. Concr. Res., 2010, № 40, pp. 157-166.

<sup>174</sup> Ahn T.H., Kishi T. Crack self-healing behavior of cementitious composites incorporating various miner admixtures. J Adv. Concr. Technol., 2010, no. 8 (2), pp. 171-186.

<sup>175</sup> ა). Li V.C., Yang E. Self-healing in concrete materials. In: van der Zwaag S., editor. Self-healing materials.

Dordrecht: Springer, 2007, p. 161-193. ბ). Mehta P.K. Sulfate attack on concrete – a critical review. Materials science of concrete III. The American Ceramic Society, 1993, p. 105-130.

ლაბორატორიულმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ ბაქტერიებს ნამდვილად შეუძლიათ ბზარების დალუქვა კალციტით. ამ შემთხვევაში ქრება როგორც შედარებით დიდი დეფექტები, ასევე დაახლოებით 0,2 მმ ზომის მიკრობზარები. „თვითგანკურნების“ გარეშე, ასეთი მიკრობზარები შეიძლება გაიზარდოს დროთა განმავლობაში და გამოიწვიოს მთლიანი მასალის რღვევა<sup>176</sup>.

დამატებითი თვითაღდგენადობა ცემენტის მასალებში მიიღწევა ძირითად მატრიცაში შეყვანილი გარკვეული ქიმიკატების შეყვანის გზით.

ამგვარი ქიმიკატების მასალაში შესაყვანად შემუშავებულია სხვადასხვა სქემები სპეციალური ისეთი სტრუქტურული ელემენტების ჩათვლით, როგორცაა კაფსულები, ღრუ ბოჭკოები და მიკრო მილები და სხვა ტიპის კაპილარები, რომლებიც მოწყობილია სისხლძარღვთა სისტემების მიხედვით. კაფსულები ან კაპილარები, დაზიანების შემთხვევაში, ათავისუფლებს სარეაქციო აგენტებს(ქიმიკატებს), რაც „კურნავს“ დეფექტებს<sup>177</sup>.

ასეთ სისტემებში რეაქციის აგენტებად გამოიყენება სხვადასხვა, სილიციუმის შემცველი ნივთიერებები, როგორცაა ტუტე ლითონის სილიკატები, სილიციუმის ოქსიდის სხვადასხვა ფორმები და ა.შ. ასეთ სისტემებში რეაქციის აგენტებად გამოიყენება სხვადასხვა სილიციუმის შემცველი ნივთიერებები, როგორცაა ტუტე ლითონის სილიკატები, სილიციუმის ოქსიდის სხვადასხვა ფორმები და ა.შ.

მასალები ან ქიმიური კომპონენტები, რაც საშუალებას იძლევა შეამციროს მასალის რღვევა და ხელს უწყობს დეფექტის უფრო სწრაფ და სრულ „განკურნებას“.

უკვე აღინიშნა, რომ სხვადასხვა მასალის თვითაღდგენის მახასიათებლების გასაუმჯობესებლად ლოგიკური გადაწყვეტა არის მათზე დაფუძნებული კომპოზიტური სისტემების შემუშავება, რომელშიც შეყვანილია<sup>178</sup> სხვადასხვა ბოჭკოები, სპეციალური

<sup>176</sup> Jonkers H. Bacteria-based self-healing concrete. Heron, 2011, no. 56 (1/2), 12 p.

<sup>177</sup> ა). Ehsan M., Somayeh A., Marwa H. et al. Evaluation of Self-Healing Mechanisms in Concrete with Double-Walled Sodium Silicate Microcapsules. Materials in Civil Engineering, 2015. DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001314.

ბ). Qian S., Zhou J., de Rooij M.R. et al. Self-healing behavior of strain hardening cementitious composites incorporating local waste materials. Cem. Concr. Compos., 2009, no. 31, pp. 61-21. გ). Dry C. Matrix cracking repair and filling using active and passive modes for smart timed release of chemicals from fibers into cement matrices. Smart. Mater. Struct., 1994, no. 3 (2), pp. 118- 123.

<sup>178</sup> ა). Dry C. Matrix cracking repair and filling using active and passive modes for smart timed release of chemicals from fibers into cement matrices. Smart. Mater. Struct., 1994, no. 3 (2), pp. 118- 123. ბ). Kuang Y.C., Ou J.P. Self-repairing performance of concrete beams strengthened using superelastic SMA wires in combination with adhesives released from hollow fibers. Smart Mater. Struct., 2008, no. 17 (2), pp. 20-25. გ). Otsuka K., Wayman C.M. Shape Memory Materials, Cambridge University Press, New York N.Y., U.S.A., 1998. 284 p. დ). Sanada K., Itaya N., Shindo Y. Self-healing of interfacial debonding in fiber reinforced polymers and effect of microstructure on strength recovery. Open Mech. Eng. J., 2008, № 2, pp. 97- 103. ე). Williams G., Trask R.S., Bond I.P. A self-healing carbon fiber reinforced polymer for aerospace applications. Composites, Part A: Applied Science and Manufacturing, 2007, № 38, pp. 1525-1532. ვ). Luo X., Mather P.T. Shape memory assisted self-healing coating. ACS Macro Lett., 2013, no. 2 (2), pp. 152-156. 65. Song G., Ma N., Li H.N. Application of shape memory alloys in civil structures. Eng. Struct., 2006, № 28, pp. 1266-1274. ზ). Burton D.S., Gao X., Brinson L.C. Finite element simulation of a self-healing shape memory alloy composite. Mechanics of Materials, 2006, № 38, pp. 525-537. 67. Shelyakov A.V., Sitnikov N.N., Menushenkov A.P., Rizakhanov R.N. et al. Forming the twoway shape memory effect in TiNiCu alloy via melt spinning. Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics, 2015, № 79(9), pp. 1134-1140. თ). Kirkby E.L. et al. Embedded shape-memory alloy wires for improved performance of selfhealing polymers. Adv. Funct. Mater., 2008, № 18(15), pp. 2253-2260. ი). Sundeev R.V., Glezer A.M., Shalimova A.V. Structural and phase transitions in the



თვისებების მქონე მაგალითად, პოლიმერულ მატრიცაში შეჰყავთ ზოგიერთი ელასტიური ბოჭკო, რომელიც დეფორმაციის შემდეგ შეკუმშავს პოლიმერის გარღვეული უბნის საზღვრებს, ერთმანეთთან მიზიდული ზედაპირები ქმნიან ბმებს და დეფექტი/ზიზარი „იკურნება“, აღნიშნულს ავტონომიური მოქმედება ეწოდება. არაავტონომიური „თვითგანკურნება“ ხორციელდება მატრიცაში სპეციალური თვისებების მქონე მასალების შეყვანით, რომლებსაც შეუძლიათ დამატებითი გავლენა მოახდინოს გარე ზემოქმედების პასუხად, მაგალითად, გაფართოება და ამით გარღვეული უბნის ზომის შემცირება.

ასეთი მასალები შეიძლება იყოს სხვადასხვა ჩახლართული ბოჭკოები და მასალები **"ფორმის მეხსიერების ეფექტით"**, რაც ფართოვდება ან იკუმშება ტემპერატურის მატებასთან ერთად, ისევე როგორც სხვადასხვა ნივთიერებები, მაგალითად, გელები, რომლებიც შეიძლება გაიზარდოს ზომაში რამდენჯერმე გარკვეული გარეგანი გავლენის ზემოქმედებით.

ბიოლოგიური ქსოვილების თვითგანკურნების სირთულე კარგად ჩანს კანის ჭრილობის შემთხვევაში. ადამიანის კანს, სისხლძარღვების წყალობით, აქვს საკუთარი თავის შეხორცებისა და აღდგენის შესანიშნავი უნარი. კანი შედგება 2 ძირითადი ნაწილისაგან - გარე (ეპიდერმისი) და შიდა, უფრო სქელი (დერმა) ფენისგან. კანი მდიდარია სისხლძარღვებითა და ნერვული დაბოლოებებით. ჭრილობის საპასუხოდ ინიცირდება **ფიბრინული შედედება** (ფიბრინი - ცილა, რომელიც ქმნის სისხლის შედედების საფუძველს სისხლის შედედების და სისხლდენის შეჩერებისათვის), შემდეგ მოდის შეხორცების ძირითადი ეტაპები, დროში ნაწილობრივ გადახურვა - ანთება, დროებითი გრანულემატოზური ქსოვილის წარმოქმნა, ქსოვილის რეკონსტრუქცია და საბოლოოდ, ეპიდერმის ისაღდგენა<sup>179</sup>.

ამჟამად ხელოვნური სისტემები ძალზე შორსაა კანისა და სხვა ბიოლოგიური ანალოგებისგან, თუმცა ასეთი შეხორცებითი სქემის გამოყენება უკვე იწყება. ცოცხალი ორგანიზმის სისხლძარღვთა ანალოგიით, ხელოვნურ მასალებში მას "სისხლძარღვთა სისტემა" უწოდეს. მისი მთავარი განმასხვავებელი თვისება ზემოაღნიშნული ბოჭკოების სქემის არის ის, რომ ასეთი სისტემა მოითხოვს ტუმბოების არსებობას "სამკურნალო" კომპონენტების გადასატუმბად "ჭურჭლის" ქსელის მეშვეობით.

მრავალრიცხოვანმა ექსპერიმენტებმა აჩვენა, რომ არც სფერული კაფსულა და არც ღრუ სტრუქტურები არ არის იდეალური აღდგენის მაღალი ეფექტურობის მისაღწევად. აღდგენის ბევრად უფრო დიდი ეფექტურობის მიღწევა შესაძლებელია წაგრძელებული კაფსულების გამოყენებით გვერდების გრძივი ზომების თანაფარდობით 1:10. კაფსულებსა და ღრუ ბოჭკოებზე დაფუძნებული ასეთი თვითაღდგენადი სისტემების

amorphous and nanocrystalline Ti50Ni25Cu25 alloys upon high-pressure torsion. *Materials Letters*, 2014, №133, pp. 32-34. კ). Ratna D., Karger-Kocsis J. Recent advances in shape memory polymers and composites: A review. *Journal of Materials Science*, 2008, № 43, pp. 254-269.

<sup>179</sup> Ghosh S.K. *Self-Healing Materials: Fundamentals, Design Strategies, and Applications* Edited by Swapan Kumar Ghosh. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co, 2009, p. 306.

შემდგომი კვლევა<sup>180</sup> ძირითადად ფოკუსირებულია კაფსულებისა და კაფსულირებული რეაგენტების ხარისხის გაუმჯობესებაზე.

თვითგანკურნების სისტემების შექმნის პერსპექტიულ მიმართულებად ითვლება ფენიანი კომპოზიციური მასალები („სენდვიჩის“ პანელები), რომლებსაც აქვთ ერთი ან რამდენიმე ფენა საკუთარ შემადგენლობაში, რომლებსაც გააჩნიათ რომელიმე „თვითგანკურნების“ მექანიზმი. ასეთ სქემაში, თითოეული ფენა ასრულებს თავის სპეციფიურ ფუნქციას, ხოლო მთლიან სისტემაში, ფენოვანკომპოზიციურ მასალას შეუძლია დაზიანებათა მინიმიზირება და ამ მასალის ორიგინალური მაკრო მახასიათებლების აღდგენა<sup>181</sup>.

ზემოთაღნიშნულის კარგი საილუსტრაციო მაგალითია „სენდვიჩის“ ტიპის მასალა ქიმიურად აქტიური სითხის შიდა „სამკურნალო“ ფენით. ამგვარი თვითაღდგენადი „სენდვიჩის“ პანელი არის სისტემა, რომელშიც ქიმიურად აქტიური სითხე, ან ბლანტი ნივთიერება იმყოფება პოლიმერული მასალის ორ ფურცელს შორის<sup>182</sup>.

მანამ, სანამ ტრიბუტილბორანზე (Tributylborane) დაფუძნებული აქტიური ნივთიერება რჩება პანელებს შორის, ის არ მკვრივდება. თუმცა, როგორც კი გარედან რაიმე აზიანებს პოლიმერულ ფირფიტას, აქტიური ნივთიერება გამოედინება წარმოქმნილი ბზარიდან და პოლიმერიზდება ატმოსფერულ ჟანგბადთან შეხებისას, რის შემდეგაც იგი თითქმის მყისიერად მკვრივდება და სულ რამდენიმე წამში ილუქება წარმოქმნილი ხვრელი. ამრიგად, დაზიანებისაგან გაჩენილ ხვრელში თითქმის მყისიერად წარმოიქმნება მტკიცე საცობი<sup>183</sup>.

"სენდვიჩის" პანელები შეიძლება შეიცავდნენ სხვადასხვა მყარ, ბლანტ და თხევად შემავსებლებს, რომლებიც მასალის დეფექტის წარმოქმნისას ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან და წარმოქმნიან მყარ ფაზას. თვითაღდგენის ეს სქემა არ არის რომელიმე ერთი მასალის თვისება, არამედ მთელი სისტემის მახასიათებელია.

უმეტეს შემთხვევაში, ასეთ ფენოვან ან კაფსულირებულ მასალებში, „განკურნება“ წარმოდგენილია როგორც მასალაში წარმოქმნილი არაუწყვეტობის შევსება სხვა ნივთიერებით, რომელიც განსხვავდება ძირითადი მასალისგან, ზოგჯერ მატრიცის მასალისგან სრულიად განსხვავებული თვისებებით.

<sup>180</sup> ა). Абашкин Р.Е., Руднев М.О. Перспективы применения самовосстанавливающихся материалов. Сборник научных трудов XI-ой Международной научно-практической конференции «Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации»: в 4 томах. Ответственный редактор: Горохов А.А., 2014, т. 1, с. 25-28. ბ). Blaiszik B. J., Sottos N. R., White S. R. Nanocapsules for self-healing materials. Composites Science and Technology, 2008, no. 68, pp. 978-986. გ). Zhu D.Y., Rong M.Z., Zhang M.Q. Self-healing polymeric materials based on microencapsulated healing agents: From design to preparation. Progress in Polymer Science, 2015, v. 49–50, pp. 175–220.

<sup>181</sup> Ситников Н.Н., Хабибуллина И.А., Мащенко В.И., Ризаханов Р.Н. Оценка перспектив применения самовосстанавливающихся материалов и технологий на их основе // Перспективные материалы, 2018, №2, стр. 5-16.

<sup>182</sup> ა). Aissa B., Tagziria K., Haddad E. The Self-healing capability of carbon fibre composite structures subjected to hypervelocity impacts simulating orbital space debris. International Scholarly Research Network. ISRN Nanomaterials, 2012, 16 p. ბ). Williams H.R., Trask R.S., Bond I.P. Self-healing composite sandwich structures. Smart Mater. Struct., 2007, № 16, pp. 1198-1207. გ). Williams H.R., Trask R.S., Bond I.P. Self-healing sandwich panels: restoration of compressive strength after impact. Compos. Sci. Technol, 2008, № 68(15-16), pp. 3171-3177. დ). Zavada S.R., McHardy N.R. et al. Rapid, Puncture-Initiated Healing via Oxygen-Mediated Polymerization. ACS Macro Lett., 2015, № 4, pp. 819-824.

<sup>183</sup> Zavada S.R., McHardy N.R. et al. Rapid, Puncture-Initiated Healing via Oxygen-Mediated Polymerization. ACS Macro Lett., 2015, № 4, pp. 819-824.

სინამდვილეში, ეს არ აღადგენს მასალის ორიგინალურ მახასიათებლებს, არამედ ხდება ახალი მასალის ფორმირება, რომელიც განსხვავებული სტრუქტურისა და თვისებების მქონეა. მიუხედავად ამისა, **თვითაღდგენა** უმეტეს შემთხვევაში გულისხმობს პროდუქტის მოცულობის ან ზედაპირის მთლიანობის აღდგენას, საექსპლუატაციო თვისებების ერთდროული, ნაწილობრივი ან სრული აღდგენით, როგორცაა ჰერმეტიულობა, სიმტკიცის მახასიათებლები, ელექტროგამტარობა, ექსტერიერი და ა. შ. თვითაღდგენადი ფენოვანი კომპოზიტური მასალების კონცეფცია ფართოა და შეიძლება მოიცავდეს სხვადასხვა თვითაღდგენის მექანიზმებს ერთ სისტემაში, რაც საშუალებას იძლევა მივიღოთ უნიკალური „თვითგანკურნების“ ეფექტები, რომლებიც მიუწვდომელია სხვა მასალებში<sup>184</sup>.

ხელოვნური „თვითაღდგენადი“ მასალების შექმნა ჯერ კიდევ განვითარების ადრეულ ეტაპზეა, თუმცა თანამედროვე ტექნოლოგიებმა უკვე შეუწყო ხელი მასალების გამძლეობისა და მდგრადობის გაზრდას და თავად ამგვარი მასალები ვითარდება და გამოიყენება სხვადასხვა კომპოზიტურ სისტემებში. ამჟამად, პოლიმერული და მაცემენტირებული მასალები, ასევე მათი კომპოზიტური სისტემები წარმოადგენს მასალების ყველაზე შესწავლილ კატეგორიას **თვითაღდგენის** უნარის კონტექსტში.

ახლადგაჩენილი პერსპექტივიდან გამომდინარე, მრავალი აკადემიური და სამრეწველო კვლევითი ორგანიზაცია მხარს უჭერს ახალი **თვითაღდგენადი** მასალების შემუშავებას და „**თვითგანკურნების**“ პროცესების კინეტიკისა და სტაბილურობის შესწავლას. **თვითაღდგენადი** მასალების შექმნის ტექნოლოგიების შემუშავებითა და ხარჯების შემცირებით, ისინი სულ უფრო მეტად დაინერგება წარმოებაში, რათა გაუმჯობესდეს მასალათა თვისებები და გაიზარდოს ადამიანისთვის აუცილებელი პროდუქტებისა და მოწყობილობების მომსახურების ვადა. ამგვარ ტექნოლოგიურ წინსვლას განვითარების **ნეონდუსტრიული** მეთოდოლოგიები ჭირდება, რაზეც ქვემოთაა მსჯელობა.

### საქართველოს განვითარების ნეონდუსტრიულ<sup>185</sup> ტიპზე გადასვლისათვის

დღევანდელი საქართველოს წინაშე მწვავედ დგას განვითარების ნეონდუსტრიულ ტიპზე გადასვლის პრობლემა, ეკონომიკის შესაბამისი დარგობრივი სტრუქტურის ფორმირების საფუძველზე. ეკონომიკის პოსტსაბჭოური ვარდნის შემდეგ საქართველოში, ისევე, როგორც პოსტსაბჭოური ქვეყნების უმეტესობაში, მკვეთრად შეიცვალა ეკონომიკის დარგობრივი სტრუქტურა. დაიკარგა ბევრი საჭირო დარგი და წარმოება.

<sup>184</sup> Ситников Н.Н., Хабибуллина И.А., Машенко В.И., Ризаханов Р.Н. Оценка перспектив применения самовосстанавливающихся материалов и технологий на их основе // Перспективные материалы, 2018, №2, стр. 5-16.

<sup>185</sup> ვახტანგ ბურდული. საქართველოს ეკონომიკური და სოციალური განვითარების ზოგიერთი მიმართულება (მოსაზრებები. წინადადებები. რეკომენდაციები) თსუ პაატა გუგუშვილის ეკონომიკის ინსტიტუტი. 2013; გვ.53-59.

დარგობრივი სტრუქტურის დინამიკა არ შეესაბამება ნეონდუსტრიული ტიპის განვითარების თანამედროვე სტანდარტებს.

საქართველოში ეკონომიკის ნეონდუსტრიული ტიპზე გადასვლა გულისხმობს:

- ინფორმაციულ-ტელეკომუნიკაციური ტექნოლოგიების დანერგვას და ამ ტექნოლოგიების უზრუნველყოფი დარგების თანდათან ფორმირებას. დარგის შესაბამისი კვალიფიციური კადრების მომზადებას;
- ინოვაციური საქმიანობის მდგრად ინფრასტრუქტურის შექმნას;
- მეცნიერებატევადი საქონლისა და მომსახურების ხვედრითი წონის ზრდას წარმოებული პროდუქციის საერთო რაოდენობაში;
- მაღალი და წამყვანი ტექნოლოგიებით აღჭურვილი დარგებისა და შესაბამისი ნაკეთობებისა და მომსახურების წარმოების მდგრად განვითარებას;
- ახალი და მოდერნიზებული ტექნოლოგიების დროულ დიფუზიას რიგ ტრადიციულ დარგში მათი რეანიმირების მიზნით (მსუბუქ მრეწველობაში, ავეჯის მრეწველობაში და ა. შ.);
- გრძელვადიან პერიოდში აგროსამრეწველო კომპლექსის ორიენტაციას ქვეყნის სასურსათო უსაფრთხოების უზრუნველყოფასა და მსუბუქი მრეწველობის განვითარებაზე;
- ინდივიდუალური მომხმარებლის მოთხოვნის დამაკმაყოფილებელი წარმოების განვითარებას (ტანსაცმლისკერვა, საცხოვრებლების მშენებლობა, ავეჯის წარმოება, სამედიცინო მომსახურების ზოგიერთი სახეობა და ა. შ.).

ამასთან, გასათვალისწინებელია, რომ ნეონდუსტრიული განვითარება გულისხმობს არა მარტო ახალი და ტრადიციული მაღალტექნოლოგიური დარგების განვითარებას, არამედ ისეთი დარგობრივი სტრუქტურის შექმნას, რომელშიც სათანადო ადგილი უკავია იმ ტრადიციულ დარგებს, რომლებიც ადამიანის მთავარ მატერიალურ მოთხოვნილებებს აკმაყოფილებენ (ქსოვილების, ტანსაცმლის, ფეხსაცმლის და ტყავის სხვა ნაკეთობების, ავეჯის და სხვ. წარმოება).

თანამედროვე პირობებში მხოლოდ ასეთი ნეონდუსტრიული ტიპის განვითარება მოგვცემს შესაძლებლობას მიღწეული იქნეს დასაქმების მაღალი დონე, მოსახლეობის შემოსავლების ზრდა, მისი მსყიდველობითუნარიანობის და კეთილდღეობის ამაღლება.

განვითარების ნეონდუსტრიულ ტიპზე გადასვლისათვის აუცილებელია პრიორიტეტული დარგების განსაზღვრა. დარგების პრიორიტეტულობის მთავარ კრიტერიუმებს წარმოადგენენ:

1. დარგის საქსპორტო პოტენციალი;
2. შიდა ბაზარზე დარგის პროდუქციაზე მოთხოვნის პერსპექტივები;
3. ქვეყნის განვითარების პერსპექტივები დარგის დაჩქარებული განვითარების შემთხვევაში (ქვეყნის მიერ მაღალი ინდუსტრიული სტადიის მიღწევა);

4. რამდენად უზრუნველყოფს დარგის განვითარება ქვეყნის სავაჭრო ბალანსში დეფიციტის მინიმიზაციას;
5. რამდენად უზრუნველყოფს დარგის განვითარება ნედლეულისაგან და იმპორტისაგან დამოკიდებულების მინიმიზაციას და მრეწველობაში რესურსტევადობის შემცირებას;
6. ხელსაყრელი თანხმლები ეფექტი (სხვა დარგების ეფექტიანობის ამაღლება; დარგის მულტიპლიკაციური ეფექტი);
7. ქვეყნისათვის უმნიშვნელოვანესი დარგების დეპრესიული მდგომარეობიდან გამოყვანა (ასეთ მდგომარეობაში, მაგალითად, ამჟამად, საქარველოში არის სოფლის მეურნეობისა და მასთან მომიჯნავე სამრეწველო დარგები მსუბუქ და კვების მრეწველობაში).

ქვეყნის ეკონომიკის დაჩქარებული ნეონდუსტრიული განვითარებისთვის საჭიროა ქვეყანაში და რეგიონებში ეკონომიკური და სოციალური განვითარების კოორდინაციის ორგანიზაციული და ინსტიტუციური სისტემების შემდგომი გაუმჯობესება, რაც, უპირველეს ყოვლისა, გულისხმობს შესაბამისი სტრატეგიის შემუშავებას, რომელშიც განსაზღვრული უნდა იყოს:

- ცენტრალურ და რეგიონულ ხელისუფლებებს შორის უფლებამოსილებების განაწილების სრულყოფის გზები (კომპეტენციის რაციონალური გამოჯვანა მართვის დონეებს შორის დღეისათვის წარმოადგეს ქვეყნის სწრაფი და მდგრადი ნეონდუსტრიული განვითარების უზრუნველყოფის მნიშვნელოვან წანამძღვარს);
- მართვის ყველა დონეზე ინსტიტუციური წყობის სრულყოფის გზები;
- თანამედროვე ტექნოლოგიური წყობის დამყარების ხელშეწყობის ამოცანები. ეს ნიშნავს მთლიანად ქვეყნისა და მისი რეგიონების დონეზე (რეგიონის პირობებისა და თავისებურებების გათვალისწინებით) პრიორიტეტული დარგების არჩევას (ქალაქებში და სოფლად), ცენტრალური და რეგიონული მიზიდულობის ცენტრების განვითარების ხელშეწყობის პოლიტიკის შემუშავებას, ექსპორტზე ორიენტირებული, იმპორტჩანაცვლებადი და სხვა საწარმოების განვითარების მხარდაჭერის ხერხების განსაზღვრას;
- რეგიონული წარმოების (სოფლად და ქალაქებში) დივერსიფიკაციის გზები;
- მცირე და საშუალო ზომის მიზიდულების ცენტრების განვითარების გზები;
- რეგიონებში რეალურ სექტორში საბაზრო ინფრასტრუქტურის სრულყოფის გზები.

**ნეონდუსტრიული განვითარების უზრუნველყოფაზე ორიენტირებული ფისკალური მექანიზმის სრულყოფა, უპირველეს ყოვლისა, გულისხმობს დაჩქარებულ განვითარებისა და პრიორიტეტულ დარგებში მოქმედი ბიზნესის სტიმულირებაზე ორიენტირებული საგადასახადო შეღავათების სისტემის შექმნას. ზოგიერთი ქვეყნის ბიუჯეტებში (მუდმივად ან დროებით) გამოიყოფა სპეციალური საფინანსო ხაზები კერძო სექტორის პრიორიტეტული საწარმების მხარდასაჭერად, რომელთა სახსრების**

გამოყენება წარმოებს ან უშუალოდ ან სპეციალური ორგანიზაციების (მაგალითად, განვითარების ბანკების, სპეციალური ფონდების) მეშვეობით და დაცულია კანონმდებლობით (როგორც მაგალითი 1883 წ. იაპონიის კანონი “მრეწველობის ზოგიერთი დარგის სტრუქტურის სრულყოფის სპეციალური ზომების შესახებ”). მსგავსი ღონისძიებები თანამედროვე ეტაპზე მიზანშეწონილია შემოღებულ იქნეს საქართველოში (ამ საკითხზე დეტალური მსჯელობა შემდეგ ლექციებში იქნება).

საქართველოს ფისკალური პოლიტიკა მოითხოვს სრულყოფას იმ თვალსაზრისითაც, რომ საქართველოში არ არსებობს საბიუჯეტო-საგადასახადო სისტემა რეგიონულ (სამხარეო) დონეზე. ეს მაშინ, როდესაც გლობალიზაციის პირობებში რეგიონული მმართველობის საბიუჯეტო-საგადასახადო ფუნქციები განვითარებულ ქვეყნებში იზრდება, განსაკუთრებით, ბიზნესის მხარდაჭერისა და რეგიონული მასშტაბის საწარმოო ინფრასტრუქტურის შექმნის მიმართულებით.

არც ერთ ქვეყანას, მით უმეტეს მცირე ზომის ქვეყანას, არ შეუძლია საკუთარი ძალებით და ტექნოლოგიებით სრულფასოვანი ინდუსტრიული (მრავალდარგობრივი) კომპლექსის შექმნა, საჭიროა ფისკალური და სხვა ინსტიტუციური პრეფერენციების შემოღება ქვეყანაში ტრანსეროვნული კორპორაციების საწარმების ფუნქციონირებისათვის. ასეთი პრეფერენციების მინიჭება შეიძლება შეთანხმებულ იქნეს სეპარატული მოლაპარაკებების საფუძველზე იმ კომპანიებთან, რომლებიც აპირებენ ქვეყანაში საწარმოების განთავსებას (იმ შემთხვევაში, თუ მათი მოზიდვის მიზანშეწონილება დასაბუთებულია).

ბუნებრივია, რომ ფისკალური მეთოდების საშუალებით ასევე საჭიროა სამამულო მეწარმეების მიერ საზღვარგარეთში თანამედროვე საწარმოო ტექნოლოგიების შესყიდვისა და ათვისების წახალისება.

საფინანსო-საკრედიტო პოლიტიკა უფრო მკვეთრად უნდა იქნეს მიმართული თანამედროვე ტექნოლოგიებზე დაფუძნებული საწარმოების ჩამოყალიბებისა და არსებულის ეფექტიანი ფუნქციონირების სტიმულერებისაკენ (მსოფლიო სავაჭრო ორგანიზაციის მიერ დადგენილი წესების ჩარჩოებში), რათა ქვეყანაში დაჩქარდეს **ნეოინდუსტრიული ტიპის** დარგობრივი სტრუქტურის ფორმირება.

საჭიროა ქვეყნის უკვე საკმაოდ განვითარებული კერძო საბანკო სისტემის უფრო მკვეთრი ორიენტირება პრიორიტეტული დარგების განვითარების გრძელვადიანი დაკრედიტების მოცულობის ზრდაზე. ამისათვის მიზანდასახულად უნდა იქნეს გამოყენებული ეროვნული ბანკის ინსტრუმენტები.

ქვეყანაში და მის რეგიონებში მიზანშეწონილია შეიქმნას განვითარების (ან საინვესტიციო) ფონდები (საჭიროების შემთხვევაში პრიორიტეტული სამრეწველო და სასოფლო-სამეურნეო საწარმოებების სუბსიდირებისათვის იმ წესების ჩარჩოებში, რომლებიც განსაზღვრულია მსოფლიო სავაჭრო ორგანიზაციის მიწერილობებით და გლობალური საკრედიტო ორგანიზაციების რეკომენდაციებით). ასევე, სახელმწიფო ბიუჯეტისა და კერძო ინვესტორების სახსრებით, საწესდებო ფონდის

ფორმირების ბაზაზე, მიზანშეწონილია შეიქმნას განვითარების (ან საინვესტიციო) ბანკი, კერძო სექტორის პრიორიტეტული წარმოებების შეღავათიანი დაკრედიტების მიზნით.

სახელმწიფოს დონეზე და, ასევე, მისი რეგიონებისა და ადგილობრივი წარმონაქმნების დონეზეც საჭიროა მეურნეობის ინსტიტუციური წყობის განვითარება. განვითარებული ქვეყნების გამოცდილების შესაბამისად უნდა გაიზარდოს სახელმწიფო საკუთრებაში არსებული საწარმოების ეკონომიკური მართვის მექანიზმების ნაირსახეობები, შესაბამისად, სახელმწიფოსა დაკერძო საწარმოებს შორის კონტრაქტების ნაირსახეობები სახელმწიფო, რეგიონული ან მუნიციპალური ორგანოების მიერ შეკვეთილი სამუშაოების შესასრულებლად (კონცენსია, დაინტერესებული მართვა, იჯარა).

ასევე დიდი მნიშვნელობა აქვს ინსტიტუციურ ურთიერთობებს, რომლებიც ხორციელდება, ერთი მხრივ სახელმწიფო და რეგიონულ ორგანოებსა და, მეორე მხრივ, მეწარმეებს შორის დიალოგისა და ხელშეკრულების დადების საფუძველზე, სახელმწიფოს მხრიდან პრეფერენციების მინიჭებისა და ბიზნესის მხრიდან, ამის სანაცვლოდ, გარკვეული ვალდებულებების აღების დროს. სოფლებში, საჭიროა მცირე მეურნეობების განვითარების სტიმულირება (სპეციალიზებული დამხმარე ორგანიზაციების, საწარმოების, ფირმების დაარსებისა და მცირე მეწარმეებისათვის სუბსიდიების გამოყოფით).

განსაკუთრებით აქტუალურია თანამედროვე ინსტიტუციური ურთიერთობების განვითარება სოფლად, მესაკუთრეების დარგობრივი ასოციაციების ფორმირების, სახელმწიფო, შერეული და კერძო სპეციალიზებული დამხმარე საწარმოების, ორგანიზაციების, ფირმებისა და ფერმების შექმნისა და სასოფლო-სამეურნეო მწარმოებლისათვის სუბსიდიების გამოყოფის საფუძველზე.

### ბიზნესის განვითარების პროგნოზირების პრობლემები

პროგნოზირების პრობლემები დღეისათვის უფრო და უფრო რთული ხდება, რადგან ფირმების გარემო სულ უფრო მღელვარე და გაურკვეველია პანდემიისა და ფორსმაჟორული სიტუაციებიდან გამომდინარე. პროგნოზირების ამოცანები არ წარმოადგენს რაიმე კონკრეტული კომპანიის სამმართველოს პრეროგატივას. ზოგადად, ყველა განყოფილება უნდა იყოს დაკავებული მომავალი საქმიანობის პარამეტრების პროგნოზირებით. პროგნოზის სიზუსტე და მისი გამოყენების შესაძლებლობა დიდ წილად დამოკიდებულია გადაწყვეტილების მიმღებთა ინფორმაციის ხელმისაწვდომობაზე. თავის მხრივ, ინფორმაციის ტიპი განსაზღვრავს მეთოდის გამოყენების შესაძლებლობას, რომელიც გამოყენებული იქნება პროგნოზის შესაქმნელად.

თანამედროვე ბიზნესში მუდმივად ჩნდება დიდი, საშუალო და მცირე საწარმოების მენეჯერების, საუკეთესო მენეჯერების და მენეჯერული პერსონალის პროფესიული საქმიანობისის საკითხები, რომლებიც უნდა ითვალისწინებდეს ბიზნესის პროცესის

განვითარებას, ეკონომიკურ სიტუაციაში ციკლური რყევების განვითარებას და შემღებლს ეფექტური სტრატეგიის შემუშავებას. ამის გარეშე მიღებული გადაწყვეტილებები შეიძლება არასწორი აღმოჩნდეს, ბიზნეს პროექტების განხორციელების შედეგები საპირისპირო იქნება მოსალოდნელი შედეგებისგან.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, ძალზე მნიშვნელოვანია, რომ ყურადღებით იქნეს შესწავლილი ყველა არსებული მეთოდი, ტექნიკა და შესაძლებლობები, რაც ამის საშუალებას იძლევა. განსაკუთრებით ხაზგასმით უნდა აღვნიშნოთ, რომ ყველაფერი, რაც კაცობრიობამ დააგროვა ამ სფეროში, გამდიდრდა ინფორმაციული ტექნოლოგიების ახალი მიღწევებით და ახალი ინფორმაციული პროგრამული პაკეტების წარმოქმნით. აღნიშნული ბიზნესის განვითარების საკმაოდ ზუსტი და საიმედო პროგნოზირების გარანტიას იძლევა. რისთვისაც აუცილებელია პროგნოზირების მეთოდებისა და კომპიუტერული შესაძლებლობების შესაბამისი ცოდნა.

ბოლო ათწლეულების განმავლობაში კომპანიებში პროგნოზირების პროცესებზე “ეკონომიკური განვითარების ტენდენციებისა და ინფორმაციული რევოლუციის“ მნიშვნელოვანი გავლენა დაფიქსირდა. აღნიშნულმა ტენდენციებმა შეცვალა პირობები, რომლებშიც კომპანიები მუშაობენ და გარდაქმნა მოთხოვნების ხვადასხვა მოდელი საუცილებლობის მოთხოვნების შესაბამისად, რომლის მიზანსაც ბიზნესის განვითარების პროგნოზირება წარმოადგენს. ამასთან, პროგნოზირება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ბიზნესის მენეჯმენტში. უმეტეს შემთხვევაში ისორი სახით ვლინდება: თეორიულ–მეთოდოლოგიური და გამოყენებითი. ორივე მათგანის წარმატებით განხორციელებაზეა დამოკიდებული სასურველი შედეგების მიღება.

სტატისტიკური პროგნოზირება შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც კარგი ინსტრუმენტი, რომელიც ხელს უწყობს მენეჯერებს, უკეთ იმსჯელონ მოვლენათა სამომავლო განვითარებაზე. მსოფლიოში ამჟამად არსებულ სწრაფად ცვალებად ბიზნეს გარემოში ეს ნიშნავს წარმატებას ან მარცხს. სამომავლო გაყიდვების, ინვესტიციების ან სხვა მნიშვნელოვანი ეკონომიკური და ბიზნეს მაჩვენებლების დაგეგმვისას მხოლოდ პირად ინტუიციას დაყრდნობა არარაციონალურია. ასეთ შემთხვევებში სტატისტიკური და სხვა რაოდენობრივი მეთოდების გამოყენება გაცილებით ეფექტურია.

სწორედ ამ დროს განსაკუთრებით მწვავედ დგას ბიზნესის პროგნოზირების ცოდნის აუცილებლობა. პროგნოზი გულისხმობს მომავლის წინასწარმეტყველებას (სამეცნიერო მეთოდების გამოყენებით), ხოლო პროგნოზირება კი პროგნოზის შემუშავებაა<sup>186</sup>.

---

<sup>186</sup>ზურაბ წერეთელი. ბიზნესის პროგნოზირების როლი ბიზნესის მენეჯმენტში. სახელმწიფოს ეფექტიანი მართვის პრობლემები. XXXIII საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის მასალები (21.03.2020). თბილისი: საერთაშორისო გამომცემლობა „პროგრესი“, 2020. გვ. 53-54.



ბიზნესის განვითარებისათვის პროგნოზი, ეს იგივეა, რაც სახლის მშენებლობაში საძირკველი. ჩვეულებრივ, ნებისმიერი საქმე უნდა დაიწყოს მისგან (პროგნოზისგან, ისე, როგორც სახლის მშენებლობა იწყება საძირკველიდან).

ბევრი კომპანია (განსაკუთრებით დასავლური) აქტიურად ეწევა თავიანთი საქმიანობის (ბიზნესის) განვითარების ყოველწლიურ პროგნოზირებას, რადგან მათ ესმით, რომ ბაზრის მდგომარეობა დინამიურია და არასტატიკური.

კომპანიის საქმიანობის პრობლემების უმეტესობა თითქმის ყოველთვის დაკავშირებულია იმასთან, რომ ბიზნესის განვითარების პროგნოზი ან საერთოდ არ განხორციელებულა, ან კიდევ მას აკლდა სრულყოფილება.

ოპერატიული და სტრატეგიული მენეჯმენტის გაურკვევლობის პირობებში მენეჯერებმა უნდა მიიღონ გადაწყვეტილებები. თითქმის ყველა საწარმო, დიდი თუ მცირე, კერძო ან სახელმწიფო, იყენებს პროგნოზებს, რადგან თითოეულმა საწარმომ უნდა დაგეგმოს მომავალი. პროგნოზები საჭიროა ინვესტიციების, დაფინანსების, მარკეტინგის, კადრებისა და სხვადასხვა წარმოების სფეროებში, საბიუჯეტო და კომერციულ ორგანიზაციებში.

საერთაშორისო ბიზნესის მონაწილე ფირმების თითქმის ყველა ფუნქციური დანაყოფი იყენებს გარკვეული სახის პროგნოზებს, მაგალითად:

1. ბუღალტრები საგადასახადო დაგეგმვისას ეყრდნობიან ხარჯებისა და შემოსავლების პროგნოზებს;
2. ადამიანური რესურსების მართვის დეპარტამენტი ეყრდნობა სამომავლო პროგნოზებს ამა თუ იმ კვალიფიკაციისა და რაოდენობის კადრების საჭიროების შესახებ ასაყვანი თანამშრომლების შესახებ გადაწყვეტილებების მიღებისას;
3. ფინანსების ექსპერტები ეყრდნობიან პროგნოზებს აქციებისა და ნაღდი ფულის ნაკადების შესახებ, რათა შეინარჩუნონ კომპანიის ლიკვიდობა;
4. წარმოების მენეჯერები იყენებენ სხვადასხვა პროგნოზს პროდუქციის წარმოებისათვის საჭირო ნედლეულისა და მასალების შესახებ;
5. მარკეტინგის მენეჯერები სარეკლამო ბიუჯეტის განსაზღვრისას ეყრდნობიან პროგნოზებს პროდუქციის გაყიდვების შესახებ და ა. შ.

#### **დაპროგნოზების ყველაზე ცნობილი და გავრცელებული მეთოდები შემდეგია:**

1. საექსპერტო შეფასებები, რომლის საფუძველია მაღალკვალიფიციური ექსპერტების მბრძანებლური მოსაზრებები;
2. ექსტრაპოლაცია ან სტატისტიკური მეთოდები, რომელიც ეფუძნება მომავალში წარსული ტენდენციების პროგნოზირების და გავრცელების ობიექტზე რეტროსპექტული მონაცემების დამუშავებას;

3. სამოდელიო მეთოდები, ე. ი. სტრუქტურული, ფიზიკური ან მათემატიკური მოდელის შექმნა, რომელიც ადეკვატურად ასახავს პროგნოზირების ობიექტის ქცევის ყველაზე მნიშვნელოვან ნიმუშებს და მათ ურთიერთობას გარე ფაქტორებთან.

**საექსპერტო მეთოდები**, მათი შედარებითი სიმარტივისა და მობილურობის გამო, ამჟამად ყველაზე გავრცელებული მეთოდებია და პროგნოზის დიდი უმრავლესობა მათზეა დაფუძნებული. საექსპერტო მეთოდების წარმატების განმსაზღვრელი ფაქტორები არის საექსპერტო ჯგუფების შერჩევა და ფორმირება, საექსპერტო „მოსამართლეების“ დამოუკიდებლობის უზრუნველყოფა, მკაფიო და გააზრებული კითხვარების შედგენა, საექსპერტო დასკვნების ორაზროვნების აღმოფხვრა და ცალსახა რაოდენობრივი შეფასებების უზრუნველყოფა, რომელიც აუცილებელია შემდგომი სტატისტიკური დამუშავებისთვის.

ექსპერტთა შეფასებისას მნიშვნელოვანი შეუსაბამობების შემთხვევაში, მათი მოსაზრებების თანმიმდევრულობის ასამაღლებლად ან შეუსაბამობების მიზეზების დადგენის მიზნით რამდენიმე ტური ტარდება ექსპერტიზის შეცვლით და კითხვარების კორექტირებით.

**ექსტრაპოლაციის მეთოდები** მცირდება წარსული დროის პროგნოზირების ობიექტის შესახებ არსებული მონაცემების დამუშავებაზე და წარსულში ნაპოვნი ტენდენციების გავრცელებაზე. ეს მეთოდი ემყარება იმ ვარაუდს, რომ წარსულის, აწმყოსა და მომავლის წარმოებისა და მოთხოვნილების პირობები მსგავსია, რადგან წარსულში წარმოიქმნება სამომავლო ტენდენციები.

უმარტივესი მეთოდებია ტენდენციების ექსტრაპოლაცია, როდესაც ობიექტის წარსული მდგომარეობისათვის დამახასიათებელი ხელმისაწვდომი რიცხვითი მნიშვნელობები საშუალოდ ფასდება ან შეცვლილია ზოგიერთის, უმარტივეს შემთხვევაში, ხაზოვანი დამოკიდებულების შერჩევით, რომელიც ხდება შემდგომი პროგნოზირების პერიოდად.

დაპროგნოზება არ არის ერთჯერადი დავალება, აუცილებელია მუდმივად დაგროვდეს და გაანალიზდეს ინფორმაცია დაპროგნოზების ობიექტის შესახებ და პროგნოზების სისტემატიურად კორექტირება მოხდეს.

დაპროგნოზების (განსაკუთრებით გრძელვადიანის) შეუცვლელი კომპონენტია:

- საწარმოს მიზნების განსაზღვრა;
- სტრატეგიისა და მისი საქმიანობის ტაქტიკის შემუშავება;
- დაგეგმვა (განსაკუთრებით გრძელვადიანი);
- მიზნობრივი ფუნქციური პროგრამების მომზადება (ბაზრის განვითარებისთვის, ინვესტიციებისა და ინოვაციებისთვის).

დაპროგნოზების პრინციპებისა და მეთოდების დაუფლება გადაუდებელი ამოცანაა ყველა დაგეგმვის ორგანოსთვის. პროგნოზირება არ იძლევა კონკრეტულ რეკომენდაციებს, მაგრამ განსაზღვრავს მიზნების მისაღწევად შესაძლო გზებს.

დაპროგნოზებას დიდი მნიშვნელობა აქვს მენეჯერული გადაწყვეტილებების მიღების პროცესში. დროულად გაკეთებული ხელსაყრელი ან არასახარბიელო პროგნოზი საშუალებას გვაძლევს, დავგეგმოთ და მივიღოთ ზომები, რომ ვისარგებლოთ შესაძლებლობებით ან თავიდან ავიცილოთ საფრთხეები.

ტრადიციულად, დაპროგნოზებას და დაგეგმვას (საერთო ინფორმაციული ბაზის საფუძველზე) შეუძლია გამოიყენოს იგივე მეთოდები და ინდიკატორები. პროგნოზსა და გეგმას შორის ურთიერთობა, პირველ რიგში, არის ის, რომ პროგნოზირება არის დაგეგმვის კვლევის საფუძველი. მათ შორის განსხვავებები განპირობებულია იმით, რომ:

- 1) არსობრივად დაპროგნოზება არის კვლევის ბუნება, მომავლის მეცნიერული აღწერა, ხოლო გეგმა მიზნის განსაზღვრის ბუნებაა;
- 2) პროგნოზი ბუნებრივად სავარაუდოა, ხოლო გეგმა ნორმატიული;
- 3) პროგნოზს აქვს შინაარსობრივი ხასიათი, ხოლო გეგმა ერთმნიშვნელოვანი გამოსავალია;
- 4) დაპროგნოზება არსებობს დაგეგმვისაგან დამოუკიდებლად, თუმცა ის შეიძლება იყოს დაგეგმვის პროცესის განუყოფელი ნაწილი;
- 5) პროგნოზი არის უფრო ინფორმაციული, საკონსულტაციო ხასიათის (გადაწყვეტილების მიღება არჩევითია).

აღნიშნულიდან შესაძლოა დავასკვნათ:

- ზოგადად, პროგნოზი არის მომავლის შესახებ ინფორმაციის მოპოვების ერთ-ერთი გზა, ანუ შესაძლებელია ინფორმაცია მომავლის შესახებ მოძიებულ იქნეს სხვადასხვა გზით, სადაც ერთ-ერთი მეთოდი პროგნოზია;
- კონკრეტული მეთოდების არჩევის აუცილებლობა პროგნოზირების ობიექტების მზარდი სირთულითაა გამოწვეული;
- პროგნოზირება არის ეკონომიკური განვითარების შესაძლო და არაერთადერთი სწორი მიმართულების ვარაუდი, რომელიც ითვალისწინებს გარკვეული ფაქტორებისა და პარამეტრების ერთობლიობას როგორც არსებული ვითარების, ისე ისტორიული მონაცემების შესახებ;
- ბიზნესის განვითარების პროგნოზი სხვადასხვა ტიპისაა. შეგვიძლია წინასწარ განვსაზღვროთ, განხორციელდება თუ არა ბიზნესი საერთოდ;
- შეგვიძლია წინასწარ განვსაზღვროთ აგრეთვე, თუ რამდენ ხანს დარჩება ბიზნესი შესაბამისი შემოსავლის გამომუშავებით;
- შესაძლებელია ბიზნესის განვითარების მასშტაბების წინასწარ განსაზღვრა;

- თუ ბიზნესი დამყარებულია რეალურ (სწორ) იდეაზე და შეესაბამება იმ აზრს, რომელსაც ის ემყარება, მაშინის 100 %-ით განხორციელდება;
- მიუხედავად იმისა, რომ იდეა, რომელსაც ბიზნეს საფუძველი აქვს, აქტუალურია. დროთა განმავლობაში, ნებისმიერი იდეა კარგავს აქტუალობას;
- შესაბამისად, ბიზნესი, რომელიც მის საფუძველზეა აგებული, მთავრდება;
- იდეის რელევანტობა თანდათან მცირდება, რაც საშუალებას გვაძლევს წინასწარ განვსაზღვროთ ბიზნესის ხანგრძლივობა;
- მაშასადამე, თუ შევქმნით პროგნოზს ბიზნესის განვითარებისთვის, მაღალი ალბათობით შეგვიძლია გავარკვიოთ თუ რამდენად განხორციელდება იგი, რამდენ ხანს გაგრძელდება და რა დონეზე გაიზრდება.

მნიშვნელოვანია, რომ ერთდროულად გავითვალისწინოთ ბიზნესის პროგნოზის რამდენიმე პარამეტრი. **ჯერ ერთი**, რაც უფრო დიდია პროგნოზირების „სახელი“, მით უფრო მეტია მისი სანდოობა. მთავარია შეფასების ან პროგნოზის სიზუსტე და სანდოობა. სიზუსტე დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად კომპეტენტურად შეიძლება ექსპერტმა დაამუშაოს ცნობილი ფაქტები და მოვლენები, შეადაროს ისინი, დაადგინოს მიზეზ-შედეგობრივი ურთიერთობები. ასევე იმისგან, თუ რამდენმა იცის, როგორ გამოიყენოს თანამედროვე ინფორმაციული ტექნოლოგიები. ეს საკმაოდ რთულია პროფესიონალისთვისაც კი. ძალიან სასარგებლოა ყურადღება გამახვილდეს ერთი სპეციალისტის პროგნოზებზე და ამავე დროს მოხდეს მათი საიმედოობის მონიტორინგი, რაც შეცდომების რაოდენობის შემცირების შესაძლებლობას იძლევა. **მეორე**, აუცილებელია რამდენიმე პროგნოზის შეჯერება და გათვალისწინება. ბიზნესის პროგნოზების გამოყენებისას გათვალისწინებული უნდა იყოს სხვადასხვა, მაგრამ, რა თქმა უნდა, სანდო წყაროს შეფასებები, რათა შესაძლებელი გახდეს მათი შედარება და ანალიზი.

ხშირად, ბიზნესის პროგნოზის შემუშავების მიზნით ჩატარებული გამოკითხვები გამართლებულია მხოლოდ შემთხვევების 55-60 %-ში.

გარდა აღნიშნულისა, დიდი ყურადღება უნდა მიექცეს ბიზნესის განვითარების პროგნოზების ინფორმაციულ ბაზას. როგორც წესი, პროგნოზის გაკეთების საფუძველია წინა პერიოდის მიმდინარე ინდიკატორები და მონაცემები, ხოლო შეფასებულია მათი ტენდენციები, დაგეგმილი მოვლენები და ასევე მათი დინამიკა. ყველა ეს პარამეტრი ემსახურება შემდგომი გამოთვლების საფუძველს და ბიზნესის განვითარების მოდელის შექმნას გარკვეული პერიოდის განმავლობაში. თუ ინფორმაცია საიმედოა (ე. ი. მომდინარეობს სანდო წყაროებიდან), სისტემატურად და კომპეტენტურად არის გაანალიზებული, ეს პროგნოზირების ჯანსაღი საფუძველია.

კვლევის შედეგად მიღებული ბიზნესის პროგნოზები ყოველთვის უფრო საიმედოა, ვიდრე სპონტანურად გაკეთებული (პრობლემის არსის გარკვევის გარეშე). კომპანიები, რომლებიც უზრუნველყოფენ პროგნოზს, აფასებენ თავიანთ რეპუტაციას და კარგად

იცინ, რომ მომხმარებელთა რაოდენობა საკმაოდ შეზღუდულია. შესაბამისად, ყველანაირ შესაძლებლობებს იყენებენ მიღებული შედეგების გასავრცელებლად.

საგულისხმოა ისიც, რომ პროგნოზის დანიშნულება წინასწარ მოქმედი ფენომენის ან ობიექტის განვითარების მოდელის შექმნაა. როდესაც გვაქვს მოდელი, მეორადი რაოდენობრივი გამოთვლები უკვე ერთგვარი ინტეგრაციული ფაქტორია. გაცილებით ადვილია გარკვეული სახის რაოდენობრივი მოდელების აგება და იმის გაგება, თუ რა დროს და როგორ გამოიხატება ეს მოდელი მათემატიკური თვალსაზრისით.

### წყლის ელექტროქიმიური აქტივაციის გამოყენებითი ასპექტები

**ელექტროქიმიური აქტივაციის (ECA) მთავარი პრინციპი** არის მეტასტაბილურ მდგომარეობაში მყოფი ნივთიერებების გამოყენება ტექნოლოგიურ პროცესებში, რაც საშუალებას იძლევა მრავალჯერ შემცირდეს ქიმიური რეაგენტების საჭიროება.

**ელექტროქიმიური აქტივაციის (ECA) ტექნოლოგიური და ტექნიკური პრინციპებია:**

- წყალი და ნივთიერებების განზავებული წყალხსნარები ტექნოლოგიურ პროცესებში გამოყენებამდე გადადის მეტასტაბილურ მდგომარეობაში ელექტროქიმიური ერთპოლარული მოქმედებით;
- ქიმიურად აქტიური რეაგენტები, რომლებიც აუცილებელია ტექნოლოგიური პროცესებისთვის სინთეზირდება მათი გამოყენების ადგილზე, რითაც გამოირიცხება საშიში ნივთიერებების ტრანსპორტირება და შენახვა;
- სამრეწველო, მაღალი ხარისხის ტექნიკური ელექტროქიმიური სისტემები იწყობა ავტონომიური, კომპაქტური, მაღალი საიმედოობის მოდულური რეაქტორებისგან - ცოცხალი ორგანიზმების უჯრედებისგან აგების ანალოგიით.

**ელექტროქიმიური აქტივაციის (ECA) გამოყენების რაციონალურობის მთავარი კრიტერიუმები:**

- ენერჯის, შრომის, დროისა და მასალების მრავალჯერადი დანაზოგი ტრადიციულ ტექნიკურ გადაწყვეტილებებთან შედარებით, ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესის ეფექტურობის ერთდოული ზრდით;
- საბოლოო პროდუქტის ახალი თვისებების მიღწევა, ახალი ტექნოლოგიური ეფექტები დაშედეგები.

საუკეთესო შედეგები ელექტროქიმიური აქტივაციის (ECA) ტექნოლოგიების გამოყენებაში შესაძლებელია **სამი პირობის** ოპტიმალური კომბინაციით:

- ელექტროქიმიური რეაქტორის რაციონალური დიზაინი;

- მისი გამოყენების ტექნოლოგიური სქემა სპეციალიზებული კონკრეტული მიზნისთვის;
- ელექტროქიმიურად აქტივირებული ხსნარის ან წყლის ოპტიმალური ტექნოლოგია.

**განვიხილოთ აღნიშნული პირობების ზოგიერთი ასპექტები:**

სამუშაოები ელექტროქიმიური რეაქტორის ოპტიმალური დიზაინის ძიებაზე, რომელიც განხორციელდა 1970-იანი წლების შუა პერიოდიდან 1989 წელს დასრულდა ელექტროქიმიური ნაკადური მოდულარული ელემენტის შექმნით - ელექტროქიმიური ნაკადური მოდულარული ელემენტი დიდი ბრიტანეთის პატენტის GB 2253860 საფუძველზე.

ელექტროქიმიურ რეაქტორს, მისი უახლოესი ანალოგი - დიაფრაგმის ელექტროლიზატორისგან, განსხვავებით აქვს თავისუფლების ბევრად მეტი ტექნოლოგიური და ტექნიკური ხარისხი და შექმნილია სხვადასხვა სახის სითხეების ელექტროქიმიური გარდაქმნისათვის, ანუ არა მხოლოდ წყალი ან ელექტროლიტების წყალხსნარი კონცენტრაციების ფართო დიაპაზონში - ნულიდან გაჯერებულ ხსნარებამდე, არამედ ისეთი სუბსტანციები როგორცაა რძე, ბოსტნეული და მინერალურიზეთები, ნახშირწყლების ხსნარები, ამიაკი, ალკოჰოლი, ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებები, ორგანული და არაორგანული სასუქები, ჰერბიციდები, პესტიციდები და მრავალი სხვა.

ნაკადურ ელექტროქიმიურ მოდულურ რეაქტორში ოპტიმალურად, ანუ პროცესის მთელი მრავალფეროვნების გათვალისწინებით მიმდინარეობს ერთდროული ელექტროქიმიური გარდაქმნები სხვადასხვა ბუნების სითხეებისა და აირებისა, სხვადასხვა სტრუქტურული და დამხმარე მასალების ფიზიკო-ქიმიური, ელექტრული და მექანიკური თვისებების გეომეტრიული ზომებითა და კონფიგურაციით - აქ იგულისხმება ელექტროდები, ელექტროდის კამერები, ყველა ელექტროდთაშორის, შიდაელექტროდული და შიდადიაფრაგმული სივრცე.

წყლის დეზინფექცია პირდაპირი ელექტროლიზით არის წყლის ჟანგვითი დამუშავების სახეობა, მაგრამ განსხვავდება დეზინფექციის ჩვეულებრივი მეთოდებისგან იმით, რომ ჟანგვითი აგენტები წარმოიქმნება თავად წყლიდან და არა გარედან შეტანით და ფუნქციის შესრულების შემდეგ, ეს მჟანგველები გადადიან საწყის მდგომარეობაში. პირდაპირი ელექტროლიზით წყლის დეზინფექციის ეფექტურობა უფრო მაღალია - ქიმიურ მეთოდებთან შედარებით.

**პირდაპირი ელექტროლიზი** არ საჭიროებს დოზირების ტუმბოებს და რეაგენტების გამოყენებას. მეორადი ბაქტერიული დაბინძურებისგან დასაცავად საჭირო **ქლორი** გენერირდება იმ წყლის ბუნებრივი მინერალური მარილებიდან, რაც გაივლის ელექტროლიზატორში და მაშინვე იხსნება მასში(ანუ წყალში).

**პირდაპირი ელექტროლიზი** ანადგურებს ქლორამინებს, გარდაქმნის მათ აზოტად და მარილად. მტკნარი წყლის **პირდაპირი ელექტროლიზის** ტექნიკა და ტექნოლოგია განვითარდა გასული საუკუნის სამოციან წლებში, როდესაც გამოჩნდა შედარებით იაფი და დაბალი ცვეთის მეტალო-ოქსიდის ანოდები<sup>187</sup>.

მტკნარი წყლის პირდაპირი ელექტროქიმიური მოქმედებით დეზინფექციისა და გაწმენდის ტექნოლოგიის არსი წინასწარ განსაზღვრავს მოწყობილობების დიზაინის მახასიათებლებს, რომლებშიც ელექტროქიმიურად მუშავდება წყლის მთელი ნაკადი, მოკლე დროში.

ელექტროქიმიურ დანადგარებში, ყველა დამუშავებული წყალი მიედინება ვიწროში (არაუმეტეს 3 მმ) ურთიერთსაწინააღმდეგო პოლარობის ბრტყელი ფირფიტის ელექტროდებს შორის. წყალი, რომელიც თითქმის ყოველთვის შეიცავს მცირე რაოდენობით ქლორიდებს, გაჯერებულია **ჰიპოქლორიტით**, რომელიც წარმოიქმნება კათოდური და ანოდური რეაქციების პროდუქტების შერევის დროს და გამოიყენება (ნახსენები ჰიპოქლორიტის იონები და ჟანგბადი) ზოგიერთ ამგვარ მოწყობილობაში შეტივტივებული ნაწილაკებისა და ორგანული ნივთიერებებისგან შემდგომი ფლოტაციური გაწმენდის პროცესში.

წყლის თვითგაწმენდის ბუნებრივ პროცესებში დომინანტურ როლს თამაშობს და მიმდინარეობს **მზის გამოსხივების** გავლენის ქვეშ, ატმოსფეროს ჟანგბადთან ურთიერთქმედების ფიზიკური და ქიმიური პროცესები, ქანების მინერალების მონაწილეობით. მათ ჩვეულებრივ თან ახლავს იმგვარი პროცესები, როგორცაა: დატენიანება, ფლოტაცია, სორბცია, კოაგულაცია და დალექვა.

წყლის ბუნებრივი თვითგაწმენდის პროცესების პრინციპული თავისებურებების შესაძლო გამოყენება, რომელიც რეალიზდება, სპეციფიკური ფუნქციური დანიშნულების<sup>188</sup>, კომპაქტური მაღალეფექტური მოდულარული ქიმიური რეაქტორების დახმარებით, რომელიც განთავსებულია ნაკადის გასწვრივ, სხვადასხვა თანმიმდევრობით, არის წყლის გამწმენდი დანადგარების მთავარი იდეა.

ქლორის შემცველი სადეზინფექციო ხსნარებია - რომელთა საერთო მინერალიზაცია აღემატება 5 გ/ლ, მათ არ ეწოდებათ **გააქტიურებული** და რამდენიმე საათის განმავლობაში, ასეთი ხსნარები კარგავენ აქტივობას, გადადის მარილიან ჰიპოქლორიტის ხსნარში და ჰიპოქლორის მჟავაში; ასეთი ხსნარი არის ანტიმიკრობული, მაგრამ ელექტროქიმიურისგან განსხვავებით გააქტიურებულია **სპოროციდულად**<sup>189</sup>, აქვს

<sup>187</sup> ა). Якименко Л. М., Коханов Г. Н., Юркова Т. Н., Ханова Л. А., авт. свид. СССР, № 289823, 1968.

ბ). Wikey A., Water treatment apparatus. US Patent 3,769,196, 30.10.1973.

გ). Wikey A., Water treatment system with prolonged aeration, US Patent 4,005,014, 25.10.1977.

<sup>188</sup> სამედიცინო, საზოგადოებრივი ჯანმრთელობისა და საზოგადოებრივი მნიშვნელობის დაწესებულებებში დეზინფექციისა და სტერილიზაციის ტექნიკური რეგლამენტის დამტკიცების შესახებ: <https://www.matsne.gov.ge/ka/document/download/2822865/0/ge/pdf>

<sup>189</sup> ე.ი. ანადგურებს დაავადების გამომწვევთა სპორებს.

ქლორის დამახასიათებელი სუნი და წყლის დეზინფექციისთვის გამოყენებისას წარმოქმნის ქლორირების პროდუქტებს, კერძოდ ქლოროფორმს.

### **სადეზინფექციო საშუალებების შესარჩევი თანამედროვე მეთოდოლოგიებისათვის**

თანამედროვე სადეზინფექციო საშუალებები წარმოადგენს კომპოზიციას დაბალანსებული ფორმულის საფუძველზე, რომელიც აერთიანებს რამდენიმე აქტიურად მოქმედ ნივთიერებას იმგვარი თანაფარდობით, რომ მიღებული იქნას მაქსიმალური ეფექტი რეზისტენტულად მოქმედი მიკროორგანიზმების მიმართ. აღნიშნული მოითხოვს ფუნქციონალურ დანამატებს, რაც მიზნობრივად ცვლის მათ შემადგენლობას და თვისებებს.

### **სადეზინფექციო საშუალების ფუნქციურად აუცილებელ პირობას წარმოადგენს მისი სპოროციდული აქტივობა.**

ადამიანის ნებისმიერი საქმიანობა გარკვეულწილად აზიანებს გარემოს, რაც ხელს უწყობს არა მარტო ტოქსიკური ნივთიერებების გავრცელებას, არამედ მრავალ სხვა პათოგენური ბაქტერიებისა და ვირუსების გავრცელებასაც. ზოგიერთი მიკრობი, ან ვირუსი ცოცხალ არსებაში იწვევს ინფექციურ დაავადებებს. მეცნიერები გამოარჩევენ ბაქტერიებს, რომლებიც აჩქარებენ ზრდის პროცესს, ან კიდევ გამოყოფენ ბაქტერიებს გარემოში, რომლებიც იწვევენ პათოლოგიურ გართულებებს ადამიანის ორგანიზმში.

დეზინფექცია და მისი ადგილი განიხილება სამეცნიერო-კვლევით სამუშაოთა საფუძველზე, რისთვისაც საჭიროა მეთოდოლოგიურად განისაზღვროს დეზინფექციის არსი:

- **დეზინფექტანტის ტექნიკური დავალება** და მიკროორგანიზმებზე მოქმედი ფაქტორების მოქმედების განსაზღვრა;
- **დეზინფექტანტის მიმართ დაავადებათა გამომწვევების მგრძობიანობა** და მდგრადობა.

**სანიტარული დამუშავების ეფექტურობა** დამოკიდებულია არა მარტო დამუშავების პროცედურაზე, არამედ გამოყენებულ სარეცხ და სადეზინფექციო საშუალებებზე. სველი დამუშავებისათვის გამოიყენება სარეცხი, სადეზინფექციო და სარეცხი სადეზინფექციო საშუალებები, რომლებიც დადგენილი წესით დარეგისტრირებულია საქართველოში და დაშვებულია ქიმიურ-ფარმაცევტული მრეწველობის ობიექტების სარეცხი და/ან სადეზინფექციო რეცხვის მიზნით.

**სარეცხ საშუალებად** იყენებენ ტუტე და მჟავა სარეცხ საშუალებებს, აგრეთვე სარეცხ საშუალებებს სინთეზურ ზედაპირულ-აქტიურ ფუძეზე, აგრეთვე სარეცხ საშუალებებს პროტეოლიზური ფერმენტებით.



### სარეცხი საშუალებები უნდა პასუხობდნენ შემდეგ მოთხოვნებს<sup>190</sup>:

- ხასიათდებოდნენ გამოკვეთილი სარეცხი თვისებებით;
- უზრუნველყონ სხვადასხვა კონსტრუქციული მასალების ზედაპირების სრული დასველება;
- უზრუნველყონ ხისტი წყლის დარბილება;
- უზრუნველყონ მექანიკური, ცილოვანი და ცხიმოვანი დაბინძურებების სრული მოშორება მათი დისპერგირებით და ემულგირებით;
- უზრუნველყონ მჟავა დაბინძურების ნეიტრალიზაცია და ცხიმების გასაპნვა (ტუტე სარეცხი საშუალებებისთვის);
- გამოავლინონ დაბალი აგრესიულობა კონსტრუქციული მასალების მიმართ;

ობიექტების რეცხვის შემდეგ აუცილებელია დაბინძურების ნარჩენების და სარეცხი ხსნარის, რომლითაც გაირეცხა ზედაპირი, წყლით ჩამორეცხვა.

### სადეზინფექციო საშუალებები უნდა პასუხობდნენ შემდეგ მოთხოვნებს:

- კარგად უნდა იხსნებოდნენ წყალში;
- ადამიანისათვის უნდა იყოს ნაკლებ ტოქსიკური;
- უნდა გააჩნდეს მიკრობსაწინააღმდეგო მოქმედების ფართო სპექტრი;
- უნდა გააჩნდეს ბაქტერიოციდული მოქმედება;
- დამუშავებულ ობიექტებზე არ უნდა ახდენდეს დამაზიანებელ მოქმედებას;
- შენახვისას უნდა იყოს სტაბილური;

ე. წ. „სარეცხ-სადეზინფექციო საშუალებებს“ გააჩნია სარეცხი და სადეზინფექციო საშუალებების თვისებები, რაც საშუალებას გვაძლევს ერთმანეთს შეუთავსოთ რეცხვისა და სადეზინფექციო დამუშავების პროცედურა.

შენობის ზედაპირისა და მასში მყოფი მოწყობილობების სადეზინფექციო დამუშავებისას, აუცილებელია გამოვიყენოთ სადეზინფექციო საშუალებების რამდენიმე ტიპი, რომლებიც უნდა შეიცვალოს ყოველ 1-3 თვეში რომ არ განვითარდეს მიკროორგანიზმების მიმართ მდგრადი შტამები. სარეცხი და სადეზინფექციო საშუალებები შენახული უნდა იქნას წინასწარ გასუფთავებულ ტარაში, გარკვეული დროის განმავლობაში. სხვადასხვა კლასის ზონებში გამოსაყენებელი სადეზინფექციო ხსნარები უნდა იყვნენ სტერილურები.

### საწარმოო შენობების სანიტარული მომზადების მეთოდები

საწარმოს შენობის სანიტარული მომზადება მოიცავს “სველ” დალაგებას, სადეზინფექციო დამუშავებას და აუცილებლობის შემთხვევაში საწარმოო ზედაპირის

<sup>190</sup> ფარმაცევტული საქმიანობის საფუძვლები. თბილისი 2015. გვ. 400-403.  
<https://www.interbusiness.edu.ge/e-books/75dd44735c53adae2af5e6a21df91311.pdf>

ულტრაიისფერ დასხივებას. შენობის მომზადება – ეს ყოველდღიური რუტინული შრომაა, რომელსაც ატარებენ ცვლის დასაწყისში ან მის ბოლოს.

იმასთან დაკავშირებით რომ ნედლეულის, ნახევარფაბრიკატების და მზა პროდუქციის ნარჩენები აქვეითებენ სარეცხი, სარეცხი-სადეზინფექციო და სადეზინფექციო საშუალებების ეფექტურობას, პირველ ეტაპზე აუცილებელია სრულად მოვაშოროთ მექანიკური დაბინძურებები. ამიტომ შენობაში უნდა ვერიდოთ მტვრის წაროქმნას. ფხვნილების მოსაშორებლად მიზანშეწონილია გამოვიყენოთ მტვერსასრუტი. დაღვრილ სითხეებს წმენდენ ცხიმის მოსაშორებელი საშუალებებით. სველი დასუფთავებისათვის იყენებენ (45-50) °C ტემპერატურის მქონე თბილ წყალს სარეცხ საშუალებეთან ერთად.

კედლებს, კარებებს და სხვა ზედაპრებს რეცხავენ ე. წ. ღრუბელით, რომელიც დასველებულია სარეცხ ხსნარში 100-150 მლ/მ<sup>2</sup> გაანგარიშებით, შემდეგ ასეთივე ხსნარით რეცხავენ იატაკს.

სარეცხი საშუალებებით დამუშავების შემდეგ ყველა ზედაპირს ავლებენ გასუფთავებულ ცხელ წყალს, აშრობენ ან წმენდენ გაშრობამდე, შემდეგ უტარებენ სადეზინფექციო დამუშავებას.

**სადეზინფექციო დამუშავებისათვის** შეიძლება გამოყენებული იქნას ქვემოთ მოყვანილი შემდეგი მეთოდები: ზედაპირის გაწმენდა ქსოვილით, რომელიც დასველებულია სადეზინფექციო ხსნარში. ასეთი მეთოდით მუშავდება სწორი ზედაპირები – კედლები, მერხები და სკამები. ამასთან ერთად გამოიყენება ორი ნაჭერი, ერთი ხსნარში დასველებული მეორე მშრალი, სტერილური, გასაწმენდად;

**ჰორიზონტალური ზედაპირების მორწყვა სადეზინფექციო ხსნარით**, გარკვეული დროის შემდეგ სითხის მოშორება ვაკუუმის საშუალებით; აეროზოლური დამუშავება. **აეროზოლური დამუშავება** გამოიყენება ჰაერის დეზინფექციისათვის და აგრეთვე როგორც ძნელად მისადგომი ადგილებისათვის ასევე მაღალი კედლებისათვის.

აეროზოლის თვისება შეადგინოს ყველგან უნდა გავითვალისწინოთ ისეთი ობიექტების დამუშავებისას როგორცაა ოპტიკური ხელსაწყოები, რომლებიც დაცულნი უნდა იყვნენ აგრესიული ნივთიერების ზემოქმედებისგან.

**ანსხვავენ მიმდინარე და საბოლოო სადეზინფექციო სამუშაოებს.**

**მიმდინარე დეზინფექცია** ტარდება ყოველი ცვლის შემდეგ (ყოველი პარტიის შემდეგ) და მოიცავს სამუშაო ადგილის დეზინფექციას (სამუშაო მაგიდა ლამინირებული საფარი და ა.შ.), სამუშაო ინსტრუმენტების, მოწყობილობების ზედაპირის და მომუშავე პერსონალის ხელების სამუშაოს წინ და ცვლის დამთავრების შემდეგ.

**ქიმიური დეზინფექციის** გარდა შენობის ჰაერის ლოკალური დეზინფექციისათვის იყენებენ ულტრაიისფერ ბაქტერიოციდულ ლამფებს. ასეთი დამუშავება ტარდება იმ

დროს როდესაც პერსონალი არ იმყოფება (ცვლის წინ ან ცვლის დამთავრების შემდეგ), ანუ დაბინდებისას.

**საბოლოო სადეზინფექციო დამუშავება** ტარდება პერიოდულად სამუშაოს დამთავრების შემდეგ ერთი სახეობის პრეპარატით ან 1-3 თვეში ერთხელ. **საბოლოო დეზინფექცია** ტარდება შემდეგი მაჩვენებლების მიხედვით: როდესაც შენობაში მიკროდაბინძურების დონე მაღალია ან ავარიის ლიკვიდაციის დროს. ის მოიცავს სამუშაო ადგილების დამუშავებას, მოწყობილობის და ავეჯის ზედაპირების, იატაკის და კედლების, ჰაერგამტარის, ფილტრების და აგრეთვე შენობის ჰაერის აეროზოლურ დამუშავებას. **დეზინფექციის მეთოდი** ისაზღვრება წარმოების რეგლამენტით და სამუშაო პროცედურების შესაბამისი სტანდარტებით. მიზანშეწონილია გავითვალისწინოთ **მარკირების<sup>191</sup> მზადყოფნა**, რომელიც მიუთითებს შენობის მზადყოფნას განსაზღვრულ სამუშაოთა ჩასატარებლად.

### მოწყობილობის და ინვენტარის დამუშავების მეთოდები

ტექნოლოგიური აღჭურვილობის სანიტარული დამუშავება როგორც წესი შედგება რამდენიმე ძირითადი ეტაპისაგან:

- ტექნოლოგიური მოწყობილობის ზედაპირიდან ნედლეულის ნარჩენების, ნახევარფაბრიკატებისა და მზა პროდუქციის აგრეთვე მექანიკური, ქიმიური, ცილოვანი და სხვა დაბინძურებების მოშორება.

როგორც წესი ამ ეტაპზე თანმიმდევრულად ატარებენ შემდეგ ოპერაციებს:

- მექანიკურ წმენდას;
- თბილი ( $30 \pm 5$ ) °C - იანი წყლით ჩამორეცხვა;
- სამუშაო სარეცხი საშუალებებით ჩამორეცხვა;
- სამუშაო ობიექტების ზედაპირიდან სარეცხი საშუალებების ნარჩენების ჩამორეცხვა. ამ მიზნებისათვის გამოიყენება წყალი.
- ობიექტების გასუფთავება (გაუვნებელყოფა) მათი ზედაპირიდან პათოგენური და საპროფიტული მიკროორგანიზმების მოშორების მიზნით. ამ ეტაპზე იყენებენ სადეზინფექციო საშუალებებით დამუშავებას ან აუცილებლობის შემთხვევაში სტერილიზაციას.
- სამუშაო ზედაპირიდან სადეზინფექციო საშუალებების მოშორება ცხელი ( $60 \pm 5$ ) °C - იანი წყლით. ამ ძირითად ეტაპებს გააჩნიათ თავისებურებები იმ პროდუქციის სახიდან გამომდინარე, რომელსაც აწარმოებენ მოცემული მოწყობილობებით და აგრეთვე იმ სისუფთავის კლასის საწარმოო შენობები სადაც დგას მოწყობილობა.

<sup>191</sup>საიდენტიფიკაციო პირობითი აღნიშვნები, რომელიც ყოველ ერთეულს (დანადგარის კვანძი, ყუთი, ტომარა და სხვ.) აქვს და შეიცავს სამუშაოთა მიმღების მიერ ჩაბარებისთვის აუცილებელ მონაცემებს. **მარკირების** უქონლობამ შეიძლება დამზღვევს წაართვას სადაზღვევო ანაზღაურების მიღების უფლება.

**მოწყობილობის მომზადებისას**, რომლებიც გამოიყენება სტერილური სამკურნალო საშუალებების წარმოებისათვის ვიზუალურად შიგნით არ უნდა იყოს მექანიკური ჩანართები.

ჩამორეცხვის შემდეგ მოწყობილობას აშრობენ დაჭირხნული ჰაერით. გასუფთავებული მოწყობილობა უნდა იმყოფებოდეს A და B კლასის მქონე სუფთა შენობაში, მოწყობილობის შიგნითა ზედაპირები და მოსახსნელი ნაწილები (კვანძი), რომლებსაც პირდაპირი შეხება აქვთ სამკურნალო საშუალებებთან რეკომენდირებულია დამუშავდეს სარეცხი ხსნარით ( $60 \pm 5$ ) °C ტემპერატურაზე. სარეცხი საშუალებების ჩამორეცხვა უნდა ჩატარდეს გასუფთავებული წყლით და საინიექციო წყლით, რომელიც გაფილტრულია მემბრანულ ფილტრში, რომლის ფორები 5,0 მკმ ზომისაა. წყლით ჩამორეცხვა შეგვიძლია დაჭირხნული ჰაერით.

დაუშლელი ტექნოლოგიური მოწყობილობის სტერილიზაცია რეკომენდირებულია განვახორციელოთ მახვილი ორთქლით ( $120 \pm 1$ ) °C ტემპერატურაზე 60 წუთის განმავლობაში. აუცილებლობის შემთხვევაში შიგნითა ზედაპირები გავწმინდოთ არახაოიანი ნაჭრის ხელსაწმენდით, რომელიც დასველებულია ეთილის სპირტში (76 %). გარეცხილ, მშრალ მოსახსნელ ნაწილებს აწყობენ „სუფთა მაგიდაზე“ სტერილური ჰაერის ლამინირებული ნაკადის ქვეშ, ახვევენ ორ ფენა სუფთა პერგამენტის ქაღალდში, ათავსებენ ბიქსებში, ასტერილებენ ორთქლის სტერილიზატორში 0,11 მპა ჭარბი წნევით ( $120 \pm 1$ ) °C ტემპერატურაზე 45 წუთის განმავლობაში, მომდევნო გაშრობა წარმოებს ნარჩენი წნევის 0,07 მპა ქვეშ, არა უმეტეს 10 წუთი.

ტექნოლოგიური მოწყობილობის გარეთა ზედაპირები მუშავდება შენობის დალაგების დროს ჰიდროპულტით სამუშაო სდეზინფექციო ხსნარით ( $120 \pm 1$ ) მლ/მ<sup>2</sup> გაანგარიშებით. მორწყვიდან 30-40 წუთის შემდეგ ზედმეტ ხსნარს აშორებენ არახაოიანი სტერილური ხელსაწმენდით.

საწარმოო შენობის C და D კლასის სუფთა ზონებში მოწყობილობის გასარეცხად, რომელშიც იწარმოება სტერილური სამკურნალო საშუალებები იყენებენ გასუფთავებულ წყალს. საწარმოს ტექნოლოგიური მოწყობილობის სანიტარული დამუშავება, რომელშიც იწარმოება არასტერილური სამკურნალო საშუალებები დამოკიდებულია სამკურნალო ფორმებზე და მასში შემავალ კომპონენტებზე.

თხევადი სამკურნალო საშუალებების დამზადებისას აპარატის ტექნოლოგიურ სათავსოებს ათავისუფლებენ ნალექისაგან, წნევის ქვეშ მყოფი წყალგაყვანილობის წყლის ჭავლის გამოყენებით. შემდეგ ატარებენ კედლების მექანიკურ გაწმენდას. შიგნითა ზედაპირებზე დაიტანენ სადეზინფექციო საშუალებების ხსნარს და აყოვნებენ ექსპოზიციისათვის განსაზღვრული დროის განმავლობაში. შემდეგ შიგნითა ზედაპირებს საგულდაგულოდ რეცხავენ თბილი წყლით, საჭიროების შემთხვევაში ჯაგრისის გამოყენებით 5-15 წუთი (დაბინძურების ხარისხიდან გამომდინარე) რის შემდეგაც რეცხავენ თბილი ონკანის წყლით სარეცხი საშუალების ნარჩენების ბოლომდე

მოშორებამდე. მალამოების, ლინიმეტების და კრემების ყოველი პარტიის დამზადების შემდეგ ტექნოლოგიური ტევადობებს რეცხავენ თბილი ონკანის წყლით, რეცხავენ სარეცხი საშუალებების ხსნარით ჯაგრისით 5-15 წუთი (დაბინძურების ხარისხიდან გამომდინარე), ავლებენ ონკანის თბილ წყალს სარეცხი საშუალებების ნარჩენების მოშორებამდე, დეზინფექციას უკეთებენ დადგენილი რეჟიმის შესაბამისად, ავლებენ ცხელ წყალს. შემრევებს ათავისუფლებენ ნედლეულის, ნახევარფაბრიკატების და მზა ნარჩენებისაგან, ავლებენ ონკანის თბილ წყალს, ავსებენ 1/3 მოცულობით სარეცხი საშუალების ხსნარით და ატარებენ მომუშავე შემრევის რეცხვას.

ნამუშევარ სარეცხი საშუალების ხსნარს გადაღვრიან. შემრევს რეცხავენ ონკანის თბილი წყლით და ავსებენ 1/3 მოცულობის სადეზინფექციო ხსნარით, მომუშავე მდგომარეობაში შემრევს უტარებენ დეზინფექციას დადგენილი რეჟიმის შესაბამისად. შემდეგ სადეზინფექციო ხსნარს გადაღვრიან. შემრევებს რეცხავენ ონკანის თბილი წყლით. მილგაგაყვანილობას და სხვა ტექნოლოგიურ კომუნიკაციებს (რეზინის მილები და სხვა) ყოველი გაშვების შემდეგ ავლებენ ონკანის თბილ წყალს, რეცხავენ სარეცხი საშუალების ხსნარით ცირკულაციური მეთოდით 5-10 წუთის განმავლობაში (დაბინძურების ხარისხიდან გამომდინარე). შემდეგ რეცხავენ ონკანის წყლით. ცირკულაციური მეთოდით სადეზინფექციო ხსნარით აკეთებენ დეზინფექციას 30 წუთის განმავლობაში და ავლებენ ცხელ წყალს. დადგენილი რეჟიმის შესაბამისად ატარებენ მილგაგაყვანილობის და ტექნოლოგიური კომუნიკაციების დეზინფექციას.

წვრილი ინვენტარი (ჯამები, თასები და სხვა) ინსტრუმენტები, საამქროს შიდა ტარა მუშავდება სპეციალურ სამრეცხაო განყოფილებაში, რომელიც აღჭურვილია 3 – სექციური აბაზანით, სადაც შედის ცხელი და ცივი წყალი და ჩაედინება კანალიზაციაში. დამუშავებას ატარებენ საგულდაგულოდ ჩატარებული მექანიკური გაწმენდის შემდგომ შემდეგ რეჟიმში:

- პირველ სექციაში ალბობენ 10 წუთის განმავლობაში და რეცხავენ თბილი სარეცხი საშუალებით;
- მეორე სექციაში ატარებენ დეზინფექციას დადგენილი რეჟიმის შესაბამისად;
- მესამე სექციაში ავლებენ ცხელ გამდინარე წყალს სადეზინფექციო ხსნარის ნარჩენების ბოლომდე მოშორებამდე;

სადეზინფექციო ხსნარის ხმარებისას იყენებენ 2-სექციან აბაზანებს. **პირველ სექციაში** ალბობენ სარეცხ-სადეზინფექციო ხსნარში დადგენილი ექსპოზიციის შესაბამისად და რეცხავენ ჯაგრისით. **მეორე სექციაში** ავლებენ ცხელ გამდინარე წყალს სადეზინფექციო საშუალების ნარჩენების ბოლომდე მოშორებამდე.

დასაშვებია წვრილი ინვენტარის და ინსტრუმენტების დეზინფექცია ადულებით 30 წუთის განმავლობაში. ინვენტარს, ინსტრუმენტებს და საამქროს შიდა ტარას დამუშავების შემდეგ აშრობენ 55 °C-დან 60 °C-მდე 1,5-2 საათის განმავლობაში და ინახავენ სადგარზე ან სტელაჟებზე იატაკიდან არა ნაკლებ 0,5-0,7 მ-ის დაშორებით.

კონვეირის ლენტას სამუშაო ცვლის დამთავრების შემდეგ ჯერ რეცხავენ ცხელი წყლით, შემდეგ ჯაგრისის მეშვეობით რეცხავენ სარეცხი საშუალებით, ავლებენ ონკანის თბილ წყალს სარეცხი საშუალების ნარჩენების ბოლომდე მოშორებამდე, ატარებენ სადეზინფექციო ხსნარით დეზინფექციას დადგენილი რეჟიმის შესაბამისად გახეხვის მეთოდით, და ტოვებენ დამუშავებულ ზედაპირზე შემდეგ ცვლამდე.

სამუშაოს დაწყებამდე დამუშავებულ ზედაპირს რეცხავენ ცხელი წყლით სადეზინფექციო ხსნარის ბოლომდე მოშორებამდე. მოწყობილობის გასარეცხად განკუთვნილ ჯაგრის ავლებენ თბილ ონკანის წყალს, რეცხავენ სარეცხი საშუალების ხსნარით, ავლებენ თბილ ონკანის წყალს, შემდეგ დებენ სადეზინფექციო ხსნარში და ავლებენ თბილ წყალს.

სანიტარულ რეზინის ხალიჩებს რწყავენ სადეზინფექციო ხსნარით თითო ცვლაში არა ნაკლებ ერთხელ. სანიტარულ-ტექნიკური მოწყობილობა (სამრეცხაო აბაზანები, ნიჟარები და სხვა) მუშავდება სადეზინფექციო ხსნარით გაწმენდის ან მორწყვის მეთოდით დეზინფექციის დადგენილი რეჟიმის შესაბამისად და ბოლოს ავლებენ ცხელ წყალს სადეზინფექციო ხსნარის ბოლომდე მოშორებამდე.

**ქლორაქტიური სადეზინფექციო საშუალებების** გამოყენებისას, რომლებიც ფხვნილის სახითაა, დაშვებულია სანიტარულ-ტექნიკური მოწყობილობის სადეზინფექციო დამუშავება ჩატარდეს მშრალი პრეპარატით (გასავლის ნორმა 500-100 მგ/მ<sup>2</sup> ზედაპირი).

მოწყობილობების, ინვენტარის, საწარმოს კომუნიკაციების (სადაც იწარმოება სამკურნალო საშუალებები), სანიტარული დამუშავების კონტროლის ხარისხი უნდა ჩატარდეს ყოველი სანიტარული დამუშავების შემდეგ.

კონტროლის არსი მდგომარეობს ცილოვანი, ცხიმოვანი და მიკრობული დაბინძურების მოშორების სისრულის განსაზღვრაში, სარეცხი და სადეზინფექციო საშუალებების ნარჩენების არ არსებობის დადასტურებაში და სამუშაო ზონაში მათი შემცველობის განსაზღვრაში.

### **მოთხოვნები პერსონალის მიმართ**

ნაწილაკებითა და მიკროორგანიზმებით საწარმოს დაბინძურების ერთ-ერთ ძირითად წყაროს წარმოადგენს ტექნოლოგიურ პროცესში მონაწილე პერსონალი. სხვადასხვა კვლევებიდან გამომდინარე პერსონალით დაბინძურების ხარისხი შეადგენს 40%- დან 90%- ს, მოწყობილობიდან 15-დან 20%-მდე, ხოლო გარემომცველი არედან 5-დან 10%-მდე. პერსონალიდან გამომდინარე ასეთი მაღალი დონის დაბინძურების მიზეზი გამომდინარეობს თვითონ ადამიანის ორგანიზმიდან და აიხსნება პირველ რიგში კანის ნორმალური მიკროფლორით და კანის საფარის სტრუქტურით. ნორმის ფარგლებში, ადამიანს ჯანმრთელ კანზე, ლორწოვან გარსზე და თმაზე გააჩნია

სხვადასხვა საპროფიტული მიკროფლორა: ბაქტერიები, საფუვრები, სოკოები და სხვა. ამ მიკროორგანიზმების უმრავლესობა არის ტრანზიტული, რადგანაც ისინი ხვდებიან კანზე გარემომცველი არედან. ადამიანის კანი განიხილება როგორც მიკრობების არსებობის ეკოლოგიური გარემო. კანის მიკროფლორის რაოდენობითი შემადგენლობის კვლევების ანალიზის შედეგები ცხადყოფს, რომ ზოგიერთ ადამიანს აღენიშნება შედეგების საკმაო ვარიაციები.

მაგალითად, ადამიანის ტანის ერთი გამოკვლეული მონაკვეთის (შუბლი, წვივი, ხელისგული და ასე შემდეგ) სმ<sup>2</sup> კანზე აერობული ბაქტერიების რაოდენობამ შეიძლება მიაღწიოს 2 900 000. ადამიანის კანის გარეთა საფარი შედგება მრავალი ფირფიტისაგან, (ქერცლისაგან) რომლებიც კანის ზედაპირიდან მუდმივად გამოიყოფიან. აქერცვლის ინტენსივობა დამოკიდებულია ადამიანის ინდივიდუალურ თავისებურებებზე, აგრეთვე მოძრაობის ხასიათზე. სიარულის დროს ჩვეულებრივი მოძრაობისას წუთში ვრცელდება 200 000 მდე კანის ქერცლი. ტანსაცმლის გამოცვლისას ჰერში ერთდროულად ხვდება 500 000 ქერცლი. 5 %-დან 10 %-მდე ამ ქერცლისა შეიძლება იყვნენ სიცოცხლისუნარიანი მიკროორგანიზმების მატარებლები.

დიდ საშიშროებას წარმოადგენს პათოგენური მიკროფლორა. ავადმყოფი ადამიანი შეიძლება იყოს ინფექციის წყარო და ხელი შუწყოს მის გადაცემას მეორე ადამიანზე ან შეიძლება მოხდეს პროდუქტის დაბინძურება. ამ მიზეზების გამო სუფთა შენობაში სამუშოდ პერსონალის შერჩევასა აუცილებელია გვქონდეს საკმარისი ინფორმაცია პერსონალის - თითოეული მომუშავეს ჯანმრთელობის შესახებ. სამუშაოს დაწყებისას მთელმა პერსონალმა, მათ შორის დროებით მომუშავეებმა უნდა გაიარონ სამედიცინო შემოწმება და ბაქტერიოლოგიური გამოკვლევა.

ზოგიერთი პირები ჯანმრთელობის მდგომარეობის მიხედვით არ დაიშვებიან სუფთა შენობაში სამუშაოდ. ასე მაგალითად ადამიანები, რომლებსაც აქვთ ალერგიული ცემინება, ქავილი და სურდო შეუძლიათ დიდი რაოდენობით ნაწილაკების გენერირება. სუფთა შენობაში ალერგიული შეიძლება იყოს სხვადასხვა მასალები და ნივთები, მაგალითად ტანსაცმელი პოლიეთერული ქსოვილისგან, ქიმიური ნივთიერებები, ისეთი როგორცაა მჟავები, გამხსნელები, სარეცხი სადეზინფექციო ხსნარები, აგრეთვე ანტიბიოტიკები, ჰორმონები და სხვა.

უნდა აღინიშნოს, რომ ზოგიერთი პირებს, რომლებიც ავად არიან ე. წ. თივის ციებცხელებით სუფთა შენობაში შეიძლება მდომარეობა შეუმსუბუქდეთ, რადგანაც ჰაერის ფილტრაციის სისტემა ამორებს შესაბამის ალერგენებს. ასეთ შემთხვევაში ალერგიული დაავადება არ არის ხელისშემშლელი სამკურნალო საშუალებების წამოებაში სამუშაოდ. წამლების დამზადების, კონტროლის ან სამკურნალო საშუალებების შენახვის უბანზე სამუშაოდ არ დაიშვებიან პირები რომლებიც ავად არიან ინფექციური დაავადებით, აქვთ ღია ჩირქოვანი ჭრილობა და პათოგენური

მიკროფლორის მატერებლები არიან. პერსონალმა რომელიც უშალოდ საქმიანობს საწარმოში უნდა გაიაროს სამედიცინო კონტროლი.

დაავადების ნებისმიერი სიმპტომის დროს, რომელსაც შეუძლია არასასურველი ზემოქმედება მოახდინოს პროდუქციის ხარისხზე, მაგალითად როგორცაა: გაციებით გამოწვეული ცემინება ან ხველება, ხელის უმნიშვნელო დაზიანება, მომუშავემ მაშინვე უნდა აცნობს ხელმძღვანელობას. ზოგიერთ შემთხვევაში საჭირო ხდება ასეთი მუშაკის სამუშაოდან დროებით ჩამოშორება, სანამ არ გამოჯანმრთელდება.

ჯანმრთელობის მიმართ ასეთ მკაცრ მოთხოვნებთან ერთად არსებობს რიგი სხვა მოთხოვნებიც, რომლის შესრულებაც აუცილებელია სუფთა შენობაში მომუშავე ყველა მუშაკისათვის. ეს მოთხოვნები არეგლამენტირებენ: პერსონალის სამუშაოსადმი სანიტარულ-ჰიგიენური მომზადების წესებს; სპეციალურ ტანსაცმელს და გამოცვლის თანმიმდევრობას; სუფთა შენობაში ქცევის წესებს და სხვა.

თოთოეულმა თანამშრომელმა კარგად უნდა იცოდეს და შეასრულოს ეს მოთხოვნები, მათ კარგად უნდა ესმოდეთ მათი არსი, მიზანი და ამოცანები, რომ არ გამიწვიოს ნეგატიური რეაქციები. ამ მიზნით ყველა დაწესებულებაში უნდა ჩატარდეს ყველა იმ თანამშრომლის სწავლება, რომელიც უშალოდ მუშაობს საწარმოში ან საკონტროლო ლაბორატორიაში. აგრეთვე ის პირები რომლებიც დაკავებულნი არიან ტექნიკური საკითხებით, მოწყობილობის მომსახურებით, შენობის დასუფთავებით, ვინც მუშაობს შენობაში (საწყობში) სადაც ინახება საწყისი ნედლეული, შუალედური და მზა პროდუქტები.

სწავლებაში უნდა შედიოდეს როგორც სპეციალობის მიხედვით მომზადება, ასევე ხარისხის კონცეფციის უზრუნველყოფის საკითხები, აგრეთვე **GMP-ს თეორიები და პრაქტიკა (თუ აღნიშნული საჭიროა პროდუქციების მაღალი დონის უზრუნველსაყოფად).**

პერიოდულად პერსონალმა უნდა გაიაროს გადამზადება. საწარმოში უნდა ინახებოდეს დოკუმენტაცია, რომელიც შეიცავს მონაცემებს ყველა იმ თანამშრომლის შესახებ, რომლებმაც საწარმოში მუშაობის მთელი პერიოდის განმავლობაში გაიარეს სწავლება. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიაქციოს პერსონალმა საკუთარ ჰიგიენას: რეგულარულად უნდა მიიღოს შხაპი, დაიბანოს თავი და გულდასმით თვალყური უნდა ადევნოს ხელების სისუფთავეს.

ჰიგიენური პროცედურები არა მარტო უნდა ჩატარდეს არამედ მკაცრად უნდა დავიცვათ მათი ჩატარების ყველა წესი. მაგალითად: მრავალრიცხოვანმა გამოკვლევებმა გვაჩვენა, რომ შხაპის მიღების ან ხელის დაბანის დროს საპონთან ერთდ ჰაერში იზრდება ქერცლის რაოდენობა, მაშასადამე მიკროორგანიზმებისაც. მაგრამ თითოეული ქერცლიდან გავრცელებული სისცოცხლისუნარიანი მიკროორგანიზმების რაოდენობა შეიძლება შემცირდეს ანტიბაქტერიული საპონის მუდმივად გამოყენებისას.



განსაკუთრებულად საყურადღებოა ხელების სისუფთავის ხარისხი, რადგანაც ხელის კანიდან გამოიყოფა ნაწილაკები, რომლებიც შეიძლება გახდნენ პროდუქციის ან სამკურნალო საშუალებების დაბინძურების მიზეზი, განსაკუთრებით მაშინ როდესაც ხელთათმანების გარეშე უშუალო კონტაქტია ღია პროდუქტთან ან პირველადი შეფუთვის მასალებთან. ხელები ჯერ უნდა დავიბანოთ (სასურველია თხევადი საპონის გამოყენება) მერე გავიშროთ.

ხელის დაბანისას არ უნდა გამოვიყენოთ ჯაგრისი, რადგანაც შეიძლება დაზიანდეს კანი და დაირღვეს ბაქტერიის კოლონები და ნაწილაკების გამოყოფის რაოდენობა გაიზარდოს.

სტერილური ჯაგრისი შეიძლება გამოვიყენოთ ფრჩხილებს შორის ადგილის საგულდაგულოდ გასაწმენდად. გასაშრობად იყენებენ ჰაერის საშრობს, ან მშრალად იმშრალებენ სტერილური ინდივიდუალური, ერთჯერადი ან მრავალჯერადი გამოყენების პირსახოცით. უპირატესობა ენიჭება მეორე მეთოდს, რადგანაც პირსახოცით გაწმენდისას ხდება არა მარტო გამშრალება არამედ კანიდან აშრევებული ქერცლის მოშორება, რომელიც წარმოიქმნება ხელების დაბანვის პროცესში. ხელების გაშრობისას ხელის ქერცლი გამთბარი ჰაერის ზემოქმედებით ფიქსირდება კანზე. გარდა ამისა კანიდან ტენის აორთქლება საზიანოა, განსაკუთრებით გამშრალების ასეთი მეთოდის ხშირი გამოყენებისას. დაბანილი ხელები უნდა დამუშავდეს ანტისეპტიკური ხსნარით. ანტისეპტიკებით ხელების დამუშავებისას საჭიროა გამოვიყენოთ დოზატორი. არ არის რეკომენდირებული გამოვიყენოთ სავლებლები წყალში გახსნილი ანტისეპტიკებით, რადგანაც მან შეიძლება ხელი შეუწყოს მიკროორგანიზმების ზრდას და ჯვარედინ დაბინძურებას. ანტისეპტიკური წყლიანი ხსნარები, რომლებიც გამოიყენება იმ პერსონალის ხელის დასამუშავებლად, რომლებიც მონაწილეობენ სტერილური პროდუქციის ან სამკურნალო საშუალებების წარმოებაში უნდა იყოს სტერილური.

**სუფთა შენობაში** პერსონალმა არ უნდა გამოიყენოს კოსმეტიკა<sup>192</sup>, პუდრი, თმების აეროზოლი, დეზოდორანტები და სხვა ანალოგიური საშუალებები. არ არის რეკომენდირებული გრძელი ფრჩხილების ქონა, რადგანაც შეუძლებელი ხდება

---

<sup>192</sup> ბრიტანელი მედიკოსები აცხადებენ, რომ ორსულმა ქალებმა განსაკუთრებული ყურადღება და სიფრთხილე უნდა გამოიჩინონ კოსმეტიკური საშუალებების არჩევისას, ვინაიდან ზოგიერთი მათგანი შესაძლოა გახდეს მომავალი ბავშვის თანდაყოლილი დეფექტებით დაბადების მიზეზი. მკვლევარებმა აღმოაჩინეს, რომ **თმის დეზოდორების და სპეციალური მუსების გამოყენება** ორსულობის დროს 2-ჯერ ზრდის ბავშვის საშარდე გზების თანდაყოლილი პათოლოგიით დაბადების რისკს. ამის გამო, მეცნიერებმა საჭიროდ მიიჩნიეს, რომ კოსმეტიკურ საშუალებებს უნდა გააჩნდეთ **ახალი მარკირება**, სადაც მითითებული იქნება, რომ ზოგიერთი მათგანის გამოყენება არ არის რეკომენდებული ორსულებში. საფრანგეთის მთავრობამ უკვე გამოთქვა მზადყოფნა – გადახედოს კოსმეტიკის მარკირების ახალი სისტემის შემოღების საკითხს. კოსმეტიკურმა მრეწველობამ კი, თავის მხრივ, გარკვევით უნდა მოახდინოს თავისი პროდუქციის მარკირება.

<http://medportal.ge/pg2.php?Id=2618&act=newsarch&catId=49&act2=full>

ფრჩხილებშია სივრცის დამუშავება. აგრეთვე არ შეიძლება ფრჩხილზე ლაქის წასმა, რადგანც ლაქი შეიძლება აიქერცლოს და მოხვდეს პროდუქტში.

სუფთა შენობაში მუშაობისას პერსონალმა აუცილებლად უნდა გამოიყენოს სპეციალური ტანსაცმელი, რომელიც პერსონალსა და პროდუქტს შორის წარმოადგენს დამცავ ბარიერს ან ფილტრს. შენობის სისუფთავის კლასის მიუხედავად ტანსაცმელმა უნდა შეაკავოს 60%-დან 95%-მდე ნაწილაკები, რომლებსაც ადამიანი აგენერირებს. გარდა ამისა ტანსაცმელი თვითონ არ უნდა იყოს მტვრის წყარო. ეს განსაზღვრავს მკაცრ მოთხოვნებს ტანსაცმლის კომპლექტის შემადგენლობის, შეკერილობის და ტექსტილური ნაჭრის მიმართ.

ტანსაცმელი, რომელიც განკუთვნილია სუფთა შენობაში სამუშაოდ უნდა ექვემდებარებოდეს რეცხვას და დეზინფექციას. ტანსაცმლიდან სისციცლისუნარიანი მიკროორგანიზმების მოსაშორებლად მას ან ასტერილებენ, ან თერმულად ამუშავებენ ანუ აუთოვებენ. სამუშაოდ მომზადებული ტანსაცმელი უნდა ინახებოდეს ისე, რომ გამორიცხული იყოს მისი დაბინძურება. გამორიცხული უნდა იყოს აგრეთვე პერსონალის ტანსაცმლის გამოცვლის დროს სპეციალური ტანსაცმლის დაბინძურება.

აქ მნიშვნელოვან როლს ასრულებს იმ შენობის დაგეგმვა, რომელიც განკუთვნილია ტანსაცმლის გამოცვლისათვის. როგორც წესი, გასახდელი შედგება ორი ოთახისაგან. სამ ოთახიანი გასახდელი გამოიყენება მაშინ, როდესაც ტანსაცმლის და ფეხსაცმლის გამოცვლა საჭიროა მრავალჯერადად. ქალებისთვის და მამაკაცებისთვის უნდა იყოს სხვადასხვა გასახდელი.

არსებობს პერსონალის ტანსაცმლის გამოცვლის სხვადასხვა მეთოდები. ქვემოთ აღწერილი მეთოდი შეიძლება მოდიფიცირებული იყოს სუფთა შენობის სახიდან, პროდუქტის დაბინძურების წყაროდან გამომდინარე.

საერთო გასახდელში პერსონალმა უნდა გაიხადოს ზედა ტანსაცმელი (პალტო, ლაზადა), თავსაბურავი და ფეხსაცმელი, ჩაიცვას **გარდამავალი ტანსაცმელი** (ხალათი და ფეხსაცმელები). **გარდამავალი ტანსაცმელი** განკუთვნილია პერსონალის არა საწარმოო ზონაში სამომრად. გასახდელში აუცილებლად უნდა გავიხადოთ ყოველდღიური და გარდამავალი ტანსაცმელი და მივიღოთ შხაპი რის შემდეგაც გულდასმით უნდა დავიბანოთ ხელები და გავიშროთ.

პერსონალი სპეციალურ განივ, ფეხსაცმელებისათვის განკუთვნილ უჯრებიან მერხზე, დამჯდარ მდგომარეობაში იცვლის ფეხსაცმელს (იხდის გარდამავალ ტანსაცმელს, შემდეგ ბრუნდება 180 გრადუსით და იცმევს ტექნოლოგიურ ფეხსაცმელს), გადადის შენობაში (ზონაში), სადაც იმუშავებს ხელებს ანტისეპტიკით, შენობის სისუფთავის კლასის შესაბამისად იცმევს ტექნოლოგიურ ტანსაცმლის კომპლექტს, აუცილებლობის შემთხვევაში იცმევს სტერილურ ხელთათმანებს.

სუფთა შენობაში პერსონალი შედის **საჰაერო რაბიდან**. მუშაობის დროს გარკვეული ინტერვალის შემდეგ ხელმეორედ იმუშავებს ხელებს და ხელთათმანებს. თუ აცილებელია სტერილური ჰაერის ლამინირებული ნაკადის ქვეშ მოქმედების შესრულება ან რომელიმე საგანთან შემთხვევით შეხება, ხელები და ხელთათმანები ისევ უნდა დამუშავდეს ანტისეპტიკით.

საწარმოო შენობის დატოვება უნდა მოხდეს გასახდელი ზონის გავლით, რომელიც წარმოადგენს ბუფერს „გარე არესა“ და სუფთა საწარმოო ზონას შორის. სპეციალური ტანსაცმლის შეცვლისას სუფთა შენობიდან გასვლის დროს უნდა გამოირიცხოს მისი **ჯვარედინი დაბინძურება**<sup>193</sup>. ჯვარედინი დაბინძურება უნდა ავიცილოთ სათანადო ტექნიკური თუ საორგანიზაციო საშუალებებით, როგორცაა:

- ა) წარმოება განცალკევებით (ისეთი პროდუქტებისათვის, როგორც არის პენიცილინი, ცოცხალი ვაქცინები, ცოცხალი ბაქტერიული პრეპარატები და ზოგი სხვა ბიოლოგიური ნივთიერება), ან პროცესის დროში დაყოფა, ყოველი ეტაპის შემდეგ საგულდაგულო დასუფთავებით;
- ბ) საჰაერო შლუზების და გამწოვი მოწყობილობების უზრუნველყოფა;
- გ) გაუსუფთავებელი, ან არასათანადოდ გასუფთავებული ჰაერის რეცირკულაციით გამოწვეული დაბინძურების რისკის მინიმუმამდე შემცირება;
- დ) დამცავი ტანსაცმლის შენახვა იმ ტერიტორიაზე, სადაც ჯვარედინი დაბინძურების განსაკუთრებული რისკის მატარებელი პროდუქტის დამუშავება ხდება.
- ე) დასუფთავების და დაბინძურების აღმოსაფხვრელი ეფექტური პროცედურების გამოყენება, რადგანაც დანადგარების არაეფექტური დასუფთავება ძალზე ხშირად თვითონ იწვევს დაბინძურებას;
- ვ) წარმოების “დახურული სისტემების” გამოყენება;
- ზ) ნარჩენების შემოწმება და დანადგარებზე დასუფთავების აღმნიშვნელი ეტიკეტის დაკვრა.

პერიოდულად უნდა შემოწმდეს ჯვარედინი დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად გატარებული ღონისძიებები და მათი ეფექტურობა.

---

<sup>193</sup> ჯვარედინი დაბინძურების საფრთხე ჩნდება: მასალების, ან პროდუქტებისაგან მტვრის, აირების, ქაფების, ან მიკროორგანიზმების უკონტროლო გავრცელებით, დანადგარებზე ნარჩენებისაგან და ოპერატორთა სპეციალური ტანსაცმლისგან. რისკის მნიშვნელობა ცვალებადია დაბინძურების ტიპისა და დაბინძურებული პროდუქტის მიხედვით. ყველაზე საშიშ წყაროს წარმოადგენს მაღალი მგრძნობელობის გამომწვევი ნივთიერებები, ცოცხალი ორგანიზმების შემცველი ბიოლოგიური პრეპარატები, ზოგიერთი ჰორმონი, ციტოტოქსინები, და სხვა მაღალაქტიური ნივთიერებები. დაბინძურების საფრთხე მაღალია იმ პროდუქტებში, რომლებიც მიიღება ინექციით, დიდი დოზებით, ან/და ხანგრძლივი დროის განმავლობაში.

## ვალიდაცია<sup>194</sup> და ვერიფიკაცია

ვალიდაციის ღონისძიებებმა უნდა განამტკიცოს სათანადო წარმოების პრაქტიკა და უნდა ჩატარდეს დადგენილი პროცედურის მიხედვით. შედეგები და დასკვნები უნდა დაფიქსირდეს შემდეგი ტოპოლოგიის შესატყვისად:

- როდესაც ინერგება წარმოების ახალი რეგლამენტი ან მეთოდი, დადასტურებულ უნდა იქნას მისი ეფექტურობა და პროცესთან შესაბამისობა.
- უნდა მოხდეს წარმოების პროცესში ყველა არსებითი ცვლილების ვალიდაცია, დანადგარებისა და მასალებში იმ ცვლილებათა ჩათვლით, რომელთაც შესაძლოა გავლენა იქონიონ პროდუქციის ხარისხზე და/ან პროცესის პროდუქტიულობაზე.
- ყველა პროცესმა და პროცედურამ უნდა გაიაროს პერიოდული კრიტიკული რევალიდაცია, რათა დავრწმუნდეთ, რომ ის ადექვატურია დასახული მიზნების მისაღწევად.

**ვერიფიკაცია**, როგორც წესი, არის ხარისხის მართვის შიდა პროცესი, რომელიც უზრუნველყოფს წესთან, სტანდარტსა ან სპეციფიკაციასთან შესაბამისობას, ვალიდაციას/დადასტურებასა და ვერიფიკაციას შორის სხვაობის დამახსოვრების მარტივი გზა არის ის, რომ ვერიფიკაცია ადასტურებს, რომ თქვენ შექმენით სწორი პროდუქტი და ვალიდაცია ადასტურებს, რომ თქვენ შექმენით პროდუქტი ისე, როგორც აპირებდით რომ შეგექმნათ.

მაგალითი: საწარმო აწარმოებს მილებს, რომლებიც განკუთვნილია მიწაში ჩასალაგებლად, გარკვეული სპეციფიკაციების შესაბამისად. პროდუქტი აკმაყოფილებს ამ პირობებს, მაგრამ მიღებულია ბრძანება, რომელიც გულისხმობს მილების გაყვანას ზღვის ფსკერზე. შესაძლებელია თუ არა მიწაში ჩასალაგებლად განკუთვნილი მილების განთავსება ზღვის ფსკერზე? ვალიდაცია პასუხობს ამ კითხვას.

**ვერიფიკაცია** თითქმის ყოველთვის ტარდება, იგი ხორციელდება განსაზღვრული მოთხოვნების მქონე პროდუქტების მახასიათებლების შემოწმებით, შედეგი არის დასკვნა პროდუქციის მითითებულ მოთხოვნებთან შესაბამისობის შესახებ.

**ვალიდაცია** ტარდება მხოლოდ საჭიროების შემთხვევაში, გამოყენების განსაზღვრული პირობების ანალიზით და პროდუქტის მახასიათებლების ამ მოთხოვნებთან შესაბამისობის შეფასებით, შედეგი არის დასკვნა პროდუქტის უსაფრთხოებისა და გამოყენების შესაძლებლობის შესახებ.

სუფთა შენობაში აუცილებელია დავიცვათ ქვევის გარკვეული წესები, რომლის მიზანიც მდგომარეობს იმაში, რომ მინიმუმამდე იქნას დაყვანილი პერსონალის მიერ შემოტანილი ბიოდაბინძურების რაოდენობა. ამასთან დაკავშირებით ნორმალური

<sup>194</sup> ვალიდაცია (ლათინური validus - „ჯანმრთელი, ძლიერი“) ტექნოლოგიაში ან ხარისხის მართვის სისტემაში არის იმის დასტური, რომ კონკრეტული მომხმარებლის, პროდუქტის, სერვისის ან სისტემის მოთხოვნები დაკმაყოფილებულია.

საწარმოო პროცესისათვის სუფთა შენობაში მინიმუმამდე უნდა იქნას დაყვანილი მომუშავე ადამიანების რაოდენობა.

- პერსონალი პროდუქტთან საურთიერთობოდ სწორად უნდა განლაგდეს (ჰაერის ერთი მიმართულებიანი ნაკადის მუშაობისას ადამიანი არ უნდა იმყოფებოდეს პროდუქტსა და სუფთა ჰაერის წყაროს შორის);
- დაუშვებელია მასალის შეხება ტანსაცმელზე მათი სუფთა შენობაში გადაადგილებისას, იკრძალება ლაპარაკი პროდუქტთან სიახლოვისას;
- მუშაობის დროს გამორიცხულია ქაოტური, უაზრო სიარული;
- უნდა ვერიდოთ მკვეთრ, ნერვულ მოძრაობებს;
- შენობა ყოველთვის უნდა იყოს სუფთა და მოწესრიგებულ მდგომარეობაში;
- საწარმოო შენობაში აკრძალულია საკვების მიღება, მოწევა, ჰიგიენის წესების დარღვევა, პირადი ნივთების შეტანა და შენახვა.

**ტექნიკური პერსონალი**, რომელიც უზრუნველყოფს მონტაჟს და მოწყობილობის სერვისს საწარმოო შენობაში უნდა შევიდეს აუცილებლობის შემთხვევაში. ამასთან ერთად მან უნდა იცოდეს და მკაცრად უნდა დაიცვას სუფთა შენობაში შესვლისას და გამოსვლისას ტანსაცმლის გამოცვლის და იმ ზონაში სადაც მას მოუწევს მუშაობა ქცევის წესები.

მუშაობის დროს საჭირო ინსტრუმენტი უნდა იყოს გაწმენდილი, ჩატარებული უნდა ქონდეს დეზინფექციური დამუშავება ან აუცილებლობის შემთხვევაში იყოს სტერილური.

ინსტრუმენტები უნდა ინახებოდეს სპეციალურ პაკეტებში ან კონტეინერებში. საწარმოო ზონა, სადაც მიმდინარეობს პროდუქტის ან პრეპარატების მეორეული და საექსპედიციო ყუთებში შეფუთვა, პერსონალი გადაადგილდება და მუშაობს სპეციალური პირბადის და ტანსაცმლის გარეშე.

საწარმოო სამუშაოთა ორგანიზების სწორი უზრუნველყოფისათვის უნდა იყოს განსაზღვრული პერსონალის მომზადების დეტალური საკითხები, ტექნოლოგიური ტანსაცმლის, აგრეთვე პერსონალის ქცევის წესები საწარმოში აღწერილი უნდა იქნას სტანდარტულ სამუშაო პროცედურებზე ან წარმოების სისუფთავის კლასის ზონების მოთხოვნები აღწერილი უნდა იყოს იმ ინსტრუქციაში რაც გათვალისწინებულია იმ ტექნიკური რეგლამენტით რითაც პერსონალს უწევს სამსახურებრივი ფუნქციის აღსრულება.

### **კონტრაქტით წარმოების ძირითადი პრინციპები**

კონტრაქტით წარმოება და ანალიზი კარგად უნდა იყოს დაგეგმილი, შეთანხმებული და გაკონტროლებული, რათა თავიდან ავიცილოთ გაუგებრობები, რომელთაც შესაძლოა გამოიწვიონ პროდუქტის ან სამუშაოს არაადამაკმაყოფილებელი

ხარისხი. უნდა არსებობდეს წერილობითი ხელშეკრულება შემკვეთსა და შემსრულებელს შორის, რომელიც ნათლად და მკაფიოდ განსაზღვრავს თითოეული მხარის ვალდებულებებს.

კონტრაქტში ნათლად უნდა იყოს აღწერილი, თუ როგორ განახორციელებს პროდუქციის თითოეული სერიის სარეალიზაციოდ გამშვები კვალიფიცირებული პირი თავის უფლებამოსილებას.

- უნდა არსებობდეს წერილობითი ხელშეკრულება კონტრაქტის პირობებში შესასრულებელი წარმოების ან ანალიზისა და ამასთან დაკავშირებული ნებისმიერი ტექნიკური ღონისძიებების თაობაზე;
- კონტრაქტით წარმოებასა და ანალიზთან დაკავშირებული ყველა ღონისძიება, ტექნიკურ ან სხვა ტიპის ღონისძიებებში გასატარებელი ცვლილებების ჩათვლით უნდა შეესაბამებოდეს მოცემული პროდუქტის ლიცენზიას;
- **დამკვეთი** პასუხს აგებს ამა თუ იმ სამუშაოს შესასრულებლად შემსრულებელის კომპეტენტურობის შეფასებაზე და კონტრაქტის საშუალებით სათანადო წარმოების პრაქტიკის პრინციპების დაცვის უზრუნველყოფაზე;
- **დამკვეთმა** შემსრულებელს უნდა მიაწოდოს ყველა ის ინფორმაცია, რაც საჭიროა **კონტრაქტით** გათვალისწინებული ოპერაციების შესასრულებლად საბაზრო ლიცენზიისა და სხვა იურიდიული მოთხოვნების შესაბამისად;
- **დამკვეთი** დარწმუნებული უნდა იყოს, რომ შემსრულებელს ინფორმაცია აქვს ყველა პრობლემაზე, რომელიც უკავშირდება პროდუქტს, ან სამუშაოს, რამაც შესაძლოა ზიანი მიაყენოს მის შენობა-ნაგებობებს, დანადგარებს, პერსონალს ან სხვა პროდუქტს;
- **დამკვეთმა** უნდა შეამოწმოს, შეესაბამება თუ არა შემსრულებელის მიერ მისთვის ჩაბარებული ყველა პროდუქტი და ნედლეული მათ სპეციფიკაციას და რომ პროდუქტი კვალიფიცირებული პირის მიერ არის შემოწმებული ჩაბარებამდე;
- **შემსრულებელს** უნდა ჰქონდეს სათანადო პირობები და დანადგარები, ცოდნა და ჰყავდეს კომპეტენტური პერსონალი დამკვეთის მიერ შეკვეთილი სამუშაოს დამაკმაყოფილებლად შესასრულებლად;
- კონტრაქტით წარმოების შესრულება შეუძლია მხოლოდ წარმოების ლიცენზიის მქონე პირს;
- შემსრულებელი უნდა დარწმუნდეს, რომ მისთვის მიწოდებული ყველა პროდუქტი თუ ნედლეული შეესაბამება შესასრულებელ სამუშაოს;
- **შემსრულებელმა** მესამე მხარეს არ უნდა გადააბაროს კონტრაქტით გათვალისწინებული სამუშაო დამკვეთის მხრიდან წინასწარი შეფასებისა და თანხმობის გარეშე;
- შემსრულებელსა და მესამე მხარეს შორის შეთანხმება გულისხმობს საწარმოო და ანალიზური ინფორმაციის ისეთსავე გადაცემას, როგორც ეს ხდება პირველად დამკვეთსა და შემსრულებელს შორის;

- შემსრულებელმა თავი უნდა შეიკავოს ისეთი ქმედებისაგან, რამაც შესძლოა უარყოფითად იმოქმედოს შემკვეთისათვის წარმოებული და/ან გაანალიზებული პროდუქციის ხარისხზე;
- **კონტრაქტი** - დამკვეთსა და შემსრულებელს შორის უნდა დაიდოს კონტრაქტი, რომელიც განსაზღვრავს მათ მოვალეობებს პროდუქტის წარმოებასა და კონტროლთან დაკავშირებით;
- **კონტრაქტის ტექნიკური ასპექტები** შედგენილ უნდა იქნას კომპეტენტური პირების მიერ, რომელთაც სათანადო ცოდნა აქვთ შესაბამის ტექნოლოგიაში, ანალიზსა და სათანადო წარმოების პრაქტიკაში;
- წარმოებასა და ანალიზთან დაკავშირებული ყველა ოპერაცია უნდა ჩატარდეს საბაზრო ლიცენზიის შესაბამისად და შეთანხმებულ უნდა იქნას მხარეებს შორის;
- კონტრაქტში აღწერილი უნდა იყოს, თუ როგორ ხდება პროდუქციის სერიის გამშვები კვალიფიცირებული პირის მიერ პროდუქტის წარმოებისა და შემოწმების საბაზრო ლიცენზიის მოთხოვნებთან შესაბამისობის უზრუნველყოფა;
- კონტრაქტში ნათლად უნდა იყოს მითითებული, თუ ვინ არის პასუხისმგებელი ნედლეულის შესყიდვაზე, ნედლეულის შემოწმებასა და გაშვებაზე, წარმოებისა და ხარისხის კონტროლზე, პროცესის მიმდინარეობის დროს კონტროლის ჩათვლით, და ვინ არის პასუხისმგებელი სინჯების აღებასა და ანალიზზე;
- კონტრაქტით ანალიზის ჩატარების შემთხვევაში კონტრაქტში მითითებული უნდა იყოს, შემსრულებელი სინჯებს მწარმოებლის საწარმოში აიღებს თუ არა;
- **წარმოების, ანალიზის და სადისტრიბუციო დოკუმენტები, და ყველა სტანდარტული ნიმუში** უნდა ინახებოდეს დამკვეთთან, ან ხელმისაწვდომი უნდა იყოს მისთვის. საჩივრების, ან სავარაუდო დეფექტის შემთხვევაში, ყველა აქტი, რომელიც უკავშირდება ხარისხის შეფასებას ხელმისაწვდომი უნდა იყოს დამკვეთისათვის და მითითებულ უნდა იქნას დამკვეთის პროცედურაში დეფექტის/გამოთხოვნის შესახებ;
- კონტრაქტი დამკვეთს უნდა აძლევდეს შემსრულებელის საწარმოო პირობების დათვალიერების საშუალებას;
- კონტრაქტით ანალიზის შესრულების შემთხვევაში შემსრულებელს უნდა ესმოდეს, რომ იგი შესაბამისი ორგანოების მიერ ინსპექტირებას ექვემდებარება.

### **რეკლამაცია და პროდუქციის გამოთხოვნის ძირითადი პრინციპები**

- ყველა საჩივარი და სხვა სახის ინფორმაცია, რაც ეხება დეფექტურ პროდუქტს, ყურადღებით უნდა იქნას განხილული წერილობით დადგენილი პროცედურის მიხედვით. უნდა არსებობდეს შესაბამისი სისტემა საჭიროების შემთხვევაში ბაზრიდან საეჭვო, ან დეფექტური პროდუქციის გამოსათხოვნად;
- **რეკლამაცია** - რეკლამაციების განხილვას და შესაბამისი ღონისძიებების განხორციელებას აკონტროლებს **უფლებამოსილი პირი**, დამხმარე პერსონალთან

- ერთად. თუკი ეს პირი არ არის კვალიფიცირებული, ნებისმიერ საჩივარზე, კვლევასა თუ პროდუქტის გამოწვევაზე უნდა ეცნობოს **კვალიფიცირებულ პირს**;
- უნდა არსებდეს დადგენილი პროცედურა, რომელიც შეეხება გასატარებელ ღონისძიებებს, მათ შორის პროდუქტის გამოწვევის განხილვასაც, თუკი არსებობს საჩივარი **პროდუქციის დეფექტზე**;
  - **პროდუქტის დეფექტთან** დაკავშირებული ყველა საჩივარი დაფიქსირებული უნდა იქნას ყველა დეტალის გათვალისწინებით და უნდა ჩატარდეს დაწვრილებითი მოკვლევა. ასეთი პრობლემების შესწავლაში, როგორც წესი, მონაწილეობს **ხარისხის კონტროლზე პასუხისმგებელი პირი**;
  - თუ **პროდუქტის დეფექტი** აღმოჩენილ იქნა ან სავარაუდოდ აღმოჩნდება სერიულ პროდუქციაში, უნდა გაისინჯოს მთლიანად სერია და სხვა სერიებიც. კერძოდ უნდა შემოწმდეს ის სერიები, რომლებიც შესაძლოა შეიცავდეს **დეფექტური სერიის** გადამუშავებულ პროდუქტს;
  - საჩივართან დაკავშირებული ყველა გადაწყვეტილება თუ ღონისძიება უნდა დაფიქსირდეს შესაბამისი სერიის დოკუმენტებში;
  - რეგულარულად უნდა ხდებოდეს **რეკლამაციების** თაობაზე ჩანაწერების განხილვა, რათა გამოვლინდეს სერიოზული და განმეორებადი პრობლემები, რომლებიც განსაკუთრებულ ყურადღებასა და შესაძლოა ბაზრიდან პროდუქციის გამოთხოვნას მოითხოვს;
  - თუკი მწარმოებელი აპირებს ზომების მიღებას შესაძლო არასათანადო წარმოების, პროდუქტის ხარისხის გაუარესების, ან სხვა ნებისმიერი პრობლემის შედეგად, ამის შესახებ უნდა ეცნობოს კომპეტენტურ ორგანოებს;
  - **პროდუქციის გამოთხოვნა** - პროდუქციის გამოთხოვნის განსახორციელებლად და კოორდინაციისათვის დანიშნული უნდა იყოს კომპანიის თანამშრომელი, და მას უნდა ჰყავდეს შესაბამისი პერსონალი იმისათვის, რომ დაეხმაროს გამოთხოვნის ყველა ასპექტის ოპერატიულად მოგვარებაში. ეს პასუხისმგებელი პირი როგორც წესი, დამოუკიდებელი უნდა იყოს რეალიზაციისა და მარკეტინგის განყოფილებისაგან. თუკი ეს პირი არ არის კვალიფიცირებული, მაშინ გამოთხოვნის შესახებ ნებისმიერი ინფორმაცია ამ უკანასკნელს უნდა ეცნობოს;
  - უნდა არსებობდეს დადგენილი პროცედურა, რომელიც რეგულარულად შემოწმდება და განახლდება, რათა მოხდეს ბაზრიდან პროდუქციის გამოთხოვნა;
  - პროდუქციის გამოთხოვნის ოპერაციების დაწყება უნდა მოხდეს სწრაფად და ნებისმიერ დროს;
  - თუ იგეგმება პროდუქციის გამოთხოვნა ბაზრიდან მისი დეფექტების გამო, ამის შესახებ სასწრაფოდ უნდა ეცნობოს ყველა იმ ქვეყნის კომპეტენტურ ორგანოებს, სადაც უნდა მომხდარიყო პროდუქტის დისტრიბუცია;
  - **დისტრიბუციის** შესახებ ჩანაწერები ადვილად ხელმისაწვდომი უნდა იყოს იმ პირებისათვის, ვინც პასუხისმგებელია გამოწვევაზე და უნდა შეიცავდეს საკმარის ინფორმაციას ბითუმად მოვაჭრეებსა და პირდაპირ მომხმარებლებზე



(მისამართით, ტელეფონის და/ან ფაქსის ნომრით სამუშაო და არასამუშაო საათებისათვის, მიწოდებული სერიის ნომრებსა და რაოდენობას), ექსპორტირებული პროდუქტისა და სამედიცინო სინჯების ჩათვლით;

- უნდა მოხდეს გამოთხოვნილი პროდუქტის იდენტიფიკაცია და ასეთი პროდუქცია შენახულ უნდა იქნას საიმედოდ იზოლირებულ ადგილას, სანამ მისი შემდგომი გამოყენების ან ლიკვიდაციის შესახებ არ მიიღება გადაწყვეტილება;
- **გამოთხოვნის პროცესის** მიმდინარეობა უნდა დაფიქსირდეს და საბოლოო ანგარიში უნდა გამოიცეს, პროდუქციის მიწოდებულ და აღდგენილ რაოდენობას შორის წონასწორობის დამყარების ჩათვლით;
- დროდადრო შემოწმებულ უნდა იქნას გამოთხოვნასთან დაკავშირებული ღონისძიებების ეფექტურობა.

### თვითინსპექციის უმთავრესი პრინციპები

- თვითინსპექცია უნდა წარმოებდეს იმისათვის, რომ მონიტორინგი გავუწიოთ სათანადო წარმოების პრაქტიკის პრინციპებთან შესაბამისობას და განხორციელებას, და წამოყენებულ იქნას წინადადებები საჭირო მაკორექტირებელ ღონისძიებებთან დაკავშირებით;
- პერსონალთან დაკავშირებული საკითხები, შენობა-ნაგებობანი, დანადგარები, დოკუმენტაცია, წარმოება, ხარისხის კონტროლი, პროდუქციის დისტრიბუცია, რეკლამაციებსა და პროდუქციის გამოთხოვნასთან დაკავშირებული ღონისძიებები და **თვითინსპექცია** უნდა შემოწმდეს რეგულარულად, გარკვეული ინტერვალებით, წინასწარ დაგეგმილი პროგრამის შესაბამისად, მათი ხარისხის უზრუნველყოფის პრინციპებთან შესაბამისობის შემოწმების მიზნით;
- **თვითინსპექცია** უნდა განხორციელდეს დამოუკიდებლად და დეტალურად კომპანიიდან ამისათვის სპეციალურად დანიშნული პირ(ებ)ის მიერ. შესაძლოა სასარგებლო იყოს **გარე აუდიტის** მიზნით **დამოუკიდებელი ექსპერტების** ჩართვაც;
- **თვითინსპექციის მთელი პროცესი** დოკუმენტურად უნდა ფიქსირდებოდეს. ანგარიშები უნდა შეიცავდეს ინსპექციის მიმდინარეობისას განხორციელებულ დაკვირვებებს, და ზოგ შემთხვევაში წინადადებებს მაკორექტირებელი ღონისძიებების თაობაზე. ამის შედეგად გატარებული ღონისძიებებიც დოკუმენტურად უნდა ფიქსირდებოდეს.

## თავი 7

საქართველოს ქვანახშირის კონკურენტუნარიანობის ზრდის ფაქტორები ელექტროენერგეტიკაში და აღნიშნულის ეკოლოგიური უსაფრთხოების სრული დაცვის სტრატეგიებისათვის; საქართველოში ქვანახშირის ძირითადი საბადოების საპროგნოზო მარაგები; ადგილობრივი ქვანახშირის ენერგეტიკული მახასიათებლები; ქვანახშირის სავარაუდო ფასის გამოთვლის მეთოდოლოგია; ქვანახშირის წვის ტექნოლოგიები; შეწონილ შრეში წვით მომუშავე ენერგობლოკების გავრცელება-განვითარების გამოცდილება; აირი-ორთქლის კომბინირებული ციკლი შიგაცეკლური გაზიფიკაციით, ენერგობლოკების ტექნოლოგიური სქემები; კომბინირებული ციკლი შიგაცეკლური გაზიფიკაციით; ქვანახშირის თბოელექტროსადგურის საჭიროება საქართველოს ენერგეტიკული სისტემისათვის, ენერგეტიკული სისტემების განვითარების ამოცანები და მიზნები; თბოელექტროსადგურის ადგილმდებარეობის შერჩევა; ქვანახშირიდან მეორეული პროდუქციის წარმოება.

---

### საქართველოს ქვანახშირის კონკურენტუნარიანობის ზრდის ფაქტორები თანამედროვე ელექტროენერგეტიკისათვის და აღნიშნულის ეკოლოგიური უსაფრთხოების დაცვის სტრატეგიებისათვის

მსოფლიო ბაზარზე ნედლი ნავთობის ფასის სწრაფი ზრდა, რასაც ადგილი აქვს ბოლო წლების განმავლობაში, იწვევს ფასების ზრდას სხვა სახის ენერგეტიკულსათბობზეც.

ახალი კონტრაქტები ბუნებრივი აირის შესყიდვაზე გულისხმობს ელექტროენერჯის სამომხმარებლო ტარიფების გადიდებას. მყარი სათბობის ტრანსპორტირება და გამოყენებისათვის მომზადება, განსხვავებით თხევადი და აირადი სათბობისაგან, საკმაოდ ძვირადღირებული ოპერაციებია. ამიტომ ქვანახშირის მოხმარება ძირეულადაა დაკავშირებული მოპოვების გეოგრაფიასთან და გამოირჩევა სტაბილურობით ენერგეტიკულ რესურსებზე მსოფლიო ფასების ცვლილების მიმართ. შედეგად, რყევები მსოფლიო ენერგეტიკულ ბაზარზე ნაკლებ გავლენას ახდენს ქვანახშირით მიღებული ელექტროენერჯის თვითღირებულებაზე.

ქვანახშირის გამოყენება ელექტროენერგეტიკაში ითვალისწინებს კომპლექსური ტექნოლოგიების ჯაჭვს, რომლის მთავარ რგოლია ეკოლოგიური კომპონენტი, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ქვანახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების (თეს) ტექნოლოგიურ დანადგარებს და, შედეგად, ასეთ სადგურებზე გამომუშავებულ ელექტროენერჯიას.

მე-20 საუკუნის 90-იან წლებში ორგანულ სათბობზე მომუშავე თბოელექტროსადგურებს შორის ყველაზეძვირი ელექტროენერჯია იწარმოებოდა ქვანახშირის ელექტროსადგურებზე, რაც უკიდურესად ამცირებდა ქვანახშირის, როგორც ენერგეტიკული სათბობის, კონკურენტუნარიანობას. ამპერიოდისათვის ქვანახშირის

მოპოვების და გამოყენების რენტაბელურობა საფრთხის ქვეშ დადგა, რასაც მოჰყვა მრავალი შახტის დახურვა და ქვანახშირის მოხმარების შემცირება.

პრაქტიკულად აღარ შენდებოდა ქვანახშირის თბოელექტროსადგურები. სიიაფის და მშენებლობისათვის საჭირო მცირე დროს გამო ენერგეტიკულ ბაზარზე მოწინავე პოზიცია დაიმკვიდრა აირტურბინულმა ტექნოლოგიამ, რომელშიც გამოიყენებოდა ძირითადად ბუნებრივი აირი და თხევადი სათბობი. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ამავე პერიოდში დაიწყო ქვანახშირის ძველი თეს-ების საფუძვლიანი მოდერნიზაცია. დაინერგა ქვანახშირის წვის სხვადასხვა მაღალეფექტური ტექნოლოგია, რამაც შეინარჩუნა მისი ექსპლუატაციის კონკურენტუნარიანობა.

ბოლო პერიოდში ქვანახშირის კონკურენტუნარიანობა, სხვა მზარდი ფასის მქონე ენერგორესურსებთან მიმართებაში, კვლავ მატულობს და დგება დრო, როდესაც ინტერესმოკლებული არაა, რომ ოპტიმიზმით მივუბრუნდეთ საქართველოში ადგილობრივი ქვანახშირის გამოყენების საკითხს. უნდა გამოიძებნოს იმგვარი თანამედროვე ტექნოლოგიები, რომლებიც ქვანახშირის არსებული ფასების პირობებში კონკურენციას გაუწევს ელექტროენერჯის წარმოების სხვა ტექნოლოგიებს, ამასთან, ეკოლოგიური მოთხოვნების სრული დაცვით.

თუ რამოდენიმე წლის წინათ ქვანახშირის გამოყენება ელექტროენერგეტიკაში წამგებიანი იყო სხვა სახის სათბობთან შედარებით, ახლა სიტუაცია იცვლება და აქტუალური ხდება ე.წ. ქვანახშირის პროექტების, ტექნიკურ-ეკონომიკური დასაბუთების – ”თავიდან დათვლის” სამუშაოები. ჩნდება პირობები, რომელიც გამართლებულს ხდის ადგილობრივი ქვანახშირის გამოყენებას საქართველოს ელექტროენერგეტიკაში, რაც სრულ შესაბამისობაშია ჩვენი ქვეყნის ენერგოუსაფრთხოების და ენერგოდამოუკიდებლობის უზრუნველყოფასთან, ასევე ელექტროენერჯის მზარდი მოთხოვნილების დაკმაყოფილებასთან.

### საქართველოში ქვანახშირის ძირითადი საბადოების საპროგნოზო მარაგები

საქართველოში ქვანახშირის ძირითადი საბადოების საპროგნოზომარაგი, შეფასებების მიხედვით, შეადგენს ~ 700 მილიონ ტონას. ტყიბული-შაორის საბადოს სამრეწველო მარაგია – 250 მილიონი ტონა; ტყვარჩელის საბადოსი – 20 მილიონი ტონა; ახალციხის მურა ნახშირის საბადოს მარაგი კი – 70 მილიონი ტონა. ქვანახშირის მარაგებს, აფასებენ სხვადასხვა კრიტერიუმებით, რომელთამრავალფეროვნება განაპირობებს განსხვავებულ შედეგებს მარაგების შეფასებისას<sup>195</sup>.

<sup>195</sup> ელექტროენერგეტიკაში საქართველოს ქვანახშირის გამოყენების შესაძლებლობები. თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოცდილება. ტ.მ.დ., პროფ. თ. მიქიაშვილი, ტ.მ.დ., პროფ. თ. ჯიშკარიანი, ტ.მ.დ., პროფ. გ. არაბიძე. მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის. თბილისი 2008, გვ.7.

## ადგილობრივი ქვანახშირის ენერგეტიკული მახასიათებლები

თბოელექტროსადგურებში გამომუშავებული ელექტროენერჯის ფასი და კონკურენტუნარიანობა არსებითადაა დამოკიდებული გენერაციისათვის გამოყენებული სათბობის ფასსა და ენერგეტიკულ მახასიათებლებზე.

სტანდარტულ ენერგეტიკულ მახასიათებლებს, რომლითაც აფასებენ ენერგეტიკული სათბობის ხარისხიანობას, წარმოადგენს სათბობის დაწვისსითბო და ქიმიური ანუ მუშა შედგენილობა. ამ პარამეტრების მიხედვით ხდება სათბობებისნიშანდება საერთაშორისო კლასიფიკაციაში.

ერთერთი კლასიფიკაციის მიხედვით<sup>196</sup> ტყიბული-შაორისა და ტყვარჩელის საბადოს ქვანახშირი მიეკუთვნება მესამე კლასის – სუბბიტუმური ნახშირების ჯგუფს (შავი მურა ნახშირი). შედარებისათვის ცხრილში 1 მოცემულია ტყვარჩელის, ტყიბული-შაორისა და სხვა ქვეყნების საბადოების მსგავსი თბოუნარიანობის ნახშირების ენერგეტიკული მახასიათებლები.

**ცხრილი 1.** ტყვარჩელის, ტყიბული-შაორისა და სხვაქვეყნების საბადოების მსგავსი თბოუნარიანობის ნახშირების ენერგეტიკული მახასიათებლები.

ქვეყანა/საბადო	ქვანახშირის შედგენილობა, %					დაწვის უმაღლესი სითბო, მგჯ/კმ
	ტენემცველობა	აქროლადები	ბმული ნახშირბადები	ნაცინანობა	ვოგორდუმცველობა	
საქართველო, ტყიბული-შაორი	13	9.8	48.9	27	1.3	17.6
საქართველო, ტყვარჩელი	11.5	6.5	45.7	35	1.3	16.7
ბრაზილია, საო ჯერონიმო-2	16	23.1	32.9	28	0.9	17.6
კანადა, სასკატჩევან-სოურის	35	23.4	34.6	8	-	17
საფრანგეთი, ანზინი	1.6	9.2	44.3	44.9	-	17.9
იაპონია, ნიურუა	19	24.8	31.2	25	-	19.8
პოლონეთი, კატოვიცე	17	21	40	22	-	18.8
ესპანეთი, სარაგოსა	19.5	34.6	25.4	20.5	-	16.7

სხვადასხვა წყაროებში ტყიბული-შაორისა და ტყვარჩელის საბადოების ქვანახშირის ენერგეტიკული მახასიათებლები რამდენადმე განსხვავებულია. აღნიშნულ ქვანახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის პროექტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შეფასებისათვის აუცილებელია ამ ნახშირების მახასიათებლების დაზუსტება. ამჟამად არსებული მონაცემების საფუძველზე კი შეიძლება დავასკვნათ, რომ საქართველოს ქვანახშირი არ გამოირჩევა რაიმე განსაკუთრებული უარყოფითი თავისებურებებით და თუ არ გავითვალისწინებთ მისი მოპოვების სამთო-გეოლოგიურ სირთულეებს, რაც, თავის

<sup>196</sup> Combustion Fossil Fuel Power. A reference book on fuel burning and steam generation. Editor: Joseph G., Singer P.E. Fourth Edition. Published by Combustion Engineering Inc., 1000 Prospect Hill Road Windsor, Connecticut, 06095, 1991.

მხრივ, ქვანახშირის შესასყიდ ფასში უნდა აისახოს, მისი გამოყენება თბოელექტროსადგურებში ტექნიკური თვალსაზრისით სრულიად შესაძლებელია<sup>197</sup>.

მე-20 საუკუნის სამოციანი წლების დასაწყისში საქართველოში ყოველწლიურად 3 მლნ ტ.-ზე მეტი ქვანახშირი მოიპოვებოდა. ქვანახშირზე მუშაობდა ტყვარჩელის თბოელექტროსადგური<sup>198</sup> (120 მგვტ), ასევე ქუთაისის ავტოქარხნის (20 მგვტ) და რუსთავის მეტალურგიული კომბინატის (607 მგვტ) თბოელექტროცენტრალები (თეცები). შემდგომ წლებში ქვანახშირის მოპოვების მოცულობა თანდათან შემცირდა და მე-20 საუკუნის 80-იან წლებში შეადგინა საშუალოდ 1,5 მლნ ტონა წელიწადში, ხოლო 1996 წელს - მხოლოდ 28 ათასი ტონა.

“საქნახშირის” მონაცემებით 2003 წლისათვის ქართული ნახშირის მომხმარებელი იყო მხოლოდ საქართველოს რკინიგზა – 3 000 ტ/წელ. და ზესტაფონის ფეროშენადნობთა ქარხანა – 6 000 ტ/წელ., თუმცა, უმნიშვნელო ექსპორტი ხორციელდებოდა სომხეთშიც – 7 000 ტ/წელ. ნახშირების მოპოვებისა და მოხმარების შემცირება გამოწვეული იყო პირველ რიგში სათბობის ბალანსში თხევადი სათბობისა (მაზუთი) და ბუნებრივი აირის წილის მნიშვნელოვანი ზრდით. ამავე დროს, მყარი სათბობის წვის იმდროინდელი ტექნოლოგიები ვერ აკმაყოფილებდნენ მაშინდელ ტექნიკურ-ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ მოთხოვნებს. არ იყო უზრუნველყოფილი წვის აირადი ნაწარმის სრულყოფილი გაწმენდა, როგორც აქროლადი ნაცრისაგან, ისე გოგირდისა და აზოტის ჟანგეულებისაგან.

გარდა აღნიშნულისა, მყარი სათბობის გამოყენება ძირითადად ხდებოდა ენერგეტიკული დანიშნულებით და ნაკლები ყურადღება ექცეოდა მისგან მეორეული ნედლეულის წარმოებას. ამას ემატება ტყიბულის საბადოსათვის დამახასიათებელი რთული სამთო-გეოლოგიური პირობები, რაც მნიშვნელოვნად ზრდიდა ქვანახშირის მოპოვების ღირებულებას.

დამუშავებული იყო ტყიბული-შაორის ქვანახშირის საბადოს რეაბილიტაციისა და მოპოვების გაფართოების პროგრამა, მაგრამ ქვეყანაში 2004-05 წლებში მიმდინარე პოლიტიკური პროცესების გამო ეს პროგრამა ვერ განხორციელდა, თუმცა წარმოადგენს გარკვეულ ინტერესს დარგის პოტენციალის შეფასების თვალსაზრისით.

#### **სხვა პროგრამები და პროექტები:**

- ქვანახშირის ნარჩენი ნაყარის (ტერიკონების) დამუშავება;
- ბრიკეტების დამზადება (სავარაუდო ფასი 20-25 აშშ დოლარი/ტ);
- ტყიბულჰესის წყალსაცავის ნახშირნარევი შლამის გადამუშავება;
- ქვანახშირის თანმდევი აირის მოპოვება (15 ნმ<sup>3</sup> მეთანი/1 ტ ქვანახშირი).

<sup>197</sup> ელექტროენერგეტიკაში საქართველოს ქვანახშირის გამოყენების შესაძლებლობები. თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოცდილება. ტ.მ.დ., პროფ. თ. მიქიაშვილი, ტ.მ.დ., პროფ. თ. ჯიშკარიანი, ტ.მ.დ., პროფ. გ. არაბიძე. მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის. თბილისი 2008, გვ.8.

<sup>198</sup> მოგვიანებით ტყვარჩელის თბოელექტროსადგურის დადგმული სიმძლავრე გახდა 200 მგვტ. 1976 წლიდან სადგური გადაიყვანეს თხევად სათბობზე - მაზუთზე. 1985 წლიდან რუსთავის მეტალურგიული კომბინატის თბოელექტროცენტრალის დადგმული სიმძლავრე გახდა 150 მგვტ.

უაყოფითი გამოცდილების გათვალისწინების თვალსაზრისით ინტერესს იმსახურებს ასევე ტყიბული-შაორის ქვანახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების პოტენციური პროექტები რომლებიც ვერ განხორციელდა<sup>199</sup>.

ადგილობრივი ქვანახშირის მოპოვების ინტენსიურობა, უკავშირდება მინიმუმ ორი უმნიშვნელოვანესი საკითხის გადაწყვეტას. ესენია შახტების რეაბილიტაცია და საწარმოო სიმძლავრეების გადიდება. ჩვენ ცოტა რამ ვიცით ამ პრობლემასთან დაკავშირებული შესწავლითი სამუშაოების შესახებ, თუ არ ჩავთვლით “საქნახშირის” მიერ მოწოდებულ შეფასებას, რომლის თანახმადაც მოპოვების საწარმოო სიმძლავრე შეადგენს 990 000 ტონას წელიწადში და მე-20 საუკუნის 90-იან წლებში განხორციელებულ რამდენიმე შესწავლით სამუშაოს<sup>200</sup>; რაც შეეხება მსოფლიო გამოცდილებას, ინტერესმოკლებული არაა “საბადოში ქვანახშირის გაზიფიკაციის” ტექნოლოგიის ზოგადი განხილვა<sup>201</sup>, რაც წარმოადგენს ალტერნატივას ღრმა (1500-7000 მ) საბადოებიდან ქვანახშირის მოპოვების ტრადიციული ტექნოლოგიების მიმართ.

“საბადოში ქვანახშირის გაზიფიკაციის” ტექნოლოგია ითვალისწინებს საბადოს ღრმა ფენებში ორი – შემყვანი და გამომყვანი ჭაბურღილის გაკეთებას. შემყვანი ჭაბურღილიდან საბადოში მიეწოდება საგაზიფიკაციო აირები (ჰაერი, წყლის ორთქლი ჟანგვის პროცესის გასაუმჯობესებლად და ნახშირორჟანგი ტემპერატურის რეგულირებისათვის), რომლებიც გამომყვანი ჭაბურღილიდან გამოდის როგორც გაზიფიცირებული საწვავი აირი. კავშირი ამ ორ ჭაბურღილს შორის მყარდება ქანების ჰიდრაულიკური ხლეჩვით ან კუთხითი ბურღვით.

ქვანახშირის ფენაში აირების გაზიფიკაცია მიმდინარეობს ჟანგვის პროცესების თანხლებით, რაც იწვევს ფენის ნაწილობრივ გამოწვას. **აღნიშნული ტექნოლოგიის ტენიკური სირთულეებია:**

- მაღალი ტემპერატურა საბადოს ღრმა შრეებში, ასევე მნიშვნელონავი ვერტიკალური ტემპერატურული გრადიენტი და კოროზიული ზემოქმედება აირების მხრიდან, რაც იწვევს ჭაბურღილების და დანადგარების ხშირ დაზიანებებს;
- სტაბილური კავშირის უზრუნველყოფა ორ ჭაბურღილს შორის: რაც მაღალია ზედა პლასტების წნევა, მით მაღალია “საგაზიფიკაციო გვირაბის” ჩანგრევის საშიშროება; საჭირო ხდება საგაზიფიკაციო აირების მიწოდება მაღალი წნევით;
- საბადოს თვითაალების საშიშროება: რაც უფრო მეტია ქვანახშირში აქროლადების შემცველობა (ტყიბულის ქვანახშირისათვის ეს სიდიდე საკმაოდ მცირეა და შეადგენს 0.29 % მშრალ მასაზე), მით უფრო მაღალია საბადოს თვითაალების

<sup>199</sup> ელექტროენერგეტიკაში საქართველოს ქვანახშირის გამოყენების შესაძლებლობები. თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოცდილება. ტ.მ.დ., პროფ. თ. მიქიაშვილი, ტ.მ.დ., პროფ. თ. ჯიშკარიანი, ტ.მ.დ., პროფ. გ. არაბიძე. მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის. თბილისი 2008, გვ.10.

<sup>200</sup> ა). Camile Geraud, Assessment of coal resources. TACIS/92/EGE/001, Tbilisi, 1994. ბ). J.P.L. Barcharach, Tkibuli Coal Project (estimation), IMC Consulting Limited, 1998.

<sup>201</sup> M. Kleinpeter. Energy Planing and Policy. Published in 1995 by John Wiley & Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester, West Sussex PO19 1 UD, England.

საშიშროება. ამ საშიშროების შესამცირებლად საჭირო ხდება საბადოში ნახშირორჟანგის მიწოდება, თუმცა, ეს არ იძლევა თვითაალების თავიდან აცილების სრულ გარანტიას.

**“საბადოში ქვანახშირის გაზიფიკაციის”** ადრეული გამოცდილება ემყარება გაზიფიკაციის საცდელ პროექტებს, რომლების განხორციელდა ბელგიისა და ჩრდილოეთ საფრანგეთის ღრმად განთავსებულ საბადოებზე მე-20 საუკუნის 90-იან წლებში. გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ:

- გაზიფიკაციის პროცესში მცირდებოდა საბადოს შეღწევადობა და დამატებითი ღონისძიებების გარეშე შეუძლებელი იყო პროცესის სტაბილიზაცია, განსაკუთრებით, გრძელ საგაზიფიკაციო გვირაბებში; ამასთან, მიღებული საწვავი აირის თბოუნარიანობა განუწყვეტლივ მცირდებოდა;
- ჭაბურღილების მოცულობის ფარდობა რეაქციის ზონის მოცულობასთან მცირდებოდა ისე, რომ საგაზიფიკაციო აირების მიწოდების ეფექტიანობა გამუდმებით კლებულობდა. ამასთან, რეაქციის ზონის მოცულობა არ იყო საკმარისი სრულყოფილი გაზიფიკაციის უზრუნველსაყოფად. მართალია ეს სირთულეები დაძლეულ იქნა აირების მიწოდების წნევის ვარირების გზით (ოპტიმალურ წნევად მიჩნეულ იქნა  $20 \pm 3-5$  ბარი), მაგრამ მხოლოდ ლაბორატორიულ პირობებში.

იმ დროისათვის გერმანიის მთავრობამ გამოჰყო 52 მლნ გერმანული მარკა კვლევების გასაგრძელებლად. ანალოგიურად მოიქცა საფრანგეთის მთავრობაც. ცნობილია ისიც, რომ **გაზიფიკაციის პროექტებში** განსაკუთრებული დაინტერესების საგანს წარმოადგენდა პროცესის მაღალი ავტომატიზაცია, რაც სრულად ანაცვლებდა მეშახტეების შრომას, რომელთა ხელფასი საბოლოო პროდუქტის ღირებულებაში შეადგენს 20-25 %-ს ტრადიციული ტექნოლოგიების გამოყენების შემთხვევაში, რომ აღარაფერი ვთქვათ მათი შრომის უსაფრთხოების დაცვის დანახარჯებზე. დღეისათვის, აღნიშნული ტექნოლოგია მსოფლიოში ჯერ-კიდევ დამუშავების სტადიაში იმყოფება და მისი გამოყენება შაორი-ტყიბულის საბადოს ქვანახშირისათვის მოითხოვს სერიოზული კვლევების ჩატარებას.

### **ქვანახშირის სავარაუდო ფასი**

ქვანახშირის ფასწარმოქნაში მონაწილეობს ორი ძირითადი მდგენელი – ქვანახშირის მოპოვების და ტრანსპორტირების ხარჯები. მოპოვების ხარჯები, თავის მხრივ, მოიცავს დანახარჯებს მოპოვების პროცესის ტექნიკური უზრუნველყოფისათვის, ახალი საბადოები გახსნისა და დამუშავებული საბადოების დაკონსერვებისათვის (ეკოლოგიური მოთხოვნების შესაბამისად), მუშახელის ხელფასებს, სამთო-მაშველი

სამსახურის ხელფასებს, სხვადასხვა სოციალურ მდგენელებს, ასევე გადასახადებს დაბეგვრის მოქმედი სქემების მიხედვით.

აქართველოში ადგილობრივი ქვანახშირის ფასის წარმოქმნაში დამატებით გასათვალისწინებელია შახტების რეაბილიტაციის მდგენელი და მოპოვების მოცულობა. ადგილობრივი ქვანახშირის ფასების წარმოქმნის და პროგნოზირების საკითხებს ეხება 1994- 1998 წლებში შესრულებული რამოდენიმე სამუშაო<sup>202</sup>. ერთერთ ამ სამუშაოთაგანში: „Exploration of Peat Resources and Tkibuli Coal Deposits for Energy Uses in Industry and Household taking into account the related Environmental Aspects“, “ტასისის“ ევროპელი ექსპერტების მიერ შემოთავაზებულია ტყიბული-შაორის ქვანახშირის თვითღირებულების გათვლის ორიგინალური მეთოდისა, რომელიც ეყრდნობა საერთაშორისო პრაქტიკაში არსებული ეკონომიკური მახასიათებლის სტრუქტურის ანალიზს. ამ მეთოდის თანახმად ქვანახშირის ღირებულება საბოლოო მომხმარებლისათვის მოიცავს მოპოვების ღირებულებას დაფქვის ან მოხმარებისათვის საჭირო სხვა დამატებითი დანახარჯების გარეშე, დამატებული ღირებულების გადასახადს – 20 %, ტრანსპორტირების დანახარჯებს - 0.05-0.055 აშშ დოლარი/კმ, დატვირთვის და გაცდენის დანახარჯებს – 0.3-0.15 აშშ დოლარი/ტ და გადმოტვირთვის დანახარჯებს – 0.03-0.04 აშშ დოლარი/ტ.

თუ გათვალისწინებულია სათბობის მომზადება ტრადიციული ტექნოლოგიით მომუშავე თბოელექტროსადგურებისათვის, მაშინ ქვანახშირის ფასი იზრდება საწყისი ღირებულების 22-25 %-ით. ტყიბულის ქვანახშირის დაფქვისათვის საჭირო დანახარჯებად შეიძლება მივიღოთ 4-5 აშშ დოლარი/ტ. ზემოთ მოყვანილი მეთოდის საფუძველზე „Exploration of Peat Resources and Tkibuli Coal Deposits for Energy Uses in Industry and Household taking into account the related Environmental Aspects“-ში შეფასებულია ადგილობრივი ქვანახშირის ფასის საპროგნოზო დინამიკა მოპოვების მოცულობაზე დამოკიდებულებით (ცხრილი 2).

<sup>202</sup> ა). საქართველოს ელექტროენერგეტიკის ეკონომიური განვითარების გეგმა. წიაღისეული სათბობის რესურსების ფასების პროგნოზი და მიწოდების შესაძლებლობა ელექტროგენერაციის მოთხოვნისათვის. Burns and Roe Enterprises, Inc., USAID, Tbilisi, 1998.

ბ). Exploration of Peat Resources and Tkibuli Coal Deposits for Energy Uses in Industry and Household taking into account the related Environmental Aspects. Technical Assistance at Industry and Consumer Level, EC-TACIS Programme EGE/95/02 Georgia, Component 4 , Prepared by LDK Consultants Engineer and Planners, August, 1998.

გ). ქვანახშირიდან მაღალკალორიული, ეკოლოგიურად სუფთა სათბობის წარმოების, ტრანსპორტირებისა და გამოყენების პროგრესული ტექნოლოგიების კვლევა. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის სამთო მექანიკის ინსტიტუტი, თბილისი, 1994.



**ცხრილი 2.** ადგილობრივი ქვანახშირის ფასის საპროგნოზო დინამიკა მოპოვების მოცულობაზე დამოკიდებულებით.

წელი	მოპოვების მოცულობა	საპროგნოზო ფასი
1999	60 000 ტ/წელ	45-52 აშშ დოლარი/ტ
2000	100 000 ტ/წელ	34-41 აშშ დოლარი/ტ
2001-2002	300 000 ტ/წელ	32 აშშ დოლარი/ტ
2003-2005	600 000 – 700 000 ტ/წელ	29-30 აშშ დოლარი/ტ
2006-2009	700 000 – 800 000 ტ/წელ	31-34 აშშ დოლარი/ტ
2010	700 000 – 1 000 000 ტ/წელ	35-41 აშშ დოლარი/ტ

ცხრილში 2. მოცემული შეფასებები მოძველებულია და მოიცავს განვლილ პერიოდს, მაგრამ ის მაინც ინარჩუნებს აქტუალურობას, რამდენადაც შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს როგორც საორიენტაციო მნიშვნელობები შემდგომი დაზუსტებისათვის.

### რეკომენდაცია<sup>203</sup>

ადგილობრივი ქვანახშირის ფასების საპროგნოზო შეფასებებში უნდა დაზუსტდეს ტყიბულის შახტების რეაბილიტაციისათვის საჭირო დანახარჯები დღეისათვის არსებული მდგომარეობით, რეალური საექსპლოატაციო და სატრანსპორტო ხარჯები (ეკოლოგიური მოთხოვნების გათვალისწინებით), ასევე ქვანახშირის, როგორც ენერგეტიკული სათბობის მიმდინარე საბაზრო კონიუნქტურა და კონკურენტუნარიანობა ადგილობრივ ბაზარზე. ამ დროს არსებითი ყურადღება უნდა მიექცეს ქვანახშირის მოპოვების ოპტიმალურად დაგეგმვას ელექტროენერგეტიკული მიზნებით მისი გამოყენების თვალსაზრისით.

### ქვანახშირის წვის ტექნოლოგიები ქვანახშირის წვის ტრადიციული ტექნოლოგია

ქვანახშირის წვის ტრადიციულ ტექნოლოგიას წამოადგენს ქვანახშირის მტვრის წვა წარტაცებულ მდგომარეობაში (PF – Pulverized Firing). ამ დროს ხდება ქვანახშირის წინასწარი მომზადება დაწვისათვის, რაც ითვალისწინებს მის გაშრობას, დაფქვას და საცეცხლეში მიწოდებას წვრილფრაქციული მტვრის სახით. ეს უკანასკნელი სანთურებში მიეწოდება წინასწარ გაცხელებული ჰაერის საშუალებით. წარმავალი აირები ეკონომიზერისა და ჰაერის შემთბობის გავლის შემდეგ იწმინდება აქროლადი ნაგრისაგან (ელექტრულ და ნაჭრის ფილტრებში).

<sup>203</sup> ელექტროენერგეტიკაში საქართველოს ქვანახშირის გამოყენების შესაძლებლობები. თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოცდილება. ტ.მ.დ., პროფ. თ. მიქიაშვილი, ტ.მ.დ., პროფ. თ. ჯიშკარიანი, ტ.მ.დ., პროფ. გ. არაბიძე. მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის. თბილისი 2008, გვ.13.

გამონაბოლქვ არიებში აზოტის ჟანგეულების შემცველობა რეგულირდება სპეციალური დაბალ-NOx-ებიანი სანთურების, ასევე წვის საფეხურებრივი მეთოდის გამოყენებით, რომელიც ითვალისწინებს ნამწვი აირების მრავალჯერად დაბრუნებას საცეცხლეში. NOx-ების უფრო მეტად შემცირების საჭიროებისას იყენებენ **შერჩევითი კატალიზური აღდგენის მეთოდს** (SCR – Selectiv Catalytic Reduciton). გოგირდის ჟანგეულების (SO<sub>2</sub>) გამოფრქვევის შესამცირებლად იყენებენ **გამონაბოლქვი არიების სტანდარტული დესულფურიზაციის პროცესს** (FGD – Flue Gas Desulfphurization).

### **ქვანახშირის წვის თანამედროვე ტექნოლოგიები**

ქვანახშირის წვის ტრადიციულ ტექნოლოგიას გასული საუკუნის 60-იანი წლებიდან დაემატა ე. წ. **შეწონილ შრეში წვის ტექნოლოგია** (FRC – Fluidized-bed Combustion), ეს უკანასკნელი სათავეს იღებს 1928 წლიდან **ფრიც ვინკლერის ტექნოლოგიის** სახელწოდებით.

მე-20 საუკუნის 60-იან წლებში ინგლისში შეიქმნა ქვანახშირის შეწონილ შრეში წვით მომუშავე რამოდენიმე ქვანახშირადგარი, რომლებმაც იმავე საუკუნის 70-იან წლებში ფართო გავრცელება ჰპოვეს ამერიკის შეერთებულ შტატებში. ამავე პერიოდში დამუშავდა **მდულარე შეწონილ შრეშიწვის ტექნოლოგია** (BFB – Bubbling Fluidized-bed).

1965 წელს დასავლეთ გერმანულმა კომპანიამ Lurgi GmbH-მა წარმატებით განახორციელა **ცირკულირებად შეწონილ შრეშიწვის** (CFB – Circulating Fluidized-bed) ახალი ტექნოლოგიური პროცესი.

1985 წელს დაპროექტდა 200 მგვტ სიმძლავრის ცირკულირებად შეწონილ შრეში წვით მომუშავე ქვანახშირადგარი. 1983-87 წლებში გაიყიდა ამ ტიპის ქვანახშირადგარების დიდი რაოდენობა, რომლებიც განკუთვნილი იყო როგორც მსხვილი (ორთქლის მოხმარება 500 ტ/სთ), ისე მცირე (ორთქლის მოხმარება 70 ტ/სთ) ინდუსტრიული და სხვა კატეგორიის მომხმარებლებისათვის. ასეთ ქვანახშირადგარებში შესაძლებელი იყო სხვადასხვა სახის სათბობის (ქვანახშირის, მურა ნახშირის, ანთრაციტის, ხის ნარჩენებისა და სხვა სახის ბიომასის) დაწვა ელექტროგენერაციის მიზნით.

### **შეწონილ შრეში ნახშირის წვის ძირითადი მახასიათებლები**

**შეწონილ შრეშინახშირის წვის ტექნოლოგია** საშუალებას იძლევა ეფექტურად დაიწვას ალალი ტენშემცველობის, გოგირდშემცველობისა და აზოტშემცველობის სათბობი ისე, რომ დაკმაყოფილდეს გამონაბოლქვში აზოტისა და გოგირდის ჟანგეულების შემცირების მკაცრი ეკოლოგიური მოთხოვნები საკვამლე აირების გამწმენდი სკრუბერების გამოყენების გარეშე. თუ გოგირდის ჩაჭერა საკვამლე აირებში არ არის მოთხოვნილი, მაშინ შეწონილ შრეში სტაბილური წვის უზრუნველსაყოფად სათბობს უმატებენ ინერტულ მასალებს, როგორცაა ალუმინის ფხვნილი ან ქვიშა. გოგირდის ჩაჭერის აუცილებლობის შემთხვევაში ინერტულ მასალად იყენებენ კირქვას.

წვის პროცესში შრის ტემპერატურა არ აღემატება 850-900 °C, რაც წარმოადგენს ოპტიმალურ ტემპერატურას საკვამლე აირებში გოგირდისა და აზოტის ჟანგეულების შემცირების თვალსაზრისით.

დაბალი ტემპერატურა ამცირებს ნაცრისა და წიდისდარბილებას, ამასთან ადიდება შრეში სათბობის დაყოვნების დროს და უზრუნველყოფს სათბობის ნაწილაკებისა და აირების მჭიდრო კონტაქტს. ზემოაღნიშნული თავისებურებები განაპირობებს შეწონილ შრეში წვის რიგ უპირატესობებს.

#### **კერძოდ:**

- შეწონილი შრის მაღალი სითბური ინერციულობა ქმნის ხელსაყრელ პირობებს დაბალხარისხიანი სათბობის (მაღალი ნაცრიანობის, 50-70 %-იანი ტენიანობის, აქროლადების დაბალი შემცველობის) ეფექტური წვისათვის;
- წვის დაბალი ტემპერატურა ამცირებს მფრინავი ნაცრისა და წიდის დარბილებას. შესაბამისად, ამ ტექნოლოგიაში შესაძლებელი ხდება საწვავად ყველა ტიპის მაღალ ნაცრიანი ნახშირის გამოყენება;
- ცნობილია, რომ სათბობის წვისას აზოტის ჟანგეულების წარმოქმნა ხდება ორი მიზეზით -პირველი, აზოტის ჟანგვით ჰაერში (თერმული NO<sub>x</sub>-ები) და, მეორე, აზოტის ჟანგვით სათბობში (სათბობის NO<sub>x</sub>-ები). შეწონილ შრეში წვის დაბალი ტემპერატურა ნულამდე ამცირებს აზოტის ჟანგვას ჰაერში, რაც, თავის მხრივ, მნიშვნელოვნად ამცირებს აზოტის ჟანგეულების შემცველობას საკვამლე აირებში, განსაკუთრებით წვის საფეხურებრივი მეთოდის გამოყენებისას;
- შეწონილ შრეში წვის დროს შესაძლებელი ხდება გოგირდის ჟანგეულების წარმოქმნის რეგულირება საცეცხლეში მშთანთქმელი მასალის (კირქვის) დამატებით. აღსანიშნავია, რომ მშთანთქმელი მასალა რექციაში შედის ვანადიუმთან და ამცირებს წვის პროდუქტების კოროზიულობას.

### **ქვანახშირის შეწონილ შრეში წვის სქემები**

განსხვავებად მდულარე და ცირკულირებად შეწონილ შრეში წვის პროცესებს შორის ითვალის განსხვავება საცეცხლის განტვირთვის შესაძლებლობებში. მდულარე შეწონილ შრეში წვის დროს შესაძლებელია საცეცხლეს განტვირთვა 25 %-მდე სანთურების სიმძლავრის შემცირებით. ცირკულირებად შეწონილ შრეში წვის დროს კი ასეთივე განტვირთვისათვის აუცილებელი ხდება ე. წ. გაჩაღების (გამშვებ) სანთურებზე გადასვლა.

შეწონილ შრეში მიმდინარე წვის პროცესები, თავის მხრივ, იყოფა ატმოსფერული (AFBC - Atmospheric Fluidized-bed Combustion) და მაღალი - 10-20 ატ წნევის პირობებში (PFBC - Pressurized Fluidized-bed Combustion) მიმდინარე წვის პროცესებად. მაღალი წნევის შეწონილ შრეში წვის პროცესი (PFBC) ხასიათდება შემდეგი უპირატესობებით:

- ტრადიციულ ორთქლტურბინულ ციკლში ამ ტექნოლოგიით მომუშავე ქვანახშირის არის კომპაქტური. საცეცხლეში წნევის შესაქმნელად გამოიყენება

ტურბოკომპრესორი, რომელიც მუშაობს ქვაბდანადგარიდან გამომავალი ნამუშევარი აირების ენერჯით;

- ტრადიციული აირტურბინული ციკლის შემთხვევაში მაღალი წნევის შეწონილ შრეში წვის საცეცხლე წყვილდება აირის ტურბოგენერატორთან, რომელიც მუშაობს საცეცხლიდან გამომავალი მაღალი ტემპერატურის მქონე აირებით. ურბოგენერატორით ხდება ელექტროენერჯის გამომუშავება, ხოლო აირტურბინაში ნამუშევარი აირები გამოიყენება სხვადასხვა დანიშნულებით: სითბოს ან/და ტექნოლოგიური ორთქლის მისაღებად ან, კიდევ, სითბოს დასაბრუნებლად ძირითად ციკლში რეგენერაციული შემთბობების გამოყენებით. აირის ტურბოგენერატორის კომპრესორი, თავის მხრივ, კვებავს საცეცხლეს მაღალი წნევის ჰაერით.

### **შეწონილ შრეში წვით მომუშავე ენერგობლოკების გავრცელება-განვითარების გამოცდილება**

#### **აირი-ორთქლის კომბინირებული ციკლი შიგაცეკლური გაზიფიკაციით ენერგობლოკების ტექნოლოგიური სქემები**

ამჟამად მსოფლიოში ელექტროენერჯეტიკული სიმძლავრეების ~32 % მიიღება ქვანახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურებში. ასეთი ელექტროსადგურების კომერციული რენტაბელურობა უკანასკნელ პერიოდამდე არსებითად იყო დამოკიდებული დანადგარების ტექნიკურ ეფექტურობასა და სათბობის ღირებულებაზე. 1990 წლიდან კი გარემოსდაცვითი მოთხოვნების გამკაცრებამ ქვანახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურების მფლობელები დააყენა სერიოზული პრობლემების წინაშე. გარემოში მავნე ნივთიერებების გამონაბოლქვის ნორმების შემცირებამ (მაგ., თუ SO<sub>2</sub>-ის გამონაბოლქვის ზღვრული სიდიდე აშშ-ში შეადგენდა 1,08 კგ SO<sub>2</sub>/გჯ-ზე, 1990 წლიდან ის შემცირდა 0,516 კგ SO<sub>2</sub>/გჯ-მდე) მოითხოვა თბოელექტროსადგურებში საკვამლე აირების გაწმენდის ძვირადღირებული ტექნოლოგიების დანერგვა. ასეთი ტექნოლოგიები მათში გამოყენებული პროცესების მიხედვით სხვადასხვაგვარიდა სხვადასხვა ღირებულებისაა.

შეწონილ შრეში წვით მომუშავე ენერგობლოკების აშკარა ეკოლოგიური უპირატესობები განაპირობებს მათ წამყვან როლს ქვანახშირით განხორციელებულ ელექტროგენერაციაში. ასეთი ენერგობლოკები სრულდება სხვადასხვა სქემით<sup>204</sup>.

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყანაში, გარკვეული პერიოდის წინ, ესპლუატაციაში იმყოფებოდა 100 -ზე მეტი ცირკულირებად შეწონილ შრეში წვის ქვაბდანადგარი. ამ

<sup>204</sup> ელექტროენერჯეტიკაში საქართველოს ქვანახშირის გამოყენების შესაძლებლობები. თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოცდილება. ტ.მ.დ., პროფ. თ. მიქიაშვილი, ტ.მ.დ., პროფ. თ. ჯიშკარიანი, ტ.მ.დ., პროფ. გ. არაბიძე. მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის. თბილისი 2008, გვ.17.

დანადგარების ექსპლუატაციაში შეყვანისა და გადაიარაღების მდგომარეობის არასრული სურათი შემდეგნაირია<sup>205</sup>:

- 1993 წელს ჩრდილოეთ დაკოტის(აშშ) უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და გარემოს დაცვის კვლევითი ცენტრის (EERC) და ელექტროენერგეტიკის კვლევითი ინსტიტუტის (EPRI) მიერ ჩატარდა ერთობლივი სამუშაო CFB ტექნოლოგიის 110 მგვტ ელ. სიმძლავრის ენერგობლოკის ენერგეტიკული მახასიათებლებისა და ეკოლოგიური მაჩვენებლების გამოკვლევის მიზნით. დადგინდა, რომ ენერგობლოკის ქვაბდანადგარის მ.ქ. კოეფიციენტი ბრუტო სხვადასხვა ტიპის მყარი სათბობის გამოყენების დროს იცვლება 77-89 % ინტერვალში;
- იაპონიაში წნევის ქვეშ მომუშავე ცირკულირებად შრეში წვის ქვაბდანადგარი პირველად გაშვებულ იქნა 1994 წელს 71 მგვტ ელ. სიმძლავრის ექსპერიმენტულ ენერგობლოკზე. სათბობად გამოყენებული იყო ქვანახშირ-კირქვის სუსპენზია. ქვაბდანადგარი დამზადდა Ishikajima-Harima Heavy Industries Co. Ltd.-სა და Electric Power Development Co. Ltd.-ს მიერ;
- 1995 წელს პოლონეთში ჩატარდა თბოელექტროსადგურის (თეს), Zeran-ის გადაიარაღება CFB ტექნოლოგიაზე გადაყვანით. სადგურში გადაიარაღებამდე და გადაიარაღების შემდეგ სათბობად გამოყენებული იყო ქვანახშირი (თბოუნარიანობა - 21,5 მგჯ/კგ; გოგირდშემცველობა - 0,8-1 %; ნაცრიანობა - 25 %; ტენშემცველობა -15 %; SO<sub>2</sub>-ის ჩაჭერის დონე - 90-95 %; NO<sub>x</sub>-ების ჩაჭერის დონე - 60-85 %); ენერგობლოკის სითბური სიმძლავრე 315 მგვტ; უხმარი ორთქლის პარამეტრები - 5100C/10 მგპა;
- 1997-98 წლებში პოლონეთში გათვალისწინებული იყო მურა ნახშირზე მომუშავე თეს-ის, Turow-ის გადაიარაღება CFB ტექნოლოგიაზე გადაყვანით. ქვაბდანადგარების დამამზადებლად შერჩეული იყო კორპორაცია Ahlstrom Pyropower (აშშ, სან-დიეგო). გათვალისწინებული იყო 6x35-39 მგვტ სიმძლავრის ენერგობლოკების დაყენება; SO<sub>2</sub>-ის ჩაჭერის მოსალოდნელი დონე - 90 %; NO<sub>x</sub>-ების ჩაჭერის მოსალოდნელი დონე - 20 %;
- 1997 წელს ჩეხეთის რესპუბლიკაში გათვალისწინებული იყო მურა ნახშირზე (ნაცრიანობა 25%; ტენშემცველობა-35%) მომუშავე თეს-ის, თისოვა-ს გადაიარაღება CFB ტექნოლოგიაზე გადაყვანით. ქვაბდანადგარის მოსალოდნელი მ.ქ.კ. ბრუტო 91,3 %; SO<sub>2</sub>-ის ჩაჭერის მოსალოდნელი დონე-95 %; ენერგობლოკის ელ. სიმძლავრე-2x50 მგვტ; უხმარი ორთქლის ხარჯი თითოეულ ენერგობლოკზე- 170 ტ/სთ; ქვაბდანადგარების დამამზადებლად შერჩეული იყო კორპორაცია Ahlstrom Pyropower (აშშ, სან-დიეგო);
- ამავე წელს ჩეხეთის რესპუბლიკაში გათვალისწინებული იყო მურა ნახშირზე (თბოუნარიანობა - 9,1მგჯ/კგ; გოგირდშემცველობა -1,2 %; ნაცრიანობა -15 %;

<sup>205</sup> თ. ჯიშკარიანი, თ. მიქიაშვილი. წინასწარი საექსპერტო შეფასება დოკუმენტაციისა: “ტყიბულის 2\*125 მგვტ სიმძლავრის ელექტროსადგურის აღწერილობა, პირველი და მეორე ბლოკების მშენებლობა”. დოკუმენტაცია მშენებლობაზე ნებართვისათვის. თბილისი. 2000 წ.

ტენშემცველობა - 45 %) მომუშავე თბოელექტროცენტრალის, Hodonin-ის გადაიარაღება 40-50 მგვტ სიმძლავრის CFB ტექნოლოგიის ენერგობლოკების დაყენებით; უხმარი ორთქლის პარამეტრები-5100C/97 ბარი; ორთქლის ხარჯი თითოეულ ენერგობლოკზე-170 ტ/სთ; SO<sub>2</sub>-ის ჩაჭერის მოსალოდნელი დონე-90 %; NO<sub>x</sub>-ების ჩაჭერის მოსალოდნელი დონე-30-50 %.

### კომბინირებული ციკლი შიგაცვიკლური გაზიფიკაციით

მყარი სათბობის შიგაცვიკლური გაზიფიკაციის ტექნოლოგია იძლევა საშუალებას აირი-ორთქლის კომბინირებული ციკლის ეფექტური განხორციელებისათვის ქვანახშირზე და ცნობილია სახელწოდებით - **კომბინირებული ციკლი შიგაცვიკლური (ინტეგრირებული) გაზიფიკაციით (IGCC – Integrated Gaisfication Combined Cycle)**. პროცესი ასეთ ციკლში მიმდინარეობს შემდეგნაირად:

გაზიფიკაციის დანადგარში ხდება წინასწარმომზადებული ქვანახშირის გაზიფიკაცია ჟანგბადით ან ჰაერით, რის შედეგადაც მიიღება სინთეზური აირი (სინთეზური გაზი), რომელიც შეიცავს წყალბადს და ნახშირჟანგს (CO). სინთეზური აირი ცივდება, იწმინდება და მიეწოდება აირტურბინაში საწვავის სახით. შემდეგ ყველაფერი ხდება ისე, როგორც სტანდარტულ კომბინირებულ ციკლში: აირის ტურბოგენერატორში ხდება ელექტროენერჯის გამომუშავება; აირტურბინაში ნამუშევარი აირები გადადის ორთქლის ქვაბუტილიზატორში (HRSG – Heat Recovery Steam Generator), სადაც ხდება ორთქლის მიღება; ორთქლი მიემართება ორთქლის ტურბოგენერატორში, რომელიც ასევე გამოიმუშავებს ელექტროენერჯიას ამ ორთქლის სითბოს ხარჯზე.

შიგაცვიკლური გაზიფიკაციისათვის ამჟამად იყენებენ სამ სხვადასხვა მეთოდს - გაზიფიკაციას ნაკადში, გაზიფიკაციას მოძრავ და შეწონილ შრეში. სამივე შემთხვევაში სინთეზური აირი გაზიფიკაციის დანადგარიდან დაყოვნების ჭურჭლის გავლით მიეწოდება ცხელი აირის ციკლონს, სადაც ის იწმინდება 98 % მყარი ნაწილაკებისაგან; შემდეგ აირი გადადის მაღალი ტემპერატურის თბოგადამცემში – სითბოს უტიტილიზატორში, სადაც ცივდება გარკვეულ ტემპერატურამდე. სინთეზურ აირში დარჩენილი ნაწილაკების საბოლოო მოცილება ხდება აირის სველი წმენდის მეთოდით. იმისათვის, რომ სინთეზური აირი გამოყენებულ იქნეს აირტურბინის საწვავად, მას უნდა ჰქონდეს მაღალი წნევა. ასეთ წნევამდე აირის შესაკუმშად საჭიროა დიდი ენერჯია. ამ ენერჯიის დაზოგვის მიზნით, როგორც წესი, კუმშავენ არასინთეზურ აირს, რომელსაც აქვს მაღალი ტემპერატურა, არამედ ცივ ჰაერს ან ჟანგბადს გაზიფიკატორში მიწოდებამდე. გაზიფიკაციის პროცესი კი მიმდინარეობს უკვე მაღალი (20-40 ბარი) წნევის პირობებში.

შიგაცვიკლური გაზიფიკაციის ეკოლოგიური უზნებლობის სასარგებლოდ უნდა ითქვას, რომ ის, განსხვავებით წვის ტრადიციული ტექნოლოგიისაგან, მიმდინარეობს ჟანგბადით ღარიბ გარემოში. ამის გამო სათბობის შემადგენელი გოგირდი რეაგირებას წყალბადთან და ნაცვლად გოგირდის ჟანგისა (SO<sub>2</sub>) წარმოქმნის გოგირდწყალბადს (H<sub>2</sub>S),

რომელიც უფრო იოლი მოსაცილებელია, ვიდრე გოგირდის ჟანგეულები. საბოლოოდ, წვის ასეთ ტექნოლოგიაში გოგირდის ჩაჭერის სიდიდეა 99 %.

ამჟამად ქვანახშირის შეწონილ შრეში წვის ტექნოლოგია წარმოადგენს კარგად აპრობირებულ და ეფექტურ ტექნოლოგიას, რომელიც უზრუნველყოფს ენერგობლოკების მუშაობას მაღალი თერმულიმ.ქ. კოეფიციენტით: 43-47 %. ამავე დროს, ეს ტექნოლოგია გამოირჩევა ეკოლოგიური უსაფრთხოებით, რამდენადაც აკმაყოფილებს საკვამლე აირებში გოგირდისა და აზოტის ჟანგეულების, ასევე მყარი ნაწილაკების მინიმალური შემცველობის გამკაცრებულ მოთხოვნებს. უნდა აღინიშნოს ქვანახშირის შიგაცვიკლური გაზიფიკაციის ტექნოლოგიის შესახებაც. მიუხედავად იმისა, რომ ის წარმოადგენს შედარებით ახალ ტექნოლოგიას, მაღალია მისი დანერგვის ინტენსიურობა ელექტროენერგეტიკაში. ძირითად ტექნიკურ უპირატესობებს ამ ტექნოლოგიაში განსაზღვრავს გაზიფიკაციის დანადგარების მზარდი ეფექტურობა, აირისა და ორთქლის ტურბინების შეთავსების მრავალგვარი შესაძლებლობები, გოგირდის ჟანგეულების ჩაჭერის მაღალი (99 %) მაჩვენებელი და ენერგობლოკების მაღალი თერმული ეფექტურობა, განსაკუთრებით აირი-ორთქლის კომბინირებულ ციკლში ~ 60-65 %.

**ქვანახშირის თბოელექტროსადგურის საჭიროება საქართველოს  
ენერგეტიკული სისტემისათვის  
ენერგეტიკული სისტემების განვითარების ამოცანები და მიზნები**

ენერგეტიკული სისტემების განვითარების ამოცანებს, როგორც წესი, განსაზღვრავს ქვეყნის მაკროეკონომიკური განვითარების ტენდენციები, საიდანაც უშუალოდ გამომდინარეობს ენერგეტიკული მოთხოვნილებების მასშტაბები და დროში ცვლილების ხასიათი. უმეტეს შემთხვევებში ასეთი ტენდენციები მოითხოვს არსებულ ენერგეტიკულ სისტემებში გენერაციის ახალი სიმძლავრეების შემოტანას. ეს ამოცანა, ჩვეულებრივ, წყდება კომპლექსური ოპტიმიზაციის მეთოდით, რომლის საბოლოო მიზანია:

- ორგანული სათბობის ადგილობრივი რესურსების რაციონალური გამოყენება სათბობის ექსპორტ-იმპორტის შესაძლებლობებისა და საბაზრო ფასების კონიუნქტურის გათვალისწინებით;
- ადგილობრივი ჰიდრორესურსებისა და ენერჯის განახლებადი წყაროების გამოყენების ოპტიმალური რეჟიმების განსაზღვრა;
- ელექტროენერჯის ექსპორტ-იმპორტის ოპტიმალური რეჟიმის განსაზღვრა საბითუმო ბაზრის არსებული და მოსალოდნელი კონიუნქტურის და სიმძლავრისა და ენერჯის მოთხოვნილი ბალანსის დაცვის პირობებში;
- ენერჯის გენერაციისა და მოხმარების ეკოლოგიურად გამართლებული რეჟიმების უზრუნველყოფა. ტექნიკურ დონეზე ოპტიმიზაციის პროცესი ითვალისწინებს

სიმძლავრეებისა და ენერჯისბალანსის შედგენას, რის საფუძველზეც განისაზღვრება:

- ენერგოსისტემაში მაგენერირებელი და სარეზერვო სიმძლავრეების სტრუქტურა (ჰიდრო, თბო-და ატომური ელექტროსადგურები, ჰიდრომააკუმულირებელი ელექტროსადგურები, ენერჯის განახლებად წყაროებზე მომუშავე და არატრადიციული ელექტროსადგურები);
- ელექტროსადგურების დადგმული სიმძლავრეები;
- ელექტროსადგურების შიგა სტრუქტურა და დანადგარების სიმძლავრეები;
- გადამცემი სისტემის კონფიგურაცია;
- გარე ენერგოსისტემებთან დამაკავშირებელი გადამცემი ხაზების სქემა;
- ელექტროგენერაციის, გადაცემისა და განაწილების შემზღუდავი ფაქტორები.

თბოელექტროსადგურების ენერგობლოკების გამოყენება საქართველოს ენერგოსისტემაში ხდება არაეფექტურად. მათი სიმძლავრეების გამოყენების კოეფიციენტი არის ძალიან დაბალი, რაც უდავოდ იწვევს გამომუშავებული ელექტროენერჯის ფასის მნიშვნელოვან ზრდას. საექსპერტო შეფასებით ანალოგიურ დასავლურ ენერგობლოკებზე სიმძლავრის გამოყენების კოეფიციენტის შემცირება 80-დან 45%-მდე იწვევს გენერაციის ფასის ზრდას 30-40 %-ით. ამასთან ერთად, ენერგობლოკების არასრული დატვირთვა მათი თუნდაც ხანმოკლე მუშაობის პერიოდში, რაც საქართველოსთვის იქცა ჩვეულებრივ პრაქტიკად, ადიდებს სათბობის კუთრ ხარჯს ელექტროენერჯის გამომუშაებაში და ზრდის გენერაციის ღირებულებას სათბობის მდგენელის ზრდის ხარჯზე.

### **თბოელექტროსადგურის ადგილმდებარეობის შერჩევა**

ქვანახშირზე მომუშავე თბოელექტროსადგურის ადგილმდებარეობის შესარჩევად აუცილებელია შეფასდეს თუ რამდენად ოპტიმალურია მოცემული ადგილი შემდეგი მოთხოვნების დასაკმაყოფილებლად:

- ❖ ენერგობლოკების მიერთება საერთო ელექტრულ სისტემასთან;
- ❖ ქვანახშირით, როგორც ძირითადი სათბობით, მომარაგება – ტრანსპორტირება (სარკინიგზო ჩიხი), დასაწყობება, მომზადება, ნარჩენების უტილიზაცია;
- ❖ თხევადი ან აირადი სათბობის, როგორც დამხმარე სათბობის, მოწოდება (მეორადი სათბობი საჭიროა ქვანახშირის ქვაბდანადგარების დასანთებად);
- ❖ კირქვით, როგორც სორბენტით, მომარაგება;
- ❖ კონდენსატორის მომარაგება გამაცივებელი წყლით; გაცივების პირაპირდენითი, ტბორებიანი, შხეფსაცივრებიანი, მშრალი ან კომბინირებული საცირკულაციო სისტემების მოწყობა (ქვანახშირის თეს-ებში 1 ტონა ქვანახშირის დაწვისათვის საჭიროა ~800 ტ გამაცივებელი წყალი);
- ❖ ხელსაყრელი კლიმატური, ჰიდროლოგიური და სეისმოლოგიური პირობები;
- ❖ ეკოლოგიური უსაფრთხოება;



- ❖ დაცულობა ტექნოგენური კატასტროფებისაგან და უსაფრთხოება დივერსიების მიმართ;
- ❖ შრომითი რესურსები;
- ❖ ინფრასტრუქტურის განვითარება და სხვა.

რაც შეეხება თეს-ის ტერიტორიის ზომებს, აქ გასათვალისწინებელია რამდენიმე მომენტი. სადგურს ე. წ. შიგა ტერიტორიაზე სჭირდება ქვანახშირის და კირქვის მარაგის დასაწყობება. აქ უნდა განთავსდეს ქვანახშირის სათადარიგო მარაგი, რომელიც გათვალისწინებულია სრული დატვირთვით სადგურის შეუფერხებელი მუშაობისათვის 30-45 დღის განმავლობაში და კირქვის 15-20 დღის მარაგი.

გარე ტერიტორიაზე საჭიროანაცარსაყრელის მოწყობა, რომელმაც უნდა დაიტოს 10 წლის განმავლობაში სადგურის 70%დატვირთვით მუშაობის დროს წარმოქმნილი ნაცარი და სხვა ნარჩენები<sup>206</sup>. ნაცარსაყრელიშემოღობილი უნდა იყოს 30 მ სიგანის ბუფერული ზონის დაცვით. გარე ტერიტორიაზეეწყობა გამაცივებელი წყლის საცირკულაციო სისტემა და სარკინიგზო კომუნიკაციებიქვანახშირის მიღებისათვის.

### **ქვანახშირიდან მეორეული პროდუქციის წარმოება**

ქვანახშირი როგორც ნედლეული, გარდა ორგანული მასისა, შეიცავს მრავალკომპონენტებიან მინერალურ მინარევებსაც. კომბინირებული ციკლის ორთქლაირიან თესებში ნახშირების გაზიფიკაციასთან ერთად შესაძლებელია მყარი სათბობის მინერალური მინარევების უტილიზაცია და მეორეული პროდუქტების წარმოება, რომლებიც გამოიყენება სხვადასხვა მარკის ცემენტის, ბეტონის და რკინაბეტონის წარმოებაში, გზების მშენებლობაში და სხვა.

ქვანახშირის ერთ-ერთი მრავალკომპონენტებიანი მინარევის - წიდის კრისტალიზაციის დროს წარმოქმნილი მაღალი სიმტკიცის მინაკრისტალური მასალისაგან შესაძლებელია მაღალხარისხოვანი წიდასიტალების, წიდის ღორღის, წიდის სხმულის, წიდის ბამბის, კერამიკული ფილების, აგურის და სხვა სამშენებლო მასალების, აგრეთვე კულტურულ-საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ნაკეთობების წარმოება სამრეწველო მასშტაბებით.

წიდანაცრისაგან მიღებული წიდის ღორღი ხასიათდება მაღალი სიმკვრივითა და სიმტკიცით, ტენშუელწევადობით, ყინვამედეგობით და ფორიანობის არარსებობით. სპეციალურად დამუშავებული წიდის ღორღი წარმოადგენს დეკორატიულ-მოსაპირკეთებელ მასალას.

წიდის ღორღს, სამშენებლო ინდუსტრიის გარდა, იყენებენ რკინიგზის ვაკისის მისაყრელად და პარაპეტების (მოაჯირების), ლავგარდნების (კარნიზების) და ტრორუარების მოსაწყობად. წიდისაგან მიღებული მინაკრისტალური მასალა –

<sup>206</sup> IPII Power Plant Cost Study. Submitted to RCG/HAGLER BAILLY. Prepared by Power Tech Associates, P.C. Paramus, NJ, USA. December 1994.

წიდასიტალი, გამოირჩევა მაღალი ქიმიური და ცვეთამედდევობით. ის ფართოდ გამოიყენება შენობა-ნაგებობების იატაკებისა და კედლების მოსაპირკეთებლად და კონკურენციას უწევს ისეთ მასალებს, როგორცაა გრანიტის, მარმარილოსა და ქვისაგან დამზადებული ფილები, ასევე მჟავაგამძლე აგური.

წიდანაცრისაგან ასევე შესაძლებელია 50-ზე მეტი დასახელების იშვიათი ქიმიური ელემენტების მიღება, მათ შორის ალუმინის, სპილენძის, ქრომის, გერმანიუმის, ნიკელის, ვანადიუმის, მოლიბდენის, ტიტანის, ბერილიუმის, კობალტის და სხვ.

დადგენილია, რომ თეს-ების მყარი ნარჩენების უტილიზაცია მეორეული პროდუქციის წარმოებისათვის ეკონომიკურად მიზანშეწონილია მაშინაც კი, როდესაც სათბობის ნაცრიანობა არ აღემატება 10-15 %-ს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ქვანახშირზე მომუშავე თანამედროვე ენერგობლოკების დანერგვით შესაძლებელია შეიქმნას საქართველოსთვის სრულიად ახალი ტიპის ენერგეტიკული საწარმო, სადაც სათბობის გადამუშავების ხარჯზე მიიღება არა მარტო ელექტროენერგია და სითბო, არამედ სხვა ლიკვიდური პროდუქციაც.

წინასწარი შეფასებები გვიჩვენებს, რომ წიდის ნადნობში ერთი ტონა ტყიბული-შაორის საბადოს ქვანახშირის გაზიფიკაციის დროს მიიღება 270 კგ წიდანაცარი, რომლისაგანაც მზადდება მინიმუმ 6,32 კვ.მ ფართისა და 10 მმ სისქის წიდასიტალის ძვირადღირებული მოსაპირკეთებელი ფილა.

სამშენებლო მასალების პარალელურად ასეთ საწარმოში შეიძლება სასაქონლო თხევადი ჟანგბადისა და აზოტის, აირადი არგონის, გოგირდის, ასევე სხვადასხვა ლითონების წარმოება<sup>207</sup>. მაგალითად, თხევად წიდაში გაზიფიკაციის დროს 1 ტონა ანთრაციტის ღერდილისაგან მიიღება დაახლოებით 35 კგ თუჯი და 350 კგ გრანულირებული წიდა. ერთი ტონა თუჯის ღირებულება (2005 წლის ფასებით) შეადგენს დაახლოებით 120, ხოლო ერთი ტონა გრანულირებული წიდის ღირებულება დაახლოებით 3 ამერიკულ დოლარს.

თხევად წიდაში ფლუსის კონცენტრაციის ცვლილებით შესაძლებელია მეორეული პროდუქციის ასორტიმენტის გაზრდა და წიდისაგან უფრო ძვირადღირებული სხვადასხვა სახის სამშენებლო და თბოსაიზოლაციო მასალების დამზადებაც.

ზემოაღნიშნულიდან ცხადია, რომ საქართველოში ელექტროგენერაციის თანამედროვე ტექნოლოგიების დანერგვის შემთხვევაში ქვანახშირის ადგილობრივ მრეწველობას აქვს შანსი გადაიქცეს კონკურენტუნარიან და მომგებიან დარგად. ამასთან ერთად, მნიშვნელოვნად ამაღლდება ქვეყნის ენერგეტიკული უსაფრთხოების დონე, რაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესებს ქვეყნის ეკონომიკური განვითარების პირობებს და შეამცირებს მის დამოკიდებულებას უარყოფითი გარე ფაქტორების მიმართ.

<sup>207</sup> ელექტროენერგეტიკაში საქართველოს ქვანახშირის გამოყენების შესაძლებლობები. თანამედროვე ტექნოლოგიები და გამოცდილება. ტ.მ.დ., პროფ. თ. მიქიაშვილი, ტ.მ.დ., პროფ. თ. ჯიშკარიანი, ტ.მ.დ., პროფ. გ. არაბიძე. მსოფლიო გამოცდილება საქართველოსთვის. თბილისი 2008, გვ.44-45.

## თავი 8

ფოროვანი მასალები და საწვავ-ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვის თანამედროვე ალტერნატივა; საშენი მასალების დარგი; საშენი მასალების წარმოების დარგის ძირითადი მახასიათებლებისათვის; ხელოვნური ფოროვანი მასალები; ბუნებრივი ფოროვანი მასალები; ასფალტბეტონი; ყვარელისფიქალი - ალუმინსილიკატური მასალა, კერამიტი; საგზაო ბეტონი; ფარავნის პერლიტი; კომპოზიტური მასალები (გრანულატები); ბიტუმები; აგურის წარმოება; ბუნებრივი თიხოვანი მინერალები; ტროტუარის ფილის წარმოება; ბეტონის წარმოება; ასფალტის წარმოება; რესურსეფექტური და სუფთა წარმოების (რესწ)ინსტიტუციები; ბიოსამედიცინო და აგრარული დანიშნულების ფორიანი მასალები; პერლიტი; ვერმიკულიტი; მედიცინის დარგებში გამოყენებული მასალების სისტემური მახასიათებლები; ალტერნატიული ალტერნატიული საწვავი - ნავთობი სხვადასხვა წყაროებიდან.

---

### ფოროვანი მასალები – საწვავ-ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვის თანამედროვე ალტერნატივა

ფოროვანი მასალები გამოირჩევა დაბალი მოცულობითი სიმკვრივით და თბოგამტარობით, ხშირ შემთხვევაში საკმარისი სიმტკიცითა და ქიმიური მდგრადობით და სხვ. აღნიშნული ფაქტორები მათი სამრეწველო დანიშნულებით გამოყენების კარგ საშუალებას ქმნის.

პრაქტიკული გამოყენების მხრივ აღსანიშნავია ფოროვანი მასალებიდან როგორც ცალკეული პროდუქციის მიღება (მაგ., სამშენებლო ბლოკები, შენობის გადახურვის და მოპირკეთების დეკორატიული ელემენტები და სხვ.), ასევე მათი შემავსებლად მიზნობრივი გამოყენება (ძირითადად შემსუბუქებული ბეტონები ან კერამიკული ნაწარმი).

**ხელოვნური ფოროვანი მასალები** გამოირჩევა გამოყენების მრავალფეროვნებით, რაც მათი სტრუქტურათა მრავალფეროვნებით და თვისებათა შერჩევა-რეგულირებით არის განპირობებული. **ბუნებრივი ფოროვანი მასალები** ორ ძირითად ჯგუფად იყოფა: ვულკანური და დანალექიანი წარმოშობის მასალები.

**ვულკანური წარმოშობისაა - პემზა, ტუფი და ვულკანური წიდები ან მინა.დანალექი წარმოშობის ჯგუფში** გაერთიანებულია, როგორც ფორიანი კარბონატული (მაგ., ნიჟარისებრი კირქვები), ასევე რელიკატური ქანები (მაგ., კაჟმიწოვანი სპონგულიტები და სხვ.).

**ბუნებრივ ფოროვან მასალათა** ყველა ძირითადი სახეობა საქართველოს წიაღისეულში არის წარმოდგენილი. **პემზა**, რომელიც ბუნებრივად წარმოიქმნა მინის ლავის აფუებით, ხასიათდება წმინდა - ან მსხვილმარცვლოვანი სტრუქტურით, ხოლო ფორების სტრუქტურაში მოწყობის მიხედვით - ბოჭკოვანი, უჯრედოვანი,

ღრუბლისებრი და სხვა სახის. პემზის ფორიანობა 60-75 %, წყალშანთქმა კი 60%-მდე შეიძლება იყოს; სიმტკიცე კუმშვაზე, როგორც წესი, 30 კგ/სმ<sup>2</sup> -ზე მეტია.

**ვულკანური შლაკები** შეიცავენ ვულკანურ მინას, რომელშიც SiO<sub>2</sub>-ის შემცველობა 50-60 მას %-ია. მათი მოცულობითი წონა (ფრაქციულობიდან გამომდინარე) 400-დან 1000 კგ/მ<sup>3</sup> , წყალშანთქმა 20-30 მას.%, ხოლო სიმტკიცე კუმშვაზე 300 კგ/სმ<sup>2</sup> შეიძლება შეადგენდეს.

**ვულკანური ტუფები**, რომლებიც ქანების გაფხვიერებული ნაწილაკების შეცემენტებით წარმოიშვა, მჟავურ სილიკატურ მასალას წარმოადგენენ (SiO<sub>2</sub>-ის შემცველობა 61-67 მას.%). მათი ღორღის ფრაქციების მოცულობითი მასა 600-დან 1100 კგ/სმ<sup>3</sup> შეიძლება იყოს და ისინი მაღალი წყალმედევობით ხასიათდება (გარბილების კოეფიციენტი 0,87-ზე მეტია). კარბონატული ფოროვანი ქანები განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან ფორების შემცველობით (20-დან 60 %-მდე შეიძლება იყოს) და მათი ზომებით. აქედან, მათ ახასიათებთ 5-30 %-იანი წყალშანთქმა, ხშირად დაბალი წყალმედევობა (გარბილების კოეფიციენტი 0,47-დან) და ასევე მაღალი მოცულობითი წონა, რომელიც 750-დან 1200 კგ/მ<sup>3</sup> შეიძლება იყოს; მათი სიმტკიცე კუმშვაზე 50-დან 150-მდე კგ/სმ<sup>2</sup> ზღვრებში მერყეობს.

ხელოვნური არაორგანული მასალების სახეობა მრავალფეროვანია და ასევე მრავალფეროვანია ის მიდგომები, რომლებიც მათ კლასიფიკაციაში გამოიყენება: მათ მისაღებად გამოყენებული ნედლეული, თვით მიღებული ფოროვანი მასალის სტრუქტურული აღნაგობა, მოცულობითი წონა (მასა), გარეგანი სახე, გამოყენების სფერო და სხვ.

ნედლეულის სახეს განსაზღვრავს ფოროვანი მასალის სახეობა, მაგალითად, მაღალი ფორიანობით გამორჩეული ნაწარმის (აფუებული პერლიტი, ვერმიკულიტი, კერამზიტი და სხვ.) მისაღებად გამოიყენება ისეთი ჰიდრატირებული მთის ქანები (ვულკანური წარმოშობის მინსა, ქარსი, თიხა, ფიქალი და სხვ.), რომელთაც უნარი შესწევთ გადავიდნენ პიროპლასტიკურ მდგომარეობაში (გახურების ხარჯზე) და აფუვდნენ თანმხლები აირწარმოქმნის პროცესის ხარჯზე. განსხვავებული სანედლეულო ბაზაა საჭირო ხელოვნური მინერალური ბოჭკოს (ძირითადად მიიღება ბრძმედის და სხვა სახის მეტალურგიული წიდებიდან, ბაზალტიდა ა.შ.) და ქაფმინის (ტექნოგენური მინის ლეწი, ვულკანური მინა, ადვილადდნობადი მთის ქანები) მისაღებად.

სანედლეულო ბაზის მრავალფეროვნება და მის საფუძველზე მიღებული მასალების საექსპლუატაციო თვისებების ფართო რეგულირების შესაძლებლობა, არაორგანული ფოროვანი მასალების პრაქტიკულად ნებისმიერ პირობებში ექსპლუატაციის საშუალებას იძლევა.

განსხვავებული სანედლეულო ბაზაა საჭირო ასევე ფორიანი, მაგრამ **ბიოსამედიცინო და აგრარული დანიშნულების ფორიანი მასალების** მისაღებად, რომლებიც თანამედროვეობის მოთხოვნებს უნდა აკმაყოფილებდნენ. სტრუქტურული მოწყობის მიხედვით არაორგანულ ფორიან მასალებში განასხვავებენ:

- უჯრედოვანი აღნაგობის მასალებს, რომლებიც გამოირჩევიან ფორების ერთგვაროვნებით და ამასთან მათი თანაბარზომიერი განაწილებით მთელ მოცულობაში. როგორც წესი, უჯრედოვანი აღნაგობა ახასიათებს დახურულფორიან მასალებს, მაგ., ქაფმინას ან კერამზიტს (თიხის აფუებით მიღებული ფოროვანი მასალა);
- სტრუქტურის მარცვლოვანი აღნაგობა ძირითადად დამახასიათებელია ფხვიერი ფორიანი მასალებისათვის და ამ შემთხვევაში მათი ფორიანობის ხარისხი, ძირითადად მასალის გრანულომეტრიული შედგენილობით (მასში წარმოდგენილი მარცვლის ზომით) განისაზღვრება; მარცვლოვანი აღნაგობის კლასიკურ წარმომადგენლად მიიჩნევენ აფუებულ პერლიტს;
- ბოჭკოვანი აღნაგობით გამოირჩევიან მინერალური და მინის ბამბა და სხვა მასალები, რომელთა ცალკეული ელემენტები (ინდივიდუალური ბოჭკო) არ წარმოადგენს ფოროვან მასალას, მაგრამ მათი ერთობლიობა უკვე ფოროვან მასალად წარმოგვიდგება;
- ფირფიტოვანი მასალა მხოლოდ აფუებული ქარსის შემთხვევაში მიიღება და ქერცლის ფორმის - ფირფიტოვან ელემენტთა ნაკრებს წარმოადგენს.

ზოგიერთი მთის ქანი და მინერალები, მათთვის დაბალი ტემპერატურული რეჟიმით დამუშავებისას, ავლენენ მიდრეკილებას აფუებისადმი ე. ი. მოცულობით ზრდისადმი. დადგენილია, რომ ბუნებრივი ნედლეულის აფუების უნარის განმსაზღვრელ ფაქტორთა შორის უმნიშვნელოვანესია:

- ასაფუებლად აღებული ბუნებრივი ნედლეულის (ქანის) როგორც ქიმიური, ასევე მინერალოგიური შედგენილობა;
- ნედლეულის თერმული დამუშავების პირობები: აფუების ტემპერატურული ინტერვალი, თერმოდამუშავებისას ტემპერატურის ზრდის სიჩქარე და აფუების პროცესის სრული ციკლის ხანგრძლივობა (მათ შორის აფუების ტემპერატურაზე დაყოვნების დრო);
- ასაფუებლად აღებული ბუნებრივი ქანის მარცვლების ზომა (გრანულომეტრია), რომელსაც შეუძლია 2-3-ჯერ შეცვალოს აფუების ხარისხი და შესაბამისად ნაყარი მოცულობითი წონის შეცვლა;
- მასალის აფუების შესაძლებლობას გამოხატავენ აფუების კოეფიციენტით ან მოცულობითი წონით (მასით). ეს უკანასკნელი ფოროვანი მასალის მარკის განმსაზღვრელ პარამეტრად მიიჩნევა.

მასალის ქიმიური და მინერალოგიური შედგენილობიდან, ან საბოლოო პროდუქტის სახეობიდან გამომდინარე, გამოიყენებენ აფუების სხვადასხვა ხერხს ან მათ კომბინირებას, რაც ყველა სახის არაორგანული ფორიანი მასალის მიღების შესაძლებლობას იძლევა.

**აფუებული მასალების ან ნაკეთობათა მიღების ხერხების ძირითადი არსი შემდეგია:**

- ა) აირწარმოქმნის ხერხი - როდესაც ასაფუებელ მასალას ემატება სპეციალური აირწარმომქნელი ( უჯრედოვანი ბეტონები და ქაფმინა);
- ბ) ქაფწარმოქმნის (აქაფების) ხერხი - ქაფწარმოქმნელის შემცველ და აქაფებულ ხსნარს ემატება ძირითადი მასალის მექანიკურად დისპერსირებული ფხვნილი, ხოლო მიღებული შეწონილი მასა ფიქსირდება შრობით;
- გ) ჭარბი წყლით გაჯერების ხერხი - საწყის მყარ მასალას ემატება ჭარბი ოდენობით წყალი, ხოლო მომდევნო ეტაპზე (დაყალიბებული ნაწარმიდან) სხვადასხვა გზით (წყლის აორთქლება ან გამოწნება) ხდება წყლის განდევნა და ფოროვანი სტრუქტურის შენარჩუნება;
- დ) დანამატების ამოწვის ხერხი - გამოიყენება მხოლოდ კერამიკული მასალის მიღებისას. პროცესის არსის განმსაზღვრელი ხდება იმ სპეციალურად შეტანილი დანამატების ამოწვა, რომელიც კერამიკულ მასებს (ცეცხლგამძლეები, ტექნიკური კერამიკა და ა.შ.) ემატება შემკვრელად;
- ე) კარბონატული ნედლეულის ქიმიური გადამუშავება გამოიყენება სპეციალური ნაწარმის მისაღებად, კერძოდ ფოროვანი კაფსულების (სამედიცინო დანიშნულების) წარმოებაში;
- ვ) მთის ქანების და მინერალების აფუება - ეფუძნება მთელი რიგი ბუნებრივი მასალის უნარზე მოცულობითი ზრდა განიცადოს მათი მაალ ტემპერატურაზე ჩქარი გახურებისას, როდესაც ხდება წყლის ორთქლის და აირების გამოყოფა და ფოროვანი სტრუქტურის მქონე მასალის წარმოქმნა.

საინტერესოა ფოროვან არაორგანულ მასალათა ის ნაირსახეობა, რომელთა წარმოება-გამოყენებას პრაქტიკულად აქვს ადგილი. ასეთი მასალებიდან საგულისხმოა ქარსიდან და პერლიტური ქანებიდან მიღებული მასალები. აღსანიშნავია, რომ პერლიტური ქანები საქართველოში მოიპოვება; **ქარსისებრი მასალა - ვერმიკულიტი** წარმოადგენს იგივე დასახელების მინერალის თერმული აფუებით მიღებულ მასალას, **ბუნებრივი ვერმიკულიტი** - რთული ქიმიური შედგენილობის ქარსისებრ მაღალჰიდრატირებულ ალუმინსილიკატს წარმოადგენს. მასში დიდი ოდენობითაა წარმოდგენილი MgO და Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (შესაბამიად, 24-26 და 5-7 მას.%), მაგრამ მცირე ოდენობით - ტუტე ოქსიდები (R<sub>2</sub>O-ს შემადგენლობა 2 მას. %-ს არ აღემატება), რაც აიხსნება ქარსის კრისტალურ გისოსში ტუტეების წყლით ჩანაცვლებით.

სხვა სახის მინერალებისაგან განსხვავებით, ქარსული ვერმიკულიტის მნიშვნელოვან თვისებას წარმოადგენს მისი უნარი (ტემპერატურის ზეგავლენით) გაიპოს ცალკეულ ქარსის ფირფიტებად და ქერცლის მაგვარი მასალა წარმოქმნას. ვერმიკულიტის მარცვლების გაპობას (გახლეჩვას) თან ახლავს ძლიერი აფუება და ამის მიზეზი მინერალში არსებული წყლის ორთქლის პრაქტიკულად „ფეთქებადი“ გამოყოფა მიიჩნევა. წყლის ორთქლის მაღალი შიდა წნევა იწვევს ქარსისებრი ფირფიტოვანი

შრეების ურთიერთგანზიდვას და ამ გზით მიღებული მასალა მოცულობით 15-20- ჯერ აღემატება საწყისი ნედლეულის მოცულობას.

თერმული დამუშავებისას მიღებული ვერმიკულიტის ქერცლისებრი ფირფიტები ხასიათდება გარკვეული პლასტიურობით (დრეკადობით), ამიტომ ხშირად აფუებულ ვერმიკულიტთან მიმართებაში (მისი სტრუქტურის დახასიათებისას) გამოიყენებენ ტერმინს **ფირფიტოვანი ფორიანობა**. მასალა ვერმიკულიტი შესაბამისი ქარსის 1000-11000C თერმული დამუშავებით მიიღება. მიღებული პროდუქტის მოცულობით წონას ძირითადად განსაზღვრავს ასაფუებლად აღებული ნედლეულის მარცვლების ზომა - რაც უფრო მცირეა მათი ზომა, მით უფრო დაბალია ნაყარი წონა: 0,15-დან 15 მმ-მდე ზომის მარცვლებისათვის მისი მნიშვნელობა 80-დან 200 კგ/მ<sup>3</sup> შეიძლება შეადგენდეს. აღსანიშნავია, რომ ვერმიკულიტის აფუებული მარცვლები დეფორმაციისადმი მიდრეკილებას იჩენენ და ამ მიზეზით ისინი დატკეპნისადმი მიდრეკილია, მაგრამ თბოსაიზოლაციო მყარ კონსტრუქციებში ისინი ჩაჯდომას არ განიცდის, აფუებული ვერმიკულიტი მიეკუთვნება საუკეთესო თბოსაიზოლაციო<sup>208</sup> მასალათა ნაირსახეობას, რადგან გარდა დაბალი თბოგამტარობისა, ისინი გამოირჩევიან განსაკუთრებული სიმსუბუქით და მაღალი (1000 °C-მდე) ტემპერატურამდეგობით.

ნედლი ვერმიკულიტის, როგორც აფუებული ვერმიკულიტის მისაღები ნედლეულის მიმართ მნიშვნელოვანი პრობლემური საკითხი არსებობს - დედამიწის ქერქში ნაკლებად გვხვდება მინერალ ვერმიკულიტით მდიდარი საბადოები, ცნობილია, რომ საუკეთესო ხარისხის ვერმიკულიტშემცველი მადანი 30%-ზე მეტი რაოდენობით არ შეიცავს სასარგებლო მინერალს. აღნიშნული მოითხოვს ვერმიკულიტური ნედლეულის ღრმა გამდიდრებას, რის შემდეგ უკეთეს შემთხვევაში მიიღება 85-90 %-იანი (ე. წ. „სუფთა“) ან 50-60 %-იანი (ე. წ. „ღარიბი“) მინერალ ვერმიკულიტის შემცველი კონცენტრატები. კონცენტრატში ვერმიკულიტის შემცველობას ის მნიშვნელობა აქვს, რომ მინერალ ვერმიკულიტის რაოდენობა აფუებული პროდუქტის ძირითადი თვისებების (თბოგამტარობა, მოცულობითი მასა და სხვ.) განმსაზღვრელი ფაქტორია.

**აფუებული პერლიტი** მიიღება პერლიტური ქანებიდან, რომლებიც ვულკანების ამონაფრქვევი მინებისაგან კრისტალური ბუნების მასალას წარმოადგენენ. **პერლიტი** გამოირჩევა განსაკუთრებული სტრუქტურით, ხასიათდება ბზარებად გახლეჩის უნარით (თერმული დამუშავების შემთხვევაში და წარმოქმნის მარგალიტისებურ ბურთულებს. აფუებული პერლიტის მისაღებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას მჟავა ხასიათების წყალშემცველი მინისებრი ვულკანური ქანები: ობსიდიანი, პერლიტი და პეხშტეინი, რომლებიც მათში არსებული წყლის ოდენობით განსხვავდებიან.

ვულკანური წარმოშობის ნედლეულში მყოფი წყალი, სწრაფი გახურების შემთხვევაში იწვევს მარცვლების მსხვევრას (დასკდომას), რის შედეგად მიიღება არადახურულფორიანი მსუბუქი მასალა, რომლის მოცულობითი წონა 50-250 კგ/მ<sup>3</sup> -ს

<sup>208</sup> ფორიანი მასალების მიღება წვრილმარცვლოვანი თიხაფიქალის და ტექნოგენური ორგანული დანამატების საფუძველზე. ნატალია ომანიძე; დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია. 2018. გვ. 30.

შეადგენს. აღნიშნულის შეჯერებით შეიძლება გამოიყოს ფორიანი არაორგანულ მასალათა ის სახეობა, რომელთა წარმოება რეალურია საქართველოში, არსებული სანედლეულო ბაზიდან გამომდინარე. ასეთ მასალებს შეიძლება მივაკუთვნოთ ქაფმინა და სხვა დღეისათვის შესწავლილი და ბუნებრივი ნედლეულის საფუძველზე მიღებული ფორიანი მასალები.

ტრადიციულ ნედლეულთა მიმართებაში დადგენილია, რომ საქართველოში არსებობს ვულკანური ქანების ისეთი საბადოები, როგორცაა: ფარავნის (პერლიტი და ობსიდიანი), ახალციხის და ასპინძის (პეხშტეინები), რომელთაგან ყველაზე პერსპექტიულად მიიჩნევენ ფარავნის საბადოს, რომლის მარაგები (ყველა სახის კატეგორიის) ძალზე მძლავრია და დაახლოებით 100 მლნ მ<sup>3</sup> -ს შეადგენს, ხოლო ქანების დამუშავება შეიძლება ღია კარიერული წესით.

ქიმიური შედგენილობით ფარავნის პერლიტები და ობსიდიანები მიეკუთვნებიან მჟავე ვულკანურ ქანებს. მათ შორის განსხვავება ქიმიურ შემადგენლობაში და წყალშემცველობაში იკვეთება. ცნობილია, აგრეთვე, რომ განსხვავდება მათგან ფორიანი მასალის მიღების პირობები და მახასიათებლები: ფარავნის პერლიტის 800-900 °C-ზე აფუებით მიიღება დაბალი, ხოლო ობსიდიანიდან 1100-1200 °C-ზე აფუებით - მაღალი მოცულობითი მასის (ნაყარი წონა) მასალა (შესაბამისად, 50-2550 და 200-400 კგ/მ<sup>3</sup>).

ამ ორ მასალას შორის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი განსხვავება არსებობს. მათი მახასიათებელი თვისებები საგრძნობლად განსხვავდებიან ფარავნის საბადოსთან მიმართებაში პერსპექტიულ ნედლეულად შეიძლება ჩაითვალოს **პერლიტი**. აფუებული მასალების მიღების ტექნოლოგია, კერძოდ, პერლიტის მაგალითზე, ორ ძირითად ეტაპს - მსხვრევას და აფუებას მოიცავს. პირველადი მსხვრევისათვის გამოიყენება ყბებიანი ან ჩაქუჩებიანი მსხვრევანა (ქანის ფიზიკური მახასიათებლებიდან გამომდინარე), ხოლო მეორადი მსხვრევისათვის - ხშირად ლილვებიანი მსხვრევანა, მაგრამ მიზანშეწონილია კომბინირებული მსხვრევანის გამოყენება. ღუმელებთან მიმართებაში (ძირითადი ტექნოლოგიური პროცესის - აფუების ჩასატარებლად) ცნობილია რიგი პრაქტიკული რეკომენდაცია, რაც აფუების მაღალ ხარისხს უზრუნველყოფს აფუებული პერლიტის საფუძველზე მიღებული ნაწარმი გამოირჩევა თავისი მრავალფეროვნებით და მათ სახეობათა შორის წამყვანია: თბოსაიზოლაციო მასალები და მსუბუქი თბოსაიზოლაციო ბეტონები. მათ გარდა უნდა აღინიშნოს აფუებული პერლიტის და **ვერმიკულიტის** გამოყენების კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი და პერსპექტიული სფერო - აგროინდუსტრია, სადაც ე.წ. **აგროპერლიტზე** ყოველწლიური მზარდი მოთხოვნა ფიქსირდება<sup>209</sup>.

**აფუებულ ვერმიკულიტსა და პერლიტის** გამოყენების სფეროებში პრაქტიკულად სრული თანხვედრა ფიქსირდება, მაგრამ უპირატესობა მაინც **ვერმიკულიტს** შეიძლება

<sup>209</sup>ფორიანი მასალების მიღება წვრილმარცვლოვანი თიხაფიქალის და ტექნოგენური ორგანული დანამატების საფუძველზე. ნატალია ომანიძე; დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია. 2018. გვ. 33.



მიენიჭოს, რადგან მას უკეთესი საექსპლუატაციო თვისება გააჩნია: **ვერმიკულიტი** უკეთეს თბოსაიზოლაციო თვისებებს და ტემპერატურამედეგობას ავლენს<sup>210</sup>.

ენერგომატარებლების მარაგების კლებადი ტენდენციები თანამედროვეობის უმნიშვნელოვანეს გამოწვევადაა მიჩნეული. აღნიშნული მთელი რიგი პრობლემების გადაწყვეტას მოითხოვს, რომელთაგან თავისი მნიშვნელობით გამოყოფენ შემომზღუდი კონსტრუქციების და თბური აგრეგატების სითბური იზოლაციის ეფექტურობის გაზრდას. კერძოდ, დღის წესრიგში დგას ამოცანა, რომელიც უშუალოდ უკავშირდება სითბური დანაკარგების შემცირებას – სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო შენობების კედლებიდან, თბური აგრეგატების და სითბური ტრასების და სხვათა ზედაპირიდან ატმოსფეროში მოხვედრილი სითბოს რაოდენობის მინიმიზებას.

თბოსაიზოლაციო მასალების მიზნობრივი გამოყენებით შესაძლებელია 30 % და მეტი რაოდენობით საწვავ-ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვა, რაც მოითხოვს სპეციალური მაღალეფექტური თბოსაიზოლაციო მასალების გამოყენებას. თბოსაიზოლაციო მასალების ძირითადი ნაწილი წარმოდგენილია **ფოროვანი მასალებით**, რომლებიც ხასიათდებიან დაბალი სიმკვრივით (600 კგ/მ<sup>3</sup> ნაკლები) და თბოგამტარობით (არ აღემატება 0,18 ვტ/გ·კ).

თბოსაიზოლაციო მასალების გამოყენებით მიიღწევა არა მარტო სითბოს დაზოგვა, არამედ შესაძლებელი ხდება სამშენებლო კონსტრუქციების წონის შემცირებაც. ზოგადად, მათი გამოყენების სფეროების მრავალფეროვნებას განსაზღვრავს მექანიკური სიმტკიცე, მაღალი ქიმიური და ბიოლოგიური მედეგობა, დაბალი ჰიგროსკოპიულობა, ტემპერატურამედეგობა და სხვ. აღნიშნულ მახასიათებლებთან სრულ შესატყვისობას არაორგანული ბუნების ფორიანი მასალები ავლენენ, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ისეთ სამრეწველო დარგებში, როგორცაა: სამშენებლო საქმე (შემსუბუქებული კონსტრუქციები), კერამიკა (მსუბუქი ნაწარმი), აგროინდუსტრია. პერსპექტიულად მიიჩნევენ ფოროვან არაორგანულ მასალათა გამოყენებას ნავთობგადამუშავების, მედიცინის და სხვა დარგებში. არაორგანული ფოროვანი მასალების ფართო გამოყენებას, მათი უნიკალური თვისებების გარდა, განსაზღვრავს სანედლეულო ბაზა – მიღება შესაძლებელია ბუნებრივი ქანებიდან და ტექნოგენური მასალებიდან, რომლებიც სპეციფიკური ტექნოლოგიებით გადამუშავდება.

**ფოროვანი მასალების მიღება** შესაძლებელია როგორც მინის ლეწიდან (ქაფმინა), ასევე მაგმური (პერლიტები, პეზიტინები და სხვ.) და ნალექი (მაგ., თიხები, თიხაფიქალები და სხვ.) ქანების საფუძველზე. ასეთი ნედლეულის გადაყვანა ფოროვან მასალაში მოითხოვს მათ მომზადებას და შემდგომი თერმული დამუშავებით აფუებას. ამა თუ იმ ბუნებრივი ქანიდან თერმოაფუებით ფოროვანი მასალის მიღების მთავარი პირობა – ნედლეულის ქიმიურ-მინერალოგიური შედგენილობა და მათი გადამუშავება – აფუების ტექნოლოგიათა წარმართვასთან დაკავშირებული სირთულეებია. ხელოვნური ფორიანი მასალების ნაირსახეობიდან (აფუებული პერლიტი, ობსიდიანი,

<sup>210</sup>იქვე, გვ. 34.

ვერმიკულიტი და სხვ.) გამოყოფენ **კერამზიტს**, რომელიც გარკვეული შედგენილობის თიხებიდან და თიხაფიქალებიდან მიიღება. კერამზიტს მიიჩნევენ ერთერთ იაფ ნატურალურ დამატებობლად და მისი ძირითადი მომხმარებელი – სამშენებლო ბიზნესია, მაგრამ ცნობილია გამოყენების სხვა სფეროებიც (თბოსაიზოლაციო ნაკეთობანი, მებაღეობა და სხვ.). აღნიშნული მასალა ფართოდ იწარმოება და გამოიყენება მთელ მსოფლიოში, რადგან მათი მიღების სანედლეულო ბაზას ხელმისაწვდომი თიხები წარმოადგენენ.

აფუებისადმი მიდრეკილი ბუნებრივი ქანები ფართოდ არის გავრცელებული საქართველოში, მაგრამ მათგან პრაქტიკულად მხოლოდ **ფარავნის პერლიტიდან** იწარმოება აფუებული მასალები – საბათქაშე და აგრარული დანიშნულების პროდუქცია. ნაკლებადაა შესწავლილი ადგილობრივი თიხოვანი ქანების აფუების საკითხი, თუმცა, გარკვეული შედეგებია მიღებული კახეთის რეგიონში, მდ. დურუჯის ხეობაში არსებული ნატანი ქანის – **ყვარლის ფიქლის** სამრეწველო მიზნებით გამოყენების სტრატეგიასთან დაკავშირებით. საყურადღებოა ის გარემოება, რომ ფიქლის მზარდი რაოდენობა ყვარლის რაიონში მწვავე ეკოლოგიური პრობლემების მიზეზი ხდება. არსებული მონაცემებით, **ყვარლის ფიქლის** სანედლეულო ბაზად გამოყენება რეკომენდირებულია სამშენებლო საქმეში (ცემენტის კლინკერის დანამატად ან ბეტონების შემვსებლად), მინის და ქვასხმულების წარმოებაში, აფუებული მასალების მისაღებად და ა.შ.

დადგენილია, რომ თერმოაფუებით **ყვარლის ფიქლიდან** შესაძლებელია ფოროვანი მასალების მიღება. რეკომენდირებულია თერმული აფუების ორსაფეხურიანი რეჟიმი (პირველი საფეხური – 700-800 °C, მეორე საფეხური – 1200-1250 °C), რომელიც უზრუნველყოფს ისეთი ფოროვანი მასალების მიღებას, რომლებიც ხასიათდებიან დაბალი მოცულობითი სიმკვრივით (350-600 კგ/მ<sup>3</sup>), მაღალი მექანიკური სიმტკიცით კუმშვაზე (15 მპა-მდე) და წყალმედევობით (კგარბ.  $\geq 0,75$ ) ხასიათდებიან. შემუშავდა ყვარლის ფიქლიდან ფოროვანი მასალის მიღების ტექნოლოგიური სქემა, რომელშიც გამოირიცხა 5 მმ-ზე ნაკლები ფრაქციულობის ბუნებრივი ყვარლის ფიქლის მარცვლების მონაწილეობა და აღნიშნულის მიზეზად მიჩნეულია მათი მონაწილეობით აფუების პროცესის სრულყოფილად ჩატარების შესაძლებლობა.

**ყვარლის ფიქლის** წვრილმარცვლოვანი ფრაქციებიდან (ორგანული ბუნების დანამატის გამოყენებით) მიღებულია ქვიშის და ხრემის **გრანულომეტრული ფოროვანი მასალები**, რომლებიც ხასიათდებიან დაბალი მოცულობითი სიმკვრივით (400-600 კგ/მ<sup>3</sup>), დასაშვები წყალშთანთქმით (9- 24 %), მაღალი წყალმედევობით (გარბილების კოეფიციენტი  $>0,7$ ) და კარგი მექანიკური სიმტკიცით (5-13 მპა). დადგინდა, რომ ყვარლის ფიქლის აფუებით მიიღება ისეთი მასალები, რომელთა ჭკმმარიტი ფორიანობა 75-77 %-ს, ხოლო დახურული ფორების რაოდენობა 69-71 %-ს შეადგენს.

**ყვარლის ფიქლის** არსებობის და რეგიონის ეკოსისტემაზე მისი პრობლემატური გავლენის თაობაზე დიდი ხანია ცნობილია. პრობლემის ძირითადი არსი იმაშია, რომ ყოველწლიურად მდ. დურუჯის კალაპოტში ათასობით ტონა ნაშალი ფიქალი გროვდება

და შეიძლება ითქვას, რომ პრაქტიკულად ადგილი აქვს ტექნოგენური ნედლეულის მძლავრი მარაგების არსებობას.

**ყვარლის ფიქალი** წარმოადგენს **ალუმინსილიკატურ მასალას**, რომელშიც იკვეთება რკინის - მაღალი, ხოლო ტუტე - და ტუტემიწა ოქსიდთა დაბალი შემცველობა. თვით საკვლევი მასალის პეტროგრაფიული და რენტგენოგრაფიული ანალიზით შესწავლით დადგინდა, რომ ყვარლის ფიქალში წარმოდგენილია მრავალი სახის მინერალები (კვარცი, მინდვრის შპატები, მუსკოვიტი, თიხოვანი მინერალები, ქლორიტები და სხვ.), რომელთა ერთობამ გადაწყვიტა ყვარლის ფიქლის მიკუთვნება თიხიან ფიქალთა ნაირსახეობათა რიცხვში.

თერმული ანალიზის და რენტგენოგრაფიული კვლევის შედეგების შეჯერებით გამოთქმულია მოსაზრება იმის თაობაზე, რომ ყვარლის ფიქლის თერმული დამუშავება მნიშვნელოვნად ცვლის საკვლევი მასალის მინერალოგიურ შედგენილობას. **ყვარლის ფიქლის** მრავალმხრივი შესწავლის საფუძველზე დადგინდა ამ მასალის სამრწევლო სილიკატურ ისეთ სფეროებში გამოყენების შესაძლებლობა<sup>211</sup>, როგორცაა:

- მინის წარმოება (მარბლიტის ტიპის მინების ხარშვა მხოლოდ ყვარლის ფიქლის მონოკაზმიდან ან ფიქლის დამხმარე ნედლეულად გამოყენება მინის ტარის წარმოებაში);
- მომინანქრება (ფუძე და დამფარავი მინანქრების წარმოებაში);
- დაბალტემპერატურული გამოწვის კერამიკული ნაწარმის მისაღებად (მათ შორის სამშენებლო დანიშნულების შეცხოვლილი ნაწარმის);
- ცემენტის წარმოებაში (როგორც საწისქვილო დანამატი კლინკერის დაფქვისას, ასევე რკინაშემცველი ნედლეული კლინკერის მიღების პროცესში);
- დადასტურებულია მოსაზრება ყვარლის ფიქლის მაღალტემპერატურული აფუების საკითხთან დაკავშირებით.

საქართველოში არსებული ფიქალის მარაგების გამოყენება არ ხდება. განსაკუთრებით საყურადღებოა **ყვარლის ფიქლის**<sup>212</sup> გამოყენების შესაძლებლობა ცემენტების და ბეტონების მიღების საქმეში.

**კერამიტი**ს მიღების ტექნოლოგიათა ანალიზით შესაძლებლადაა მიჩნეული და რეკომენდირებულია ფოროვანი მასალის მიღება „**წვრილმარცვლოვანი ფიქალი – ქვანახშირის წვრილმანი**“ ნარევიდან (4 მას. % ნახშირის დამატებით), ხოლო პროცესის

<sup>211</sup> Мирианашвили А. Д., Койвунен Л. Т., Схвитаридзе Р. Е., Николеишвили Т. Г., Рухадзе Д. Р., Саруханашвили А. В., Чеишвили Т. Ш., Физико-химическое исследование Кварельского сланца с целью широкого применения в силикатной промышленности. Журнал "Керамика", 2(6), 2001, с. 17-20.

<sup>212</sup> ა). გაბუნია ლ., ქამუშაძე ი., შაფაქიძე ე., გეჯაძე ი. აფუებული მასალების მიღება ადგილობრივი მაგმური ქანების გამოყენებით. კერამიკა, 2(25), 2011, გვ. 3-5. ბ). ჯავაშვილი ზ., ჭიშვილი თ., ფოროვანი არაორგანული მასალების მიღების და გამოყენების პერსპექტივა საქართველოში. ჟურნალი „ინტელექტუალი“, №28, 2005, გვ. 112-116.

გ). სხვიტარიძე რ., შაფაქიძე ე., გიორგაძე ი., ვერულავა შ., თიხაფიქალშემცველი ნატანით - ყვარლის წალეკვის ეკორისკის, ხოლო მაღალტემპერატურული საშენი მასალების წარმოებით სიღარიბის შემცირების ხელშეწყობა, კალაპოტიდან ნატანის ამოწმენდა-გატანა-უტილიზაციის ინოვაციური ტექნოლოგიები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“, №3(38), 2015, გვ. 26-31. დ). გაბუნია ლ., შაფაქიძე ე., მაღალაშვილი გ., გეჯაძე ი., მდ. დურუჯის თიხაფიქლების შესწავლა სახალხო მეურნეობის სხვადასხვა დარგში გამოყენების მიზნით. ემნი-ს საიუბილეო შრომათა კრებული. თბილისი, 2009, გვ. 399-401.

ჩატარება ერთსაფეხურიანი თერმული დამუშავების რეჟიმით (მაქსიმალური ტემპერატურა  $1230 \pm 20$  °C, დაყოვნება 10-15 წთ).

თიხაფიქალის მრავალმხრივი შესწავლა მიმდინარეობს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტის ფარგლებში შესრულებულ სამუშაოებში, რომელთა ძირითადი შედეგები წარმოდგენილი შრომებში შემდეგი შედეგებით შეიძლება დავახასიათოთ:

- თერმული დამუშავებით შესაძლებელია **ყვარლის ფიქლის<sup>213</sup>** მაღალტემპერატურული აფუება, რომლის ინტენსივობის პიკი  $900$  °C-და იწყება;
- **ყვარლის ფიქლის<sup>214</sup>** აფუებას განაპირობებს მასში წარმოდგენილი რკინაშემცველი მინერალების ტემპერატურული გარდაქმნა და ასევე, ტემპერატურის ზეგავლენით გამოწვეული, მინერალებიდან სტრუქტურული წყლის გამოყოფა;
- განისაზღვრა ყვარლის ფიქლის აფუებაზე თერმოდამუშავების პარამეტრების გავლენა და დადგინდა ოპტიმალური პარამეტრები: ტემპერატურა  $1150-1250$  °C, ხანგრძლივობა 10-12 წთ;
- დადგინდა, რომ ფიქლის აფუების მაღალი დონე მიიღწევა ორსაფეხურიანი თერმული რეჟიმის გამოყენების შემთხვევაში;
- დადგინდა, რომ ფიქლის რეჟიმის მაღალი დონე მიიღწევა ორსაფეხურიანი თერმული რეჟიმის გამოყენების შემთხვევაში;
- დადგინდა, რომ აფუებული ყვარლის ფიქალისათვის დამახასიათებელია დაახლოებით 80 %-იანი ჭეშმარიტი ფორიანი, ხოლო მისი სტრუქტურა დახურულფორებიანი;
- ფოროვანი მასალების ზღვრული სიმტკიცე კუმშვაზე (2,4-15,4 მპა) და მათი წყალ-შთანთქმის უნარი (5-100 %) დამოკიდებულია მასალის გრანულომეტრიაზე და ამავე დროს, ყველა ფრაქციულობის აფუებული ფიქალი მაღალი წყალმედეგობით ხასიათდება (გარბილების კოეფიციენტი 0,7-ზე მეტია).

### **ფორიანი მასალები აფუებული თიხების და თიხაფიქლების საფუძველზე**

თიხებისა და თიხაფიქლების თერმული დამუშავებით მიიღება აფუებული მასალა - **კერამიტი**. კერამიტი წარმოადგენს უჯრედოვანი აგებულების ფორიან მსუბუქ მასალას, რომელიც მიიღება ადვილადდნობადი თიხოვანი ქანების სწრაფი გამოწვით,

---

<sup>213</sup>ა). ჭიჭილი თ., ჯავაშვილი ზ., ყვარლის ფიქლის საფუძველზე ფოროვანი მასალების მიღების შესაძლებლობების შესწავლა. კერამიკა №2(38), 2014, გვ. 49-52. ბ). ჯავაშვილი ზ., ჭიჭილი თ., ადგილობრივი ბუნებრივი ქანების გამოყენებით ფოროვანი მასალების მიღება და შესწავლა. სტუ-ს შრომები, №4(498), 2015, გვ. 37-41. გ). ჭიჭილი თ., ჯავაშვილი ზ., აფუებული თიხაფიქალი, მისი მახასიათებელი თვისებები და გამოყენების პერსპექტივები. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული კონფერენცია „თანამედროვე საინჟინრო ტექნოლოგიები და გარემოს დაცვა“. შრომების კრებული, ნაწ., 1. ქუთაისი, 2016, გვ. 130-132.

<sup>214</sup>ა). ჩეიშვილი თ. შ., ჯავაშვილი ზ. გ., მანიძე ნ. შ., Пористые материалы на основе местных глинистых сланцев, Химический Журнал Грузии, т. 16, №1, 2016, с. 213-216. ბ). ჭიჭილი თ., ომანიძე ნ. ყვარლის ფიქლის წვრილ მარცვლოვანი ფრაქციების აფუების პროცესის შესწავლა. ჟურნალი „კერამიკა და მოწინავე ტექნოლოგიები“, ტ. 19, 2(38), 2017, გვ. 73-77. გ). ომანიძე ნ., ჭიჭილი თ. წვრილმარცვლოვანი თიხაფიქალის აფუების ხარისხისა და მახასიათებელი თვისებების ურთიერთდამოკიდებულების საკითხისადმი. საქართველოს ქიმიური ჟურნალი, ტ. 17, №1, 2017, გვ. 189-195.

რაც მათთვის დადგენილ ე. წ. აფუების ტემპერატურაზე განხორციელდება: კერამზიტი, წვრილნატეხოვანი მასალის სახით, ძირითადად თბოსაიზოლაციო (მათ შორის საცალო ნაკეთობის ან ნაყარის სახით), კონსტრუქციულ-თბოსაიზოლაციო და კონსტრუქციული მსუბუქი ბეტონების შემსვსებლად გამოიყენება.

**კერამზიტული შემსვსებელი** იწარმოება და გამოიყენება ხრემის ან ღორღის სახით, რომელთაგან ღორღი წარმოდგენილია ოვალური ფორმის და ზედაპირზე თხელი ქერქის მქონე მარცვლებით, ხოლო ღორღი - მასალის მსხვილი ნატეხების მსხვრევით მიიღება. ეს უკანასკნელი, სიმტკიცის მაჩვენებლებით, ადგილს უთმობს **კერამზიტულ ხრემს**. მათ გარდა ცნობილია სხვა ასორტიმენტიც - მომხმარებელს მიეწოდება **კერამზიტის ქვიშა**, კერამზიტის ქვიშა - ღორღის ნარევი ან შერეული ხრემია.

ცნობილია, რომ **კერამზიტის**<sup>215</sup> დაწნეხაზე სიმტკიცე (მისი მარკიანობიდან გამომდინარე) 6-30 კგ/სმ<sup>2</sup> (0,6-3 მპა) ნაკლები არ უნდა იყოს. მასალაში დახურული ფორების რაოდენობა 60-დან 90 %-მდე ზღვრებში უნდა მერყეობდეს, ხოლო ყინვამედეგობაზე გამოცდისას - კერამზიტული ხრემი უნდა კარგავდეს წონის არაუმეტეს 10 %-ს.ძირითადი მოთხოვნა, რომელსაც უნდა პასუხობდეს **კერამზიტის მისაღები ნედლეული**, არის მისი აფუების უნარი 1050-დან 1250 °C-მდე ტემპერატურულ ინტერვალში და აფუების შედეგად მიღებულ მასალას უნდა ჰქონდეს უჯრედოვანი აღნაგობა და ამასთან თანაბარზომიერად განაწილებული ფორებით.

გარდა აღნიშნულისა, კერამზიტის მისაღები თიხები უნდა გამოირჩეოდეს წმინდადისპერსული სტრუქტურით და დაბალი დაქვიშიანებით - არაუმეტეს 26 %-ისა, მათში წმინდა ნაწილაკების (0,005 მმ-მდე) რაოდენობა 20%-ზე ნაკლები არ უნდა იყოს; გარბილების ინტეგრალი 50 0C-ზე ნაკლები, ხოლო ცეცხლგამძლეობა 1350 °C-ზე მეტი არ უნდა იყოს; კონკრეციების სახით 6 %-ზე მეტი ოდენობით არ უნდა შეიცავდნენ კარბონატულ ქანებს, ხოლო დანაკარგები ვარვარებისას 6-10 %-ის ზღვრებში უნდა იყოს.

გამოწვის დროს თიხოვან მასალაში მიმდინარეობს რთული ფიზიკურ-ქიმიური პროცესები: დეჰიდრატაცია, ორგანული მინარევების ამოწვა, დისოციაცია, თიხის კომპონენტებს შორის ურთიერთმოქმედება, ჟანგვა-აღდგენის რეაქციები და სხვ., რომლებიც განაპირობებენ აირგამოყოფას, ნაღობის წარმოქმნას და, საბოლოოდ, მასალის გარბილებას. სწრაფი გამოწვის დროს, ტემპერატურული ინტერვალები, რომლებშიც ეს პროცესები მიმდინარეობს, ერთმანეთს უახლოვდებიან. აღნიშნული საშუალებას იძლევა შევათავსოთ აირის წარმოქმნისა და მასალის გარბილების პროცესები იმ გარკვეული სიბლანტის მიღწევით, რომლის დროსაც თიხა აფუვდება. ამასთან, დიდი მნიშვნელობა აქვს იმას, რომ ინტენსიური აირგამოყოფის მომენტში მასალა შეცხვეს და ფორები დაიხუროს, წინააღმდეგ შემთხვევაში აირები ადვილად გამოიყოფა და მასალა არ აფუვდება. მიმდინარე რეაქციებიდან დიდი მნიშვნელობა აქვს რკინის ჟანგეულების ურთიერთმოქმედებას თიხების ორგანული მინარევების

<sup>215</sup>ფორიანი მასალების მიღება წვრილმარცვლოვანი თიხაფიქალის და ტექნოგენური ორგანული დანამატების საფუძველზე. ნატალია ომანიძე; დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია. 2018. გვ. 35.

ნახშირბადთან და მათი არასრული წვის პროდუქტებთან. რეაქციების შედეგად წარმოიქმნება აირადი პროდუქტები და რკინის ქვეჟანგი. რკინის ქვეჟანგი სხვა მინარევებთან ქმნის ადვილლლობად ევტექტიკებს, რომელთა შედეგადაც მიიღება ლობილი, ეცემა მასალის სიბლანტე, წარმოიქმნება დახურული ფორები, რომლებიც ფართოვდებიან მათში არსებული აირადი პროდუქტების წნევით.

საშენი მასალების დარგი მთელ რიგ არაორგანულ და ორგანულ მასალებს მოიხმარს, რომლებიც შენობების, ინფრასტრუქტურის და საწარმოო ობიექტების მშენებლობისთვის გამოიყენება.

საშენი მასალები ორ ჯგუფად - საცხოვრებელი და არასაცხოვრებელი (კომერციული/ინსტიტუციური) ობიექტების ასაშენებელ მასალებად იყოფა.

საშენი მასალების სამშენებლო ინფრასტრუქტურა მოიცავს მსხვილ საზოგადოებრივ ობიექტებს, ჯებირებს, ხიდებს, მაგისტრალებს, წყალმომარაგების/წყალარინების სისტემებს და სხვა კომუნალურ ნაგებობებს.

მშენებლობა წარმოებისგან იმით განსხვავდება, რომ ეს უკანასკნელი, როგორც წესი, გულისხმობს ერთგვარი ნაკეთობების მასიურ გამოშვებას კონკრეტული მყიდველის არარსებობის პირობებში, მშენებლობა კი ჩვეულებრივ ხორციელდება განსაზღვრულ ადგილას და განსაზღვრული კლიენტისთვის.

საშენი მასალების წარმოების დარგი მოიცავს შემდეგი პროდუქტების პროდუქციას<sup>216</sup>:

- ბიტუმის პროდუქტები
- ცემენტის მასალები
- აგური, თიხა და კერამიკული ნაკეთობები
- თბოსაიზოლაციო მასალები
- საშენი ქვა
- მერქანი, მერქნის ნაწარმი
- ლითონის კონსტრუქციები და ნაწარმი
- პლასტიკი და რეზინი
- საღებავები და ლაქები
- მინა<sup>217</sup>

გარემოზე ზემოქმედება საშენი მასალები გარემოზე ზემოქმედებას ახდენს სხვადასხვა გზით, სხვადასხვა დროს და მთელი საარსებო ციკლის განმავლობაში. საშენი მასალების წარმოების ზემოქმედების ძირითადი სახეობები მოიცავს შემდეგს:

<sup>216</sup>რესურსეფექტური და სუფთა წარმოების ცნობარი \_ საშენი მასალების დარგი. 2017. გვ.7.

<sup>217</sup>Duygu Ege, Kai Zheng, and Aldo R. Boccaccini. **Borate Bioactive Glasses (BBG): Bone Regeneration, Wound Healing Applications, and Future Directions. Cite this: ACS Appl. Bio Mater.** 2022, 5, 8, 3608–3622 Publication Date: July 11, 2022. <https://doi.org/10.1021/acsabm.2c00384> Copyright © 2022 The Authors. Published by American Chemical Society.

**ასალების გამოყენება:** გარემოზე მნიშვნელოვან ზემოქმედებას ახდენს რესურსების მოპოვება, მაგალითად, კირქვის მოპოვების კარიერები. სამშენებლო დარგი ბევრ ქვეყანაში მასალების ერთ-ერთი მსხვილი მომხმარებელია. ყველაზე გავრცელებული საშენი მასალებია - ღორღი, ხრეში, ქვიშა, ცემენტი, ცემენტბეტონი, ასფალტბეტონი, მერქნის ნაწარმი, თიხის აგური, კერამიტი, თაბაშირ-მუყაო, სახურავი მასალები, ფოლადი, ალუმინი, პლასტიკი, ქაღალდი, საღებავები, ლაქები, წებოები და აგრეთვე მრავალი ქიმიური პროდუქტი. ბუნებრივი შემავსებლები (ღორღი, ხრეში, ქვიშა), რომლებიც ბეტონის ძირითად ნაწილს შეადგენს პორტლანდცემენტსა და ასფალტბეტონში, დიდი მოცულობით გამოიყენება. ბოლო წლებში ბუნებრივი შემავსებლები შეიცვალა ნახშირის ნამწვი პროდუქტებით (მაგალითად, სხვადასხვა სახის ნაცარი, წიდა), ბრძმედის წიდითა და საყალიბო ქვიშით.

**წყლის მოხმარება:** სხვადასხვა ტიპის საშენი მასალის წარმოებას შეიძლება დიდი მოცულობის მტკნარი წყალი დასჭირდეს. ასე, მაგალითად, წყალი გამოიყენება ნედლეულის გარეცხვისთვის (მაგალითად, ცემენტის წარმოებისას), ტექნოლოგიური აბაზანებისთვის (ლითონის ნაწარმის და ქიმიური მასალების წარმოება), გაგრილებისთვის (მაგალითად, აღჭურვილობის) და პროდუქციის მომზადებისთვის (მაგალითად, ბეტონის ნარევის).

**ჩამდინარი წყლების გადაღრა:** ლითონის სამშენებლო ნაკეთობების და ქიმიური მასალების წარმოებამ შეიძლება გამოიწვიოს დიდი რაოდენობით თხევადი ნარჩენების წარმოქმნა, რომლებიც ხასიათდება სპეციფიური დამაბინძურებელი ნივთიერებების შემცველობით (მაგალითად, მძიმე ლითონების შემცველობით, **ჟანგბადის ქიმიური მოხმარების (ჟქმ)** და pH-ის მომატებული მაჩვენებლებით).

**ენერჯის მოხმარება:** საშენი მასალების წარმოებისას წიაღისეული სათბობის მნიშვნელოვანი მოცულობები ენერგოტევადი პროცესების დროს იხარჯება (როგორცაა გათბობა, ხეხვა, ჭრა, ტრანსპორტირება). ელექტროენერჯია გამოიყენება აღჭურვილობის, ვენტილაციის მუშაობისთვის, განათებისთვის და შეკუმშული ჰაერის წარმოებისთვის. წარმოების, გადამუშავების და განმეორებითი გამოყენების პროცესში ენერჯის მოხმარების მოცულობები სამშენებლო მრეწველობაში სულ უფრო დიდ მნიშვნელობას იძენს. სათბურის აირები: ენერჯის მოხმარების შედეგად სათბურის აირების გამოყოფა ხდება წარმოების, გამოყენების, ტრანსპორტირების და უტილიზაციის პროცესის ყველა სტადიაზე. ცემენტის წარმოება ნახშირორჟანგის აირის ერთ-ერთი ძირითადი სამრეწველო მწარმოებელია.

**მყარი ნარჩენები:** არაორგანული თანმდევი პროდუქტები და ნარჩენები (მაგალითად, არაკონდიციური რკინაბეტონის ნაწარმი, წიდა, ნაცარი), რომელიც საშენი მასალების წარმოების პროცესში წარმოიქმნება, ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას წარმოადგენს, მაგრამ, ამავ დროს, ამ რესურსების განმეორებითი გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა.

**ხმაური:** საშენი მასალების წარმოებისას, ზოგიერთ პროცესს (როგორცაა ხეხვა და ტრანსპორტირება) მნიშვნელოვანი დონის ხმაურის წარმოქმნა შეუძლია. გარდა ამისა,

ხმაური შეიძლება გაჩნდეს საშენი მასალების (მაგალითად, ბეტონის, ლითონის კონსტრუქციების) მომზადების, ჭრის და წარმოების ადგილზე.

**სახიფათო ნარჩენები:** როგორცაა გადამუშავებული ზეთები, სხვადასხვა მექანიზმებით წარმოებული ნავთობის შლამი, ქიმიური და ლაბორატორიული ნარჩენები, გამაგრებელი საშუალებები და ბატარეები. **პოტენციური პრობლემები:** ზოგიერთი პრობლემების მაგალითები, რომელთაც საშენი მასალების წარმოების დარგში მაღალი დანახარჯების და რესურსების არაეფექტური გამოყენების გამოწვევა შეუძლია, მითითებულია ქვემოთ:

#### **მასალები და ნარჩენები:**

- რეგიონში ნედლეულის მიუწვდომლობა
- მასალების დანაკარგები ტრანსპორტირების, დატვირთვის, შენახვის, წარმოების დროს
- დიდი მოცულობის არაორგანული ნარჩენების წარმოქმნა
- ნედლეულის ხარისხის შემცირება ენერჯია

#### **ენერჯია:**

- წიაღისეულ სათბობსა და ელექტროენერჯიაზე ფასების მომატება
- გათბობის და გაგრილების დაძველებული აღჭურვილობა
- შეკუმშული ჰაერის გაჟონვა დაზიანებული პნევმატური სადენებიდან
- თბოიზოლაციის არარსებობა საწარმოო სათავსებში
- ენერჯიის დაკარგვა მილსადენების არაეფექტური თბოიზოლაციის გამო
- სითბოს არაოპტიმალური განაწილება
- სითბოსა და ელექტროენერჯიის ხარჯის კონტროლისთვის აღჭურვილობის არარსებობა

#### **წყალი:**

- წყლის გადახარჯვა ტექნოლოგიურ პროცესებში
- წყალმომარაგებასა და წყალარინებაზე ფასების ზრდა
- წყლის მნიშვნელოვანი დანაკარგები მილების გაჟონვის ან დაზიანების გამო
- გრუნტის/ზედაპირული წყლების დაბინძურება და, შესაბამისად, ტექნოლოგიური წყლის ხარისხის გაუარესება
- წყლის მრიცხველების არარსებობა და არცოდნა იმისა, თუ რა მოცულობის წყალს იყენებს და კარგავს ორგანიზაცია.

### **რესურსეფექტური და სუფთა წარმოება (რესწ)**

#### **შესავალი რესწ-ში**



რესურსეფექტური და სუფთა წარმოება (რესწ) გამიზნულია საწარმოო საქმიანობის ეფექტურობის ამაღლებაზე კომპლექსური ღონისძიებების ჩატარების გზით, რაც ეკონომიკური, ეკოლოგიური და სოციალური სარგებლის მიღების საშუალებას იძლევა. ეს ღონისძიებები უნდა იყოს ეკონომიკურად მიზანშეწონილი და არ უნდა იწვევდეს პროდუქციის ხარისხის გაუარესებას.

## რესწ-ის ხერხები

რესწ აქცენტს ბუნებრივი რესურსების (მასალები, ენერჯია, წყალი) უფრო ეფექტურ გამოყენებაზე და ნარჩენებისა და ამონაფრქვევების წარმოქმნის შემცირებაზე აკეთებს. როგორც წესი, ეს ხუთი სტრატეგიის სხვადასხვა კომბინაციის გზით მიიღწევა:

**1. პროდუქციის მოდიფიკაცია:** უნდა შეიცვალოს პროდუქციის მახასიათებლები, მაგალითად, მისი შემადგენლობა და ფორმა. ამ გზით შესაძლებელია ახალი პროდუქციის ვარგისიანობის ვადის გაგრძელება, მისი შეკეთების გამარტივება ან პროდუქციის წარმოებისას გარემოს დაბინძურების ხარისხის შემცირება. პროდუქციის შეფუთვის შეცვლა, როგორც წესი, ასევე განიხილება როგორც პროდუქციის მოდიფიკაცია.

**2. შემაჯავლი რესურსების შეცვლა:** ვარგისიანობის დიდი ვადის მქონე ეკოლოგიურად სუფთა ნედლეულის და დამხმარე რესურსების (მაგალითად, საპოხი მასალების და მაცივებელი სითხეების) გამოყენება.

**3. ტექნოლოგიური ცვლილებები:** მაგალითად, ავტომატიზაციის დონის გაზრდა და წარმოების პროცესების ოპტიმიზაცია, აღჭურვილობის მოდერნიზაცია და პროცესის შეცვლა.

**4. მეურნეობის მართვის მეთოდების გაუმჯობესება:** განსაზღვრული ცვლილებები საწარმოო ოპერაციების შესრულების წესსა და პროცესების მართვის სისტემაში ნარჩენების და ამონაფრქვევების წარმოქმნის თავიდან აცილების საშუალებას იძლევა. მაგალითად, ნაპირებიდან გადმოსვლის თავიდან აცილება, პერსონალის სწავლება და მომზადება წარმოებაში.

**5. განმეორებითი გამოყენება:** ნარჩენების სასარგებლო ან განმეორებითი გამოყენება იმავე საწარმოში, სადაც ისინი წარმოიქმნა და, ასევე, სხვა საწარმოებში გადამუშავება.

## რესურსეფექტურობის ამაღლების შესაძლებლობების მოძიება

საწარმოში რესურსების ეფექტურად გამოყენების საშუალებათა გამოვლენა სხვადასხვა მეთოდით შეიძლება, მათ შორის, საწარმოს მუშაკთა მიერ დამოუკიდებელი შეფასების ჩატარებით - ანკეტირებით, საწარმოში დამოუკიდებელი რესწ ექსპერტების მეშვეობით, საწარმოს თანამშრომელთა შორის ანალიტიკური დისკუსიების გამართვით, ასევე, სხვა ორგანიზაციათა საუკეთესო პრაქტიკის შესწავლით.

## პრობლემის გადაჭრა ყოველთვის შეიძლება სამი მარტივი საკითხის განხილვით:

- კონკრეტულად სად შეინიშნება რესურსების არაეფექტური გამოყენება?
- მაგალითი: მასალების დანაკარგი დატვირთვისა და ჩამოტვირთვის დროს
- რატომ ხდება მასალების არაეფექტური გამოყენება?
- მაგალითი: დატვირთვისა და ჩამოტვირთვის სათანადო პროცედურების არარსებობა
- როგორ შეიძლება ვებრძოლოთ არაეფექტურობას? მაგალითი: დატვირთვისა და ჩამოტვირთვის პროცედურების გაუმჯობესება, ასევე, თანამშრომელთა სწავლება.

**რესწ** ინსტიტუციას შეუძლია დახმარება გაუწიოს რესურსების გამოყენების გაუმჯობესებითა და ეფექტურობის გაზრდით დაინტერესებულ საწარმოებს, მიაწოდოს მათ დეტალური ინფორმაცია, ტექნიკური მხარდაჭერა და ინსტრუმენტები, მაგალითად, სამუშაო ცხრილები, კალკულატორები, ანგარიშები წარმატებული ღონისძიებების შესახებ, ასევე, დაეხმაროს მათ „სუსტი“ და პრობლემური ადგილების გამოვლენაში არსებული ინსტრუმენტებით პირდაპირი გაზომვების მეშვეობით.

## ზოგადი რესწ-რეკომენდაციები საშენი მასალების წარმოების დარგისთვის

ანკეტები ორგანიზაციების მიერ (საშენი მასალების მწარმოებლების ჩათვლით) რესურსების გამოყენების ეფექტურობის ამაღლებისა და ხარჯების შემცირების მიზნით დამოუკიდებელი შეფასების ჩასატარებლად. ანკეტები მოიცავს შემდეგ თემებს:

- მეურნეობის მართვის სათანადო მეთოდები;
- მასალების გამოყენების შემცირება და ნარჩენების წარმოქმნის შემცირება;
- ენერგეტიკული რესურსების დაზოგვა;
- წყლის რესურსების დაზოგვა და სანიაღვრე წყლების წარმოქმნის შემცირება.

საგზაო საფარის წარმოება მასალების ტიპები და გზების მშენებლობის მეთოდები გზების მშენებლობისას<sup>218</sup> გამოიყენება შემდეგი ძირითადი მასალები:

- **ასფალტბეტონის ნარევი** – რაციონალურად შერჩეული მინერალური მასალების (ღორღი (ხრეში), ქვიშა, მინერალური ფხვნილი) ნარევი შემკვრელთან (ბიტუმი), გარკვეული თანაფარდობით აღებული და გახურებულ მდგომარეობაში შერეული. ამ მასალებს შეიძლება დაემატოს დანამატები, რომლებიც მოქმედებს ასფალტბეტონის მახასიათებლებზე. მაგალითად, ადგეზიური მისართები, მოდიფიკატორები და ბოჭკოები.

<sup>218</sup>წყაროს ინტერნეტმისამართი: <https://globalroadtechnology.com/road-construction/> და [https://en.wikipedia.org/wiki/Road\\_surface](https://en.wikipedia.org/wiki/Road_surface)

- **ასფალტბეტონი** – შემკვრივებული ასფალტბეტონის ნარევი.

- **საგზაო ბეტონი** – სპეციალური ბეტონია, რომელიც გაჭიმვაზე ღუნვისას მაღალი სიმტკიცით და ყინვაგანძლეობით ხასიათდება, განკუთვნილია საავტომობილო გზების, აეროდრომების საფარის და ფუძე-სადირკვლების, სახიდე ვაკისის კონსტრუქციების დამატებითი ელემენტების და დეფორმაციული ნაკერების მშენებლობისთვის. არსებობს ბეტონის გზის საფარის სამი ძირითადი ტიპი: საფარი ბეტონის არაარმირებული ფილებისგან (JPCP), საფარი ბეტონის არმირებული ფილებისგან (JRCP) და უწყვეტად არმირებული საფარი (CRCP).

საფარის მითითებული ტიპები არმატურის დაგების ტექნოლოგიით განსხვავდება, რომელიც ბზარების გაჩენის პროფილაქტიკისთვის გამოიყენება. ბეტონი უფრო მტკიცე და მაგარი საფარია, ვიდრე ასფალტბეტონი, მაგრამ მოითხოვს დიდ ხარჯებს მშენებლობის, რემონტის და შენახვის დროს.

- **კომპოზიტური მასალები (გრანულატები):** გრანულატები ხშირად გამოიყენება საავტომობილო გზების საფარის მოწყობის, რემონტის და აღდგენისთვის. გრანულატების ნარევი წარმოადგენს ასფალტგრანულატის, ცემენტგრანულატის კომბინაციას ორგანული ან მინერალური შემკვრელების გამოყენებით. ეს ნარევი, როგორც წესი, მომზადებულ ფუძეზე ან გზის საფარის დაზიანებულ მონაკვეთზე იგება.

- **გადამუშავებული მასალები:** არსებობს უსწორმასწორო ან დაზიანებული გზის საფარის ზედაპირის აღდგენის სამი ძირითადი ტექნოლოგია. ფრეზვა – გზის საფარის ზედა დაზიანებული ფენების დაქუცმაცება, წარმოქმნილი ზედაპირის შეგრუნტვა ორგანული შემკვრელებით და ასფალტბეტონის ახალი ფენის დაგება. ცივი რეგენერაცია მდგომარეობს არსებული საფარის დაქუცმაცებაში ცივი ფრეზვის მეშვეობით და წარმოქმნილ ასფალტგრანულატში საჭირო დანამატების შეტანით, როგორცაა: ინერტული მასალები, აგრეთვე შემკვრელები ცემენტის და ბიტუმის ემულსიის შემადგენლობაში. კომპონენტების შემდგომი შერევა ხდება გახურების გარეშე ერთგვაროვანი ნარევის მიღებამდე მისი შემდგომი განაწილებით და გამკვრივებით. ღრმა რეგენერაცია მოიცავს გზის სამოსის ყველა ფენის ფრეზვასა და დაქუცმაცებას, წარმოქმნილ ასფალტგრანულატში ორგანული და მინერალური შემკვრელების დამატებით. შემდგომში ხდება კომპონენტების შერევა გახურებულ მდგომარეობაში და მზა ცხელი ნარევი საავტომობილო გზის მომზადებულ ფუძეზე იგება.

- **ბიტუმები:** ჩვეულებრივი ბიტუმები (არამოდიფიცირებული პოლიმერებით) დაბალი ინტენსივობის მოძრაობის და სატრანსპორტო საშუალებების მცირე ღერძული დატვირთვის საავტომობილო გზების მოწყობისთვის გამოიყენება. გზის საფარზე შეიძლება დატანილი იქნას ზედაპირული დამუშავების ფენა ბიტუმის ემულსიის და ღორღის წვრილი ფრაქციების გამოყენებით, რომელიც იცავს გზის საფარს წვიმის ან თოვლის დნობის შედეგად ტენის შეღწევისგან, აგრეთვე ხელს უწყობს სიმტკიცის ზრდას და წლის განმავლობაში მის შენარჩუნებას.

- **ხრემის საფარი:** დიდი ზომის (40 მმ-მდე) ქვის მასალები (ღორღი, ხრემი) წინასწარ მომზადებულ გზის სამოსზე ნაწილდება, შემდეგ ნაწილდება მცირე ზომის ქვის

მასალები და ხდება ფენების დატკეპნა (გამკვრივება) (მასალის გაჭედვა), სანამ გზის ზედაპირი საჭირო პარამეტრებამდე არ გამკვრივდება. გადაწყვეტილება ხრემის გზის შემდგომი ასფალტირების შესახებ ხშირად მიიღება მოძრაობის ინტენსივობის მაჩვენებლების საფუძველზე.

**გზების მშენებლობის ტიპების და მეთოდების კლასიფიკაცია შესაძლებელია შემდეგნაირად<sup>219</sup>:**

- **გრუნტის და ხრემის გზები**, როგორც წესი, სოფლების ან პატარა ქალაქების ფარგლებს გარეთ იგება. გამოიყენება ასევე როგორც დროებითი გზები სამუშაოების ჩატარების ადგილებამდე (ტყის კაფვა, მშენებლობა და ა.შ.) მისასვლელად. ამგვარი გზები, როგორც წესი, იგება ფუძის სპეციალური მომზადების გარეშე.

**გზები სტაბილიზებული გრუნტით** შენდება ისე, როგორც ხრემის გზები, მაგრამ ხდება გზის საფარის ფუძის გამკვრივება, რათა გაიზარდოს მისი ზიდვის უნარი (კალიფორნიის რიცხვი) და დიდი დატვირთვისთვის შესაფერი გახდეს. გრუნტის ზიდვის უნარის - გრუნტის ფუძეების და საბაზო ფუძის მექანიკური სიმტკიცის შეფასების საშუალებას იძლევა.

- **გზები გამაგრებული ღორღის საფარით შემდეგი სქემით შენდება:**

- გზის სამოსის ფუძის მომზადება;
- გზის სამოსის საფარის მომზადება;
- შემკვრელი ნივთიერების განაწილება;
- ქვის შემავსებლის დაგება;
- პირველი ფენის შემკვრივება;
- შემკვრელი ნივთიერების განაწილება და ქვის მასალის დაგება მეორე ფენისთვის;
- მეორე ფენის შემკვრივება.

- **გზები ასფალტბეტონის საფარით ჩვეულებრივ შემდეგი სქემით შენდება:**

- ფუძის მომზადება;
- მსხვილი შემავსებლის დაგება და მისი შემკვრივება;
- შეგრუნტვა შემკვრელით;
- ასფალტბეტონის ნარევის დაგება;
- ასფალტბეტონის საფარის შემკვრივება;
- ქვიშის განაწილება (კოლმატაცია).

---

<sup>219</sup>ინფორმაციის წყარო: [www.quora.com/What-are-some-different-road-construction-methods](http://www.quora.com/What-are-some-different-road-construction-methods)

● **ცემენტბეტონის გზები** ჩვეულებრივ შემდეგი სქემით შენდება:

- ფუძის ან ქვენაფენი შრის მომზადება;
- ფორმების დამაგრება;
- არმატურის დაყენება;
- ბეტონის მომზადება და დაგება;
- საფარის ზედა ფენის შემკვრივება და გაუთოება;
- ნალარის დატანა სიმქისის მისანიჭებლად;
- ბეტონის დაცვა აფსკის წარმომქმნელი ნივთიერებებით;
- სადეფორმაციო ნაკერების დაჭრა და მოწყობა.

**დანახარჯების შემცირებისა და რესურსების გამოყენების ეფექტურობის ამაღლების გზები**

რესურსების შეფასებების საფუძველზე - რომლებიც პროგრამის „მწვანე ეკონომიკის განვითარება ევროპის კავშირის აღმოსავლეთი პარტნიორობის ქვეყნებში“ სადემონსტრაციო კომპონენტის ფარგლებში ჩატარდა - აგრეთვე, მოწინავე საერთაშორისო პრაქტიკებიდან გამომდინარე, შემუშავებულ იქნა რესურსების ეფექტური გამოყენების და დანახარჯების შემცირების რეკომენდაციები საგზაო მასალების მწარმოებლებისთვის.

აღნიშნული რეკომენდაციების ჩამონათვალში ჩართულია როგორც დაბალდანახარჯიანი ღონისძიებები (უმეტეს შემთხვევაში ეს მეურნეობის მართვის გაუმჯობესებაზე მიმართული ზომებია), რომლებიც ადვილად ხორციელდება და ამასთან, უზრუნველყოფს საშუალებებისა და რესურსების პირდაპირ ეკონომიას, ისე უფრო რთული ღონისძიებები (მაგალითად, შესასვლელი რესურსების შეცვლა, ტექნოლოგიების მოდიფიკაცია), რომლებიც აშკარა, ადვილად ხელმისაწვდომი გადაწყვეტილებების ფარგლებს სცდება.

**აგურის წარმოება მასალების ტიპები და პროცესები**

არსებობს აგურის ტიპების კლასიფიკაციის სხვადასხვა მეთოდები მისი გამოყენების წესის, ზომის, დაყალიბების წესის, წარმოშობის, ხარისხის, ტექსტურის ან/და მასალების მიხედვით.

**არსებობს შემდეგი ტიპის აგურები<sup>220</sup>:**

- კერამიკული - მზადდება თიხისგან ან ნარევებისგან მაღალი ტემპერატურის (გამოწვა) ზემოქმედების გზით შემდგომი გაცივებით;

<sup>220</sup><https://ru.wikipedia.org/wiki/Кирпич>

- სილიკატური - მზადდება ქვიშასა და კირისგან დაწნების და ავტოკლავში თბოტენიანი დამუშავების გზით;
- თიხაბზის - მზადდება თიხისგან და შემავსებლებისგან დაყალიბების და ბუნებრივ პირობებში გამრობის გზით;
- ჰიპერ-წნეხილი - მზადდება წვრილად დაფქვილი კირქვიანი ქანების ცოტაოდენ (10%) ცემენტთან და წყალთან მაღალი წნევის ქვეშ (12-35 მპა) დაწნების გზით. აგურის წარმოებისთვის ჩვეულებრივ გამოიყენება შემდეგი ტიპის ნედლეული<sup>221</sup>:
- **ბუნებრივი თიხოვანი მინერალები:** კაოლინისა და ფიქალის ჩათვლით, რომლებიც აგურის ძირითად ნაწილს შეადგენენ.
- **დანამატები:** შედარებით ცოტა რაოდენობის მანგანუმს, ბარიუმს და სხვა დანამატებს ურევენ თიხას სხვადასხვა ელფერის მისაღებად. ბარიუმის კარბონატი გამოიყენება აგურის ქიმიური გამძლეობის გაზრდისთვის. აგურის წარმოებაში შესაძლებელია ბევრი სხვა დანამატის გამოყენება, მათ შორის ამონიუმის ნაერთები, დამატენიანებელი აგენტები და (დე-) ფლოკულანტები.
- **დანაფარები და საღებავები:** სხვადასხვა დანაფარები და მათი დატანის ხერხები შეიძლება გამოყენებული იქნას საჭირო ფერის აგურის წარმოებისთვის და ზედაპირის საჭირო ტექსტურის მიღებისთვის. ქვიშას (ძირითადი კომპონენტი), როგორც წესი, მექანიკურად ერევა საღებავი. ზოგიერთ შემთხვევაში ემატება ფლუსი ან ფრიტა (საღებავების შემცველი მინა) ზედაპირის ტექსტურის მისაღებად.

### ლუმელები აგურის გამოწვისთვის:

- **ლუმელები გამოწვის პერიოდული რეჟიმით:** ეს ლუმელები ივსება აგურებით, რომლებსაც ჯერ აცხელებენ მაქსიმალურ ტემპერატურამდე, შემდეგ აცივებენ, სანამ გამოიღებენ ლუმელიდან. ლუმელი ასევე ცხელდება პროცესში. აგურებიდან და ლუმელიდან გამომავალი სითბო იკარგება გაცივების პროცესში, რაც ამ ტექნოლოგიას სათბობის ხარჯვის თვალსაზრისით არაეფექტურს ხდის. ლუმელები ცალულებით, სახელურებით, სოლებით და ჰაერის დადმავალი ნაკადით გამოწვის პერიოდული რეჟიმის ლუმელების სხვადასხვა ქვეტიპებია.
- **ლუმელები მუშაობის უწყვეტი რეჟიმით:** გამოწვა იწარმოებს უწყვეტად ლუმელის განსაზღვრულ ნაწილში, მთელი საწარმოო პროცესის განმავლობაში. უწყვეტი გამოწვის ლუმელი იყენებს აგურების გაცივებისას გამოყოფილ სითბოს და გამომავალ ჰაერს, ლუმელში განთავსებამდე აგურების წინასწარი გაცხელებისთვის.

<sup>221</sup>[www.madehow.com/Volume-1/Brick.html](http://www.madehow.com/Volume-1/Brick.html).



## ტროტუარის ფილის წარმოების მასალების ტიპები და პროცესები

მასალები დაგებისთვის, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება გარე ფენილის სახით, მოიცავს ძელურას, ფილას, აგურს ან ბეტონის ფილას. ბეტონის ძელურა იწარმოება ბეტონის და საღებავის ნარევის გარკვეულ პრესფორმაში ჩასხმის და შემდგომი ჩაჯდომის გზით.

ძელურას იყენებენ გზების, მისასვლელი გზების, ტროტუარების და სხვა ღია მოედნების დასაგებად. **ტროტუარის ფილის ორი ძირითადი სახეობა არსებობს:**

- **ძელურა**, რომელიც ფართოდ გამოიყენება მშენებლობასა და გამწვანებაში მისო ესთეტიკური სახის, სიმტკიცის და გამძლეობის გამო. ძელურა მზადდება სხვადასხვა მასალისგან, ტრავერტინის, კირქვის, ბაზალტის, ქვიშაქვის და გრანიტის ჩათვლით.

- **ფიგურული ბეტონის ფილა**, რომელსაც ასევე უწოდებენ სეგმენტარულ ძელურას.

- **ტროტუარის ფილის წარმოების პროცესი** შეიძლება შემდეგნაირად წარმოვადგინოთ<sup>222</sup>:

- **დოზირება და შერევა:** ბეტონი არის ცემენტის, ქვიშის და ღორღის ნარევი. ძელურას წარმოებისთვის ბეტონის ნარევის ამზადებენ შემდეგი პროპორციით - 1:2:4 (ცემენტი: ქვიშა:ღორღი). ნედლეულს ათავსებენ ბეტონსარევი და უმატებენ წყალს. შემდეგ ბეტონსარევის 15-20 წუთით ამუშავებენ.

- **დაყალიბება და გამკვრივება:** შემდეგ ნარევის ათავსებენ პრესფორმებში. განსაკუთრებული ყურადღება მიიქცევა იმას, რომ ნარევი არ გაშრეს. ნარევის ჩასხმის პროცესში გამოიყენება ვიბროშემამჭიდროებლები, რათა უზრუნველყოფილი იქნას კარგი ჩაჯდომა, კომპაქტურობა და ფორიანობის თავიდან აცილება.

- **გამყარება და შრომა:** გამკვრივების შემდეგ ბლოკები ამოიღება ფორმიდან და შრება 24 საათის განმავლობაში. შემდეგ ხდება ბლოკების **თბურ-დანამვითი დამუშავება**, ცემენტის შეკვრის უზრუნველსაყოფად, დაახლოებით 20 დღის განმავლობაში. თბურ-დანამვითი დამუშავების რეზერვუარებში წყალი, როგორც წესი, ყოველ მე-3 დღეს იცვლება.

დამუშავების შემდეგ ბლოკი გამოყენების დაწყებამდე სრულად უნდა გაშრეს და მოხდეს მისი პირველადი ჩაჯდომა. ეს პროცესი ჩვეულებრივ 15 დღეს გრძელდება. დანახარჯების შემცირების და რესურსების გამოყენების ეფექტურობის ამაღლების ანგარიში პროგრამის „მწვანე ეკონომიკის განვითარება ევროპის კავშირის აღმოსავლეთი პარტნიორობის ქვეყნებში“ სადემონსტრაციო კომპონენტის ფარგლებში ჩატარებული **რესწ**-ის შეფასებების საფუძველზე, აგრეთვე მოწინავე საერთაშორისო პრაქტიკიდან გამომდინარე, შემუშავებულ იქნა რეკომენდაციები ტროტუარის ფილების წარმოებისას რესურსების ეფექტური გამოყენების და დანახარჯების შემცირების შესახებ.

რეკომენდაციების ჩამონათვალში შესულია როგორც ნაკლებ დანახარჯიანი ღონისძიებები (მაგალითად, მეურნეობის მართვის მეთოდების გაუმჯობესება), ისე

<sup>222</sup><http://365days365businessideas.blogspot.de/2011/11/start-cement-concrete-tiles-and-paving.html>.

უფრო რთული ღონისძიებები (მაგალითად, შემავალი რესურსების შეცვლა, ტექნოლოგიური ცვლილებები).

## საცნობარო მასალა<sup>223</sup> საშენი მასალების დარგში

### ბეტონის წარმოება

EC (2013). Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime, and Magnesium Oxide Manufacturing Industries. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC).

[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CLM\\_30042013\\_DEF.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CLM_30042013_DEF.pdf)

MPA The Concrete Centre (2011). Specifying Sustainable Concrete. [www.concretecentre.com/pdf/ www.PublicationLibrary/MB\\_SpecSustainableConcrete.pdf](http://www.concretecentre.com/pdf/www.PublicationLibrary/MB_SpecSustainableConcrete.pdf)

### ასფალტის წარმოება

European Asphalt Pavement Association (2007). Environmental Guidelines on Best Available Techniques (BAT) for the Production of Asphalt Paving Mixes.

[http://eapa.org/usr\\_img/position\\_paper/bat\\_update\\_version2007.pdf](http://eapa.org/usr_img/position_paper/bat_update_version2007.pdf)

Federal Highway Administration US (2008). Warm-Mix Asphalt: European Practice. FHWA PL-08-007. <http://international.fhwa.dot.gov/pubs/pl08007/pl08007.pdf>

NAPA & EAPA (2011). The Asphalt Paving Industry. A Global Perspective. Second Edition. Production, Use, Properties, and Occupational Exposure Reduction Technologies and Trends. [www.eapa.org/userfiles/2/Publications/GL101-2nd-Edition.pdf](http://www.eapa.org/userfiles/2/Publications/GL101-2nd-Edition.pdf).

### აგურისა და კერამიკული ფილების წარმოება

EC (2007). Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC).

[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer\\_bref\\_0807.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf) Johns Hopkins University

SAIS, The Carbon War Room (2012). Building Materials: Pathways to Efficiency in the South Asia Brick Making Industry.

[https://carbonwarroom.com/sites/default/files/reports/Pathways%20to%20Efficiency%20in%20the%20South%20Asia%20Brickmaking%20Industry%20\(Carbon%20War%20Room\)\\_0.pdf](https://carbonwarroom.com/sites/default/files/reports/Pathways%20to%20Efficiency%20in%20the%20South%20Asia%20Brickmaking%20Industry%20(Carbon%20War%20Room)_0.pdf)

UNEP Climate & Clean Air Coalition (2015). Brick Production Resources.

<http://www.ccacoalition.org/en/initiatives/bricks>.

---

<sup>223</sup>რესურსეფექტური და სუფთა წარმოების ცნობარი \_ საშენი მასალების დარგი. 2017. გვ. 47-48.



## ენერჯის გამოყენება

UNIDO (2010). Global Industrial Energy Efficiency Benchmarking. An Energy Policy Tool. [www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Energy\\_and\\_Climate\\_Change/Energy\\_Efficiency/Benchmarking\\_%20Energy\\_%20Policy\\_Tool.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Energy_and_Climate_Change/Energy_Efficiency/Benchmarking_%20Energy_%20Policy_Tool.pdf) EC (2010). Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE\\_Adopted\\_02-2009.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/ENE_Adopted_02-2009.pdf) EC (2001). Reference Document on the application of Best Available Techniques to Industrial Cooling Systems. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cvs\\_bref\\_1201.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cvs_bref_1201.pdf) EC (2006). Reference Document on Best Available Techniques for Large Combustion Plants. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lcp\\_bref\\_0706.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/lcp_bref_0706.pdf).

## წყლის გამოყენება

UNEP, GEF, IDB (2010). International Overview of Best Practices in Wastewater Management. CEP Technical Report 65. [www.cep.unep.org/publications-and-resources/technical-reports/technical-reports](http://www.cep.unep.org/publications-and-resources/technical-reports/technical-reports) Institute for Prospective Technological Studies Sustainable Production and Consumption Unit European IPPC (2014). Bureau Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Wastewater and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector. [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CWW\\_Final\\_Draft\\_07\\_2014.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CWW_Final_Draft_07_2014.pdf)

## მასალებისა და ნარჩენების გამოყენება

EC (2006). Reference Document on Best Available Techniques for the Surface Treatment of Metals and Plastics. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/stm\\_bref\\_0806.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/stm_bref_0806.pdf) EC (2007). Reference Document on the Best Available Techniques for Surface Treatment Using Organic Solvents. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/sts\\_bref\\_0807.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/sts_bref_0807.pdf) UNIDO, UNEP, UNITAR, Stockholm Convention (2012). Guidance on best available techniques and best environmental practices for the recycling and disposal of articles containing polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) listed under the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. [www.unido.org/fileadmin/user\\_media/Services/Environmental\\_Management/Stockholm\\_Convention/Guidance\\_Docs/UNEP-POPS-GUID-NIP-2012-PBDEs-Inventory.En.pdf](http://www.unido.org/fileadmin/user_media/Services/Environmental_Management/Stockholm_Convention/Guidance_Docs/UNEP-POPS-GUID-NIP-2012-PBDEs-Inventory.En.pdf) EC (2006). Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi\\_bref\\_0806.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wi_bref_0806.pdf) EC (2006). Reference

Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC).

[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wt\\_bref\\_0806.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/wt_bref_0806.pdf) DEFRA (2006). Guidance on Best Available Treatment Recovery and Recycling Techniques and Treatment of Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE).

<http://archive.defra.gov.uk/environment/waste/producer/electrical/documents/weee-batrrtguidance.pdf>

**რესურსეფექტური და სუფთა წარმოების (რესწ) ინსტიტუციები<sup>224</sup> და პროგრამები EaP GREEN პროგრამის სადემონსტრაციო კომპონენტის მონაწილე ყველა ქვეყანაში მოქმედებს:**

აზერბაიჯანში, სომხეთში, ბელორუსში, საქართველოში, მოლდოვასა და უკრაინაში.

### **მედიცინის დარგებში გამოყენებული მასალების სისტემური მახასიათებლები**

ჯანმრთელობის ხარისხის და ცალკეული ორგანოების ფუნქციის აღდგენა ისტორიულად დაკავშირებულია ბუნებრივი მასალების გამოყენებასთან. საზოგადოების განვითარებასთან ერთად, მედიცინაში დაიწყო გამოყენება იმგვარი მასალების, რომლებიც იქმნებოდა მრეწველობის სხვადასხვა დარგების საჭიროებებისათვის.

მედიცინაში გამოიყენება სხვადასხვა შედგენილობისა და თვისებების მქონე მასალები, რაც უპირველეს ყოვლისა, დამოკიდებულია მათ დანიშნულებასა და ორგანიზმთან ურთიერთქმედების ხასიათზე.

### **ქირურგიული ნაკერების გასაკეთებელი ძაფები**

ჯერ კიდევ ჩვენს წელთაღრიცხვამდე 2000 წლის წინ, ჩინურ სამკურნალო ტრატატში აღწერილია ნაკერი, რომელიც შექმნილია მცენარეული წარმოშობის მასალისაგან. ძველი ეგვიპტელების მიერ ამ მიზნით 4000 წლის წინ გამოყენებული იყო **სელის ძაფები**. მიუხედავად აღნიშნულისა მეოცე საუკუნემდე ამ დანიშნულებით ახალიმასალების ათვისება პრაქტიკულად არ მომხდარა.

**კეტგუტის ძაფები**, რომლებიც დღემდე გამოიყენება, შეიქმნა 1840 წელს ლუიჯი პორტას იდეით და ქრომირებით გაუმჯობესებული იქნა ინგლისშიყოფილ ლუიჯის მიერ<sup>225</sup>. ეს იყო პირველი გაწოვადი სანაკერო მასალა ქირურგიაში. იმავე დარგში (ე.ი. ქირურგიაში) გავრცელების მხრივ მეორე სანაკერო მასალაა, **აბრეშუმი**. პირველად ის გამოიყენა ქირურგმა კოხერმა.

მე-20 საუკუნეში ჩატარებულმა დეტალურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ **კეტგუტს** და **აბრეშუმს** გააჩნია მთელი რიგი ნაკლოვანებები:

<sup>224</sup>რესურსეფექტური და სუფთა წარმოების ცნობარი - საშენი მასალების დარგი. 2017. გვ. 62.

<sup>225</sup>ზაურ ჯაბუა. სამედიცინო მასალათმცოდნეობა. თბილისი 2013; გვ. 5-7.

- მაღალი რეაქტოგენურობა;
- ალერგიული ზემოქმედება;
- გაწოვის არაპროგნოზირებადი ვადა.

აღნიშნულმა გამოიწვია მათი შეცვლის გადაუდებელი აუცილებლობა. მე-20 საუკუნის შუა პერიოდში გაჩნდა მრავალი სამეცნიერო შრომა, რომლებიც ეძღვნებოდა ამ მიმართულებით ახალი მასალების ძიებას. ამ გზაზე გვხვდება მრავალი ეგზოტიკური მასალა: ცხენის ძუა, თაგვის, კატის, კენგურუს, ჩრდილოეთის ირმის და ა.შ. ძარღვები. სანაკერო მასალად გამოიყენებოდა სათევზაო ძუაც. მიუხედავად ამისა ამ მასალების ნაკლი (იგულისხმება: მიღების სირთულე, რეაქტიულობა, ინფიცირების შესაძლებლობა, მექანიკური თვისებები) ხელს უშლიდა მათ გამოყენებას ქირურგიის პრაქტიკაში.

1924 წელს გერმანიაში ჰერმანმა და ჰესმა პირველად მიიღეს **პოლივინილის სპირტი**<sup>226</sup>, რომელიც ითვლება პირველ სანაკერო მასალად. 1927 წელს ამერიკაში კოროტესმა გაიმეორა აღმოჩენა და მიღებულ მასალას **ნილონი** დაარქვა. იმავე საუკუნის 30-იან წლებში შეიქმნა კიდევ ორი ახალი სინთეტური მასალა – **კაპრონი (პოლიამიდი)** და **ლავსანი (პოლიეთერი)**. მე-20 საუკუნის 30-40-იან წლებში დაიწყო ამმასალების გამოყენება ქირურგიაში. 1956 წელს გამოჩნდა პრინციპულად ახალი მასალა – **პოლიპროპილენი**. 70-იან წლებში შეიქმნა მასალა, რომელიც მნიშვნელოვნად აღემატება თავისი ინერტულობით ყველა ადრე ცნობილ მასალას – **პოლიტეტრაფტორეთილენი**.

1958 წელს მსოფლიო ბაზარზე გამოჩნდა სინთეტური გაწოვადი მასალა **დეკსონი პოლიგლიკოლიდის ფუძეზე** – გლიკოლმჟავას პოლიმერი. 1972 წელს შეიქმნა ახალი სანაკერო მასალა გლიკოლის თანაპოლიმერისა და რძის მჟავას საფუძველზე, თანაფარდობით 9:1 **პოლიგლაკტინი**. ახალ მასალას დაერქვა **ვიკრილი**. გარკვეული დროის შემდეგმისი თვისებები გაუმჯობესებულ იქნა სპეციალური პოლიმერული დანაფარით, რომელმაც მნიშვნელოვნად გააუმჯობესა ძაფის გაყრა ორგანიზმის ქსოვილში.

შემდგომ წლებში შემუშავებულ იქნა ისეთი მასალები როგორებიცაა: მონოკრილი, პოლისორბი, მაკსონი. მათ გააჩნიათ მთელი რიგი მნიშვნელოვანი უპირატესობები. ახალი მასალების ძიება ამ მიმართულებით ამჟამადაც ინტენსიურად მიმდინარეობს.

სამედიცინო ქირურგიულ პრაქტიკაში გამოიყენება ისეთი ხელსაწყოები როგორებიცაა: სამედიცინო დანა, სკალპელი, რესპირატორი, სამედიცინო კოვზები, სამედიცინო მარყუჟები, მაკრატლები, ძვლის მკვნეტარა, სამედიცინო ხერხები, მოსაჭერი მოწყობილობები, პინცეტები, სარკეები, სამედიცინო ნიჩაბი, რეტრაქტორი, შპატელი, სამედიცინო ზონდები და სხვა.

<sup>226</sup>თეთრი (ასევე ღია ყვითელი ან კრემისფერი) ფხვნილი, უსუნო და უგემო. ესაა ხელოვნური, მყარი, თერმოპლასტიკური პოლიმერი. კარგად იხსნება წყალში, ალიფატურ გლიკოლებში, გლიცერინში, შარდოვანას წყალხსნარებში, დიმეთილფორმამიდიში და დიმეთილსულფოქსიდიში.

სამედიცინო დანები მზადდება უჟანგავი ფოლადისაგან, რომელთა პირიც იფარება ნიკელის ან ქრომის ფენით. სკალპელიც მზადდება უჟანგავი ფოლადისაგან. ერთჯერად სკალპელებს არ მოეთხოვებათ მაღალი კოროზიამდეგობა და ამიტომ მათ ამზადებენ ნაწრთობი ქრომოვანი ფოლადისაგან, მარავალჯერადი სკალპელების მასალა მათგან განსხვავდება მხოლოდ ქრომის მაღალი შემცველობით ან სხვა უფრო რთული ლეგირებით.

**ოფტალმოლოგიური სკალპელების მჭრელ პირს ამზადებენ ლეიკოსაფრონისაგან, ან კერამიკისაგან - სტელიტებისაგან სქელი ალმასის დანაფართით.** უკანასკნელ ხანებში შეიქმნა სკალპელი, რომლის მჭრელი პირის სისქე სულ რაღაც 0.2 - 0.3 მკმ-ის ტოლია, ის უძლებს ძლიერ მექანიკურ დატვირთვას, მრავალჯერ სტერილიზაციას, ნაკლებად ტრავმატულია, გააჩნია დიდი რესურსი (60-მდე ოპერაცია მკვრივ ქსოვილზე და ხარისხის გარანტია ალესვისას (10-მდე ალესვა).

**რესპირატორი მზადდება ფოლადისაგან ქრომის დანაფართით. სამედიცინო კოვზებს ამზადებენ ნაწრთობი ფოლადისაგან, წითელი სპილენძისაგან. სამედიცინო მარყუჟის მასალას წარმოადგენს სპილენძი ან თითბერი. სამედიცინო მაკრატლები მზადდება ნახშირბადოვანი ან უჟანგავი ფოლადისაგან.**

**ძვლის მკვნეტარის დასამზადებელი მასალაა მხოლოდ უჟანგავი ფოლადი. სამედიცინო ხერხი მზადდება ნახშირბადოვანი ფოლადისაგან. სატეხის მასალაა ინსტრუმენტული ფოლადი ან უჟანგავი ფოლადი. სტომატოლოგიურ ინსტრუმენტებს ამზადებენ ისეთი ფოლადებისა და შენადნობებისაგან, რომლებიც ხასიათდებიან მაღალი სისალით დაცვეთამდეგობით. ამ მიზნით გამოიყენება ვოლფრამის მაღალი სისალის ინსტრუმენტული ფოლადი, ასევე ფოლადები კარბიდისა და ვოლფრამის ფუძეზე.**

**მჭრელი ნაწილების არმირებისათვის გამოიყენება მყარი შენადნობები ვოლფრამის კარბიდის ფუძეზე. მჭრელ ნაწილებზე ასევე დაიტანება ცვეთამდეგი დანაფარები კარბიდისაგან, ნიტრიდისაგან, რკინის ბორიდისაგან, ქრომისაგან, ნიკელისაგან და ა. შ. არამჭრელ ფუძედ გამოიყენება ფოლადი ან ტიტანი.**

**ნახშირბადოვანი ფოლადებისაგან დამზადებული ინსტრუმენტები კოროზიისაგან დაცვის მიზნით იფარება ქრომით, ნიკელით და ა. შ.**

**ძირითადი მოთხოვნები, რომლებიც წაეყენება მომჭერებს ესაა მაღალიწინააღმდეგობა – მცირე პლასტიკური დეფორმაციების მიმართ, მაღალი ცვეთამდეგობა, დაბალი ციკლური დაღლილობა. მომჭერების დასამზადებლად იყენებენ მარტენსიტულ-ფერიტული კლასის ფოლადებს, აუსტენიტურ ფოლადებსან ფოლადებს ვოლფრამის კარბიდის ფუძეზე ან არავოლფრამულ შენადნობებს. მომჭერები ასევე მზადდება უჟანგავი ფოლადისა და ტიტანისაგან. პინცეტები მზადდება უჟანგავი ფოლადისაგან.**

მაზონდირებელი და გამშლელი ინსტრუმენტების დასამზადებელ მასალას არმოეთხოვება რაღაც ახალი სპეციალური მოთხოვნები, ერთადერთი მოთხოვნაა კოროზიამდეგობა და ამიტომაც მზადდებიან კოროზიამდეგი,

ნაკლებადდეფიციტური, იაფი ფოლადისაგან, რომელთაც მოცემული კონსტრუქციისათვისკარგი ტექნოლოგიური თვისებები გააჩნიათ. ასეთია მარტენსიტული ფოლადი, თითბერიქრომის და ნიკელის დანაფართ. ასევე გამოიყენება ქრომნიკელიანი ფოლადი,ტიტანფერიტული ფოლადი.

**სარკის, სამედიცინო ნიჩბის, რეფრაქტორის, შპატელის** მასალად გამოიყენება უჟანგავი ფოლადი. **სამედიცინო ზონდების** დასამზადებელი მასალაა ლითონი, რეზინი, პოლიმერი, თითბერი ნიკელის დანაფართ, უჟანგავი ფოლადი ქრომნიკელის დანაფართ.

**ელასტიური კათეტერი** მზადდება ფტოროპლასტისაგან ან სხვა პოლიმერული მასალისაგან.

**თავბუდის დასამზადებელი მასალაა** უჟანგავი ფოლადი, თითბერი, ნეიზილბერი და სხვა.

**ოტოლარინგოლოგიური თავბუდე** მზადდება რეზინისაგან და პლასტმასისაგან.

სხვადასხვა **მიკროინსტრუმენტების დასამზადებელი მასალებია** უჟანგავი ფოლადი. მათ, დანიშნულების მიუხედავად, წაეყენებათ უწვრილესი სამუშაო უბნების მიღების შესაძლებლობა. ამასთან ეს ფოლადი უნდა იყოს მაღალი სისალის, კოროზიამდეგი. ეს მიიღწევა დისპერსიულად გამყარებადი უჟანგავი ფოლადის გამოყენებით, რომელთა მაღალი სისალე მიიღწევა 500 °C-ზე.

**ბრჭყვიალა სამედიცინო ინსტრუმენტების** მქრქალით შეცვლის აუცილებლობა გამოწვეულია სინათლის ათინათის შემცირებით. ბრჭყვიალა ინსტრუმენტი იწვევს ექიმების თვალის დაღლას ხანგრძლივი ოპერაციების დროს. ბრჭყვიალა ინსტრუმენტების გამქრქალება ხდება მექანიკური, ქიმიური, ელექტროქიმიური გზით. ერთ-ერთი გზაა სპეციალური გაღვანური დანაფარების დატანა, მაგალითად **ვალეურნიკელის**.

ექსპლოატაციის პროცესში სამედიცინო ინსტრუმენტები განიცდიან ცოცხალი ორგანიზმის ზედაპირულად აქტიური ნივთიერებების ზემოქმედებას, ესაა ცხიმები, ორგანული მჟავები, მარილები, მაგალითად ქლორიდები, რომლებიც **კოროზიის აქტივატორებს** წარმოადგენენ. გარდა ამისა ბაქტერიოციდული (სანიტარული) დამუშავებისას – ინსტრუმენტები კონტაქტში შედიან გარემოსთან, რომელიც გამოყენებული იყო წინა ბაქტერიოციდული დამუშავების, სტერილიზაციისა და დეზინფექციის დროს და რომელთა უმრავლესობა აგრესიულია იმ ლითონების და მათი შენადნობების მიმართ რომლებიც გამოიყენება ინსტრუმენტების დასამზადებლად.

ამგვარი ზემოქმედებები იწვევენ ინსტრუმენტის კოროზიას, ცვეთას და მწყობრიდან გამოსვლას. ამდენად სამედიცინო ინსტრუმენტები უნდა იყვნენ კოროზიამდეგნი, უნდა უძლებდნენ ტემპერატურის ცვლილებას, ჰაერის ტენს, ტრანსპორტირებას, უნდა იყოს მდგრადნი დეზინფექციისადმი, წინასტერილიზაციური გაწმენდისა და სტერილიზაციისადმი.

აღნიშნულიდან გამომდინარე, მნივნელოვანია იმ მასალების თვისებების ცოდნა რომლებიც გამოიყენებიან ინსტრუმენტების დასამზადებლად. უკანასკნელ ხანებში

ძალიან ფართო გამოყენება ჰპოვა **სტენტირების** ოპერაციამ (ე.წ. **კორონალური ანგიოპლასტიკა**), რომელიც ნაჩვენებია სისხლძარღვების შევიწროებისას. მოცემული პროცედურა შეიძლება გამოყენებულ იქნას გულის იშემიური დაავადების, სტენოკარდიის, არითმიების, ჰიპერტონიის და მიოკარდის ინფარქტის სამკურნალოდ.

**სტენტირება** ჩვეულებრივ გამოიყენება კორონალური (უშუალოდ გულის მკვებავი) სისხლძარღვების გასაფართოებლად. თავად ცნება **“სტენტი”** აერთიანებს მოწყობილობებს, რომელთა დანიშნულებაა ცოცხალი ქსოვილების მექანიკური შეკავება და მისი თავდაპირველი დანიშნულება იყო **კბილის პროტეზების დამაგრება**. ამ გამოგონების ავტორია **ჩარლზ სტენტი**, ვის სახელსაც ატარებს ეს მოწყობილობა.

სისხლძარღვების ღიობის შესანარჩუნებლად კონსტრუირებულ იქნა „აჟურული“, მილისმაგვარი კონსტრუქციები, დიამეტრით 2.5 - 4.5 მმ, რომლებიც ჩაიდგმება სისხლძარღვში კომპაქტური სახით, ფართოვდება მასში განთავსებული ჰაერბალონით დაზიანებული არტერიის ღონემდე, ქმნის კარკასს ღიობის შესანარჩუნებლად და შემოსაზღვრავს დაზიანებული არტერიის ნაწილს.

**სტენტის** დასამზადებლად ძირითადად გამოიყენება **უჟანგავი ფოლადი, ტანტალის შენადნობები და ნიტინოლი**. ამჟამად ინერგება ისეთი მასალები როგორებიცაა ოქრო, ჰეპარინი, ნახშირბადი (ნახშირბადოვანი ნანოკომპოზიტური ფიროვანი დანაფარი), სილიციუმის კარბიდი, ტიტანის ნიტრიდის ჟანგი, ფოსფორილხოლინი პასიური დანაფარებით. აგრეთვე გამოიყენება აქტიური დანაფარები: ანტითრომბული, ანტიანთებითი, ანტიპროლიფერატული.

ძალიან ფართო გამოყენება აქვთ მასალებს სტომატოლოგიაში. არსებობს ტერმინი **“სტომატოლოგიური მასალათმცოდნეობა”**, ის წარმოადგენს **სამედიცინო მასალათმცოდნეობის** ნაწილს, რომელიც მიმართულია სტომატოლოგიურ პრაქტიკასთან კავშირში მყოფი ახალი მასალების შექმნისა და არსებულის სრულყოფისაკენ, მათი ტექნოლოგიური და კლინიკური თვისებების შესწავლისაკენ.

**სტომატოლოგიური მასალები** შეიძლება დაიყოს ორ ნაწილად: **ძირითადი და კლინიკური**<sup>227</sup>.

**ძირითად მასალებს** მიაკუთვნებენ ის მასალებს, რომელთა ფუძეზეც მზადდება პროტეზები და პლომბები. სამეცნიერო ლიტერატურაში გამოიყენება ტერმინი **“კონსტრუქციული”** მასალები, რომელიც სინონიმია **“ძირითადის”**. უფრო მისაღებია ტერმინი **“ძირითადი”**, როგორც შედარებით მარტივი და გასაგები. ძირითად მასალებს მიეკუთვნება:

- 1) ლითონები და შენადნობები;
- 2) კერამიკა (კერამიკული ფაიფური და სიტალები);
- 3) პოლიმერები (ბაზისური, მოსაპირკეთებელი, პლასტიკური, სწრაფად გამყარებადი პლასტმასები);
- 4) კომპოზოციური მასალები;

<sup>227</sup>ზაურ ჯაბუა. სამედიცინო მასალათმცოდნეობა. თბილისი 2013; გვ.10-13.

5) დასაბჭენი მასალები.

**დამხმარე მასალები** ეწოდებათ მასალებს, რომლებიც გამოიყენებიან პროტეზირების ტექნოლოგიის სხვადასხვა სტადიაზე. ეს მასალებია:

- 1) საანაბეჭდო;
- 2) მოდელირების;
- 3) საყალიბო;
- 4) აბრაზიული;
- 5) მაპოლირებელი;
- 6) საიზოლაციო;
- 7) ადვილად დნობდი;
- 8) ფლუსები;
- 9) მათეთრებელი.

**კლინიკური მასალები** ეწოდება მასალებს, რომლებიც გამოიყენება ექიმების მიერ კლინიკურ-სტომატოლოგიური მანიპულირებისას. ეს მასალებია:

- 1) საანაბეჭდო;
- 2) ცვილი და ცვილის კომპოზიტები.

ამგვარი კლასიფიკაცია პირობითია, თუნდაც იმიტომ, რომ კლინიკური მასალების დიდი ნაწილი შექმნილია ხელოვნურად. მასში შედიან როგორც დამხმარე ასევე ძირითადი (საბჭენი) მასალები. ამასთან ერთად, ისეთი მასალები, როგორცაა პოლიმერები, სამოდელო ცვილები, ლითონები, კერამიკები, არსებითად წარმოადგენენ კლინიკურ მასალებს, ვინაიდან მათთან მუშაობს ორთოპედი სტომატოლოგი კლინიკაში და ისინი განკუთვნილია პირის ღრუში დიდხანს ყოფნისათვის.

სტომატოლოგიურ მასალებს წაეყენებათ მრავალფეროვანი მოთხოვნები. სამედიცინო პრაქტიკაში დიდი გამოყენება აქვთ **ტრავმატოლოგიურ იმპლანტატებს** (ფირფიტები, ხრახნები, ღეროები). ისინი მზადდებიან **ნანოსტრუქტურირებული**, ტექნიკურად სუფთა ტიტანისაგან, ბიოაქტიური ჰიდროქსიფოსფატური დანაფარებით. ტექნიკურმა და კლინიკურმა გამოცდებმა აჩვენეს, რომ ასეთი ქირურგიული იმპლანტანტები ხასიათდებიან ისეთი თვისებების ოპტიმალური შერწყმით როგორებიცაა: საკმარისი სიმტკიცე და ელასტიურობა, მაღალი კოროზიული მედეგობა, ორგანიზმისათვის მავნე მინარევების არ არსებობა (მაგალითად ვანადიუმი და ალუმინი).

ნანოსტრუქტურირებული ტიტანის გამოყენება საშუალებას იძლევა შემცირდეს ფირფიტების, პროფილის და ხრახნების თავაკების ზომები, ისე რომ სრულად

შენარჩუნდეს მათი ბიომექანიკური სიხისტე, რაც თავის მხრივ აუმჯობესებს ოპერაციის შემდგომი რეაბილიტაციის პროცესს.

სამედიცინო მასალები ფართოდ გამოიყენება **ენდოპროტეზირებაში** (ბერძნული სიტყვა “ენდო” – შიდა). ენდოპროტეზირების არსი მდგომარეობს სახსრის არეში სპეციალური პროტეზების ჩანერგვაში, რომლებიც იდეალურად იმეორებენ შეწევრებული ზედაპირების ფორმას.

ამჟამად ენდოპროტეზის მრავალი სახეობაა ცნობილი. მათ გაჩნიათ ექსპლოატაციის დიდი დრო, როგორც წესი ისინი თითქმის 100% უკუგებით მუშაობენ 15-20 წლის განმავლობაში. შემდგომი ექსპლოატაციისას (25 წლამდე) მათი საექსპლოატაციო თვისებები მხოლოდ, უნიშვნელოდ 5 – 10 %-ით მცირდება.

**ენდოპროტეზები** მზადდება მასალებისაგან, რომლებიც ბიოლოგიურად თავსებადია ადამიანის ორგანიზმთან. როგორც წესი ესენია სპეციალური სამედიცინო შენადნობები, კერამიკა და პოლიმერული მასალები (პოლიეთილენი). ამჟამად ცვეთამედეგობის თვალსაზრისით ყველაზე საუკეთესოა ენდოპროტეზი, ხახუნის კვანძით ლითონი+ლითონი და კერამიკა +კერამიკა.

### რადიაქტიული მასალები მედიცინაში

რადიაქტიული მასალები მედიცინაში გამოიყენება ორი მიმართულებით: დიაგნოსტიკის მიზნით და სამკურნალოდ. ჯანმრთელობის დაცვის მაღალი სტანდარტი და ადამიანის სიცოცხლის გახანგრძლივება წარმოუდგენელია რადიაქტიური ნივთიერებების გარეშე. ამჟამად რადიაქტიულ ნივთიერებებს დიდი გამოყენება აქვთ მთელ მსოფლიოში. მაგალითად აშშ-ში ჰოსპიტალიზირებული 30 მილიონი ადამიანიდან ყოველი მესამის დიაგნოსტიკისათვის ან სამკურნალოდ გამოიყენება **რადიაქტიული ნუკლიდები**. ნუკლიდი ატომების სახეობაა, რომლებიც ხასიათდებიან გარკვეული მასური რიცხვით, ატომური ნომრით და ბირთის ენერგეტიკული მდგომარეობით.

**ნუკლიდებს** გააჩნიათ დაკვირვებისათვის საჭირო სიცოცხლის ხანგრძლივობა. ნუკლიდები ორი სახისაა: სტაბილური და რადიაქტიური. **სტაბილური ნუკლიდები** არ განიცდის სპონტანურ რადიაქტიურ გარდაქმნებს, ხოლო **რადიაქტიური ნუკლიდები** რადიაქტიური გარდაქმნებით გადადიან სხვა ნუკლიდებში.

ზოგიერთი რადიაქტიული ნივთიერება, მაგალითად რადიუმი, მოიპოვება ბუნებაში, ხოლო ზოგიერთი მიიღება ხელოვნური გზით, მაგალითად **კობალტი 60**.

დიაგნოსტიკური პროცედურებისათვის რადიაქტიური ნივთიერების მცირე რაოდენობა შეჰყავთ ორგანიზმში ინექციით, ინგალაციით ან პერორალური გზით.

რადიაქტიული სამედიცინო პრეპარატი გროვდება სადიაგნოსტიკო უბანში და გამოსახივებს ფოტონებს, რომლებიც შეიძლება აღმოჩენილ იქნან მოწყობილობით, რომელსაც **გამა კამერა ეწოდება**, ეს უკანასკნელი ქმნის გამოსახულებას, რომელიც



იძლევა ინფორმაციას ორგანოს ფუნქციონირების, მისი ბიოქიმიური შედგენილობის შესახებ მონაცემებს, რომლებსაც შემდგომ ექიმები იყენებენ მკურნალობის მიზნით.

**ბირთვული მედიცინის** გამოყენების ორი მაგალითია ტექნეციუმ 99-ის გამოყენება ძვლის, გულის და სხვა ორგანოს დაავადების დიაგნოსტიკისათვის და რადიაქტიური იოდის გამოყენება ფარისებრი ჯირკვლის დიაგნოსტიკისათვის.

მასალათმცოდნეობა, კერძოდ სამედიცინო მასალათმცოდნეობა, შეისწავლის სხვადასხვა სახის მასალებს, რომელთა გამოყენების არეალი განსხვავებულია. არსებობს ასეთი მასალების კლასიფიკაციის სხვადასხვა ვარიანტი. მაგალითად კლასიფიკაციის ერთ-ერთი ვარიანტია **კლასიფიკაცია ატომებს შორის კავშირების ტიპით**.

კლასიფიკაციის სხვა ვარიანტი ეფუძნება ატომურ სტრუქტურასა და ქიმიურ შედგენილობას. ახალი სამედიცინო მასალების კლასიფიკაცია უფრო ფართოა და ერთ-ერთი ვარიანტი ასეთია:

- 1) ბიომასალები;
- 2) ნახშირბადი;
- 3) კერამიკა;
- 4) კომპოზიციური მასალები;
- 5) მინები;
- 6) ლითონები;
- 7) ნანომასალები;
- 8) პოლიმერები;
- 9) ნახევარგამტარები;
- 10) თხელი ფენები;
- 11) ძნელდნობადი მასალები;
- 12) ფუნქციონალური მასალები
- 13) რადიაქტიული მასალები.

### **სამედიცინო მასალების ურთიერთქმედება ადამიანის ორგანიზმთან**

მედიცინაში გამოყენებულ მასალებს გარდა საჭირო თვისებებისა, გააჩნიათ ე. წ. **გვერდითი მოვლენები** და არცერთი მათგანი ამ თვალსაზრისით იდეალური არ არის. ამდენად **კლინიკური მასალათმცოდნეობა** სწავლობს მასალების ურთიერთქმედებას ადამიანის ორგანიზმთან (ავადმყოფი, ექიმი). მოკლედ შევხვით ამ საკითხს კბილის პროტეზირების მაგალითზე. ადამიანის ორგანიზმისა და პროტეზირებისას გამოყენებული მასალების კლინიკური გამოვლენა დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე: ადამიანის სომატურ და ფსიქიკურ მდგომარეობაზე, ასაკზე, სქესზე, კბილის რიგის დაზიანების სიდიდეზე და ა.შ.

## გამოარჩევნ მასალის ადამიანის ორგანიზმზე ზემოქმედების რამდენიმე ასპექტს:

- ა) მექანიკური;
- ბ) ტოქსიკური;
- გ) ალერგიული;
- დ) თერმომაიზოლირებელი.

ა) მასალის მექანიკური მოქმედება დამოკიდებულია მასალის სახეობასა და უფრო მეტად კონტაქტის ფართობზე ადამიანის ორგანიზმის ქსოვილსა და მასალას შორის. მექანიკური ზემოქმედების გამოვლენა სხვადასხვანაირია – ლოკალური გაწითლებიდან დაწყებული რბილი ქსოვილების შეშუპებით დამთავრებული. შეიძლება შეინიშნებოდეს კატარალური ანთების წყაროები, ეროზიები და ჰიპერპლაზიური ზრდა. ამრიგად გალიზიანების მექანიკური ფაქტორი მჭიდრო ეტიოლოგიურ კავშირშია სხვადასხვა სტომატიტთან.

მასალის მექანიკური ზემოქმედება იცვლება მასალის მოქმედების ვადის, ფიზიკო-მექანიკური ვარიაბელობისაგან დამოკიდებულებით. მაგალითად პოლიმერებისათვის პირის ღრუში დამახასიათებელია დაბერვა, ანუ წრფივ მოცულობითი ცვლილებები. ამრგად, მაგალითად რაც უფრო მეტ ხანს იმყოფება პოლიმერული მასალა ადამიანის ორგანიზმში მით მეტია მისი მექანიკური გავლენა.

მასალის მექანიკური ზემოქმედება ორგანიზმის ქსოვილზე დამოკიდებულია მასალის ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე. ასე მაგალითად მდგრადობა ცვეთაზე, სხვადასხვა მასალისათვის სხვადასხვა: ის გაცილებით მეტია ვთქვათ ფაიფურისათვის, ვიდრე პოლიმერებისათვის.

ბ) მასალის ტოქსიკური ზემოქმედება დამოკიდებულია მის შემადგენლობაზე და თვისებებზე (ფიზიკური, ტექნიკური, ტოქსიკოლოგიური და სხვა). მაგალითად პოლიმერების შედგენილობაში შემავალი შემავსებლები, პლასტიფიკატორები, სტაბილიზატორები, საღებავები, როგორც ცალცალკე ისე ერთად შეიძლება ტოქსიკურები იყვნენ. აკრილური პლასტმასის ძირითადი ტოქსიკოგენური ფაქტორია მონომერი.

პოლიმერული მასალების დაშლა იწვევს მათი მექანიკური თვისებების გაუარესებას და მას გააჩნია ზოგადი სახელდება – პოლიმერის დაბერება. პოლიმერებისა და მათ ბაზაზე შექმნილი კომპოზიციების დაძველების პროცესს საფუძვლად უდევს სხვადასხვა ფიზიკო-მექანიკური პროცესები, რომლებიც დაკავშირებულია მაკრომოლეკულური ჯაჭვების გაწყვეტასა და უფრო დაბალმოლეკულური პროდუქტების წარმოქმნასთან. ამ პროცესებს მალის დესტრუქცია ეწოდება და მისი მიზეზია ბიოლოგიური გარემოს ზემოქმედება, მექანიკური დამაბულობები, ტემპერატურების მნიშვნელოვანი სხვაობა და სხვა.

სამედიცინო მასალათმცოდნეობაში დამუშავებულია მთელი რიგი მეთოდები, რომლებიც საშუალებას იძლევა საჭირო მიმართულებით შეიცვალოს არამარტო ფიზიკო-მექანიკური, ქიმიური არამედ მასალის ტოქსიკოლოგიური თვისებებიც.

პოლიმერებს გარდა ადგილობრივი და ტოქსიკური ზემოქმედებისა შეიძლება გააჩნდეთ ზოგადი ზემოქმედებაც, მაგალითად საჭმლის მომნელებელ ორგანოებზე. პოლიმერულმა მასალებმა შეიძლება გამოიწვიონ **დისბაქტერიოზი**, რამაც სითბომამაიზოლირებელ თვისებებთან ერთად შეიძლება გამოიწვიოს სხვა მასალების ტოქსიკურობაც. მასალის (მაგალითად პროტეზის) თერმომამაიზოლირებელი მოქმედება დამოკიდებულია პროტეზის ბაზისის სტრუქტურულ და წრფივ-მოცულობით თვისებებზე. ამასთან ლორწოვანი გარსის აერაციის დარღვევის გარდა იცვლება თერმორეცეპტორული აღქმა.

**გ) პლასტმასის თერმომამაიზოლირებელი მოქმედება** პროვოცირებას უწევს ადამიანის ალერგიულ რეაქციას. მიღებულია ალერგენტად ჩაითვალოს ცილის ბუნების ნივთიერება, რომელიც იწვევს ალერგიულ რეაქციას. ნივთიერებას, რომელის ჩანერგვაც ადამიანის ორგანიზმში იწვევს ალერგიას – **ალერგენი** ეწოდება, ხოლო თუ მასალა იმუნურ რეაქციას ავითარებს – **ანტიგენი**.

ალერგიული რეაქცია შეიძლება გამოიწვიოს არამარტო ანტიგენური ბუნების მასალამ, არამედ იმ მასალამაც, რომელსაც ეს თვისებები არ გააჩნია. ალერგია ბერძნული სიტყვაა (ბერძნული ალლოს – სხვა და ერგონ – მოქმედება) – ესაა ორგანიზმის მგრძობიარობის ან რეაქტიულობის ცვლილება მასზე მიკრობების, უცხო ბუნების ტრანსოფმირებული ცილების ზემოქმედებაზე.

ასეთ მასალებს ეკუთვნის მრავალი **მიკრომოლეკულური შენაერთი**, მაგალითად სამედიცინო პრეპარატები, მარტივი ქიმიური ნივთიერებები (ქრომი, ნიკელი და სხვა), ასევე უფრო რთული არაცილოვანი შემადგენლობის პროდუქტები (მონომერები). მათ ეწოდებათ **ჰეპტენები**.

ორგანიზმში მოხვედრისას ისინი, როგორც წესი, არ რთავენ იმუნურ მექანიზმებს, არამედ ანტიგენები ხდებიან ადამიანის ორგანიზმის ქსოვილის ცილებთან შეერთების შემდეგ. ამასთან წარმოიქმნებიან ე. წ. **კონიუგირებული** (ანუ კომპლექსური) ანტიგენები, რომლებიც ორგანიზმის სენსიბილიზაციას იწვევს.

**სენსიბილიზაცია** ესაა ორგანიზმის მგრძობიარობის გაზრდა ეკზოგენური ან ენდოგენური წარმოშობის ბუნების ანტიგენების მიმართ.

ორგანიზმში **ჰეპტენების** (ალერგენების) მეორადი მოხვედრისას ისინი ხშირად ურთდება წარმოქმნილ ანტისხეულებს და/ან სენსიბილიზირებულ ლიმფოციტებს, უკვე დამოუკიდებლად წინასწარ ცილებთან მიერთების გარეშე. ზოგჯერ ანტიგენის როლს ასრულებს არა მთლიანად ქიმიური ნაერთი, არამედ მისი მხოლოდ ფრაგმენტის ფუნქციონალური ჯგუფები.

ერთნაირი ჯგუფები შეიძლება იმყოფებოდნენ სხვადასხვა ქიმიური ნაერთის შემადგენლობაში. ამიტომ ერთი ქიმიური ნივთიერების მიმართ სენსიბილიზაციისას

შესაძლებელია გამოვლინდეს ალერგია სხვა ქიმიური ჯგუფების მიმართ, თუ მათ ანალოგიური დაჯგუფება გააჩნიათ.

ხშირად რეაქცია ძირითად მასალებზე ავადმყოფებში (და შესაძლებელია ექიმებშიც) მიმდინარეობდეს **იდიოსინკრაზიის** ტიპით. **იდიოსინკრაზია** (ბერძნული იდეოს – თავისებური, არაჩვეულებრივი და სინკრასის – წანაცლება) - ორგანიზმის მომატებული მგრძობიარობა გარკვეული ნივთიერების მიმართ (საკვები პროდუქტები, მედიკამენტები და სხვა).

ამჟამად ორთოპედიული მკურნალობისათვის გამოიყენება ლითონების სხვადასხვა შენაერთები, რომელთა შემადგენლობაში შედის ქრომი, რკინა, ნიკელი, ტიტანი, მანგანუმი, კობალტი, თუთია, ვერცხლი, ოქრო, ბერილიუმი და დაახლოებით კიდევ ოცამდე ლითონი.

ამასთან ლითონის ორგანიზმზე ზემოქმედების ხარისხი მრავალ ფაქტორზეა დამოკიდებული, რომელთა შორის უმნიშვნელოვანესია ტექნოლოგია და ტექნოლოგიური დისციპლინა. ასე მაგალითად, ლითონის ხანგრძლივი და ძლიერი გახურება იწვევს სტრუქტურული მარცვლების საზღვრების გასწვრივ ოქსიდების წარმოქმნას; მაფორმირებელი მასის არასწორი შერჩევა იწვევს სხმულის გაჭუჭყიანებას გოგირდით და ა. შ. მინარეული ატომების (ნიკელი, ქრომი, რკინა, სპილენძი, მანგანუმი) არსებობა სავსებით შესაძლებელია მრავალი ავადმყოფობის მიზეზი გახდეს.

ორგანიზმში უჟანგავი ფოლადის პროტეზმა შეიძლება გამოიწვიოს გაღვანური დენები, რომლებიც უშუალოდ ზემოქმედებენ უჯრედებზე, ცვლიან რა მათ მემბრანულ პოტენციალს, იონურ ცვლას და ა.შ. ლითონური ჩანართების პოტენციალი შეიძლება დიდი იყოს და შექმნას 70 მა ტოლი დენი, რამაც შეიძლება არასასიამოვნო შეგრძნებები გამოიწვიოს. ქრომის იონები ადვილად აღწევენ ადამიანის ორგანიზმში, მაგალითად დაუზიანებელი კანიდანაც კი, რაც შეიძლება გარკვეული ავადმყოფობის მიზეზიც გახდეს.

მედიცინაში გამოყენებულ ქრომ-ნიკელის შენაერთებს გააჩნიათ საექვო ინერტულობა. **ბერილიუმი**, რომელიც ჩვეულებრივ გამოიყენება როგორც ამ შენაერთების სამსხმელო თვისებების გასაუმჯობესებელი დანამატი, ითვლება პოტენციურ **კანცეროგენულ** დანამატად და წარმოადგენს პოტენციურ საშიშროებას ლაზორანტებისათვის, რომლებმაც შესაძლებელია ჩაისუნთქონ ბერილიუმისა და მისი შენაერთების ორთქლი, თუ დაცული არ იქნება შესაბამისი პირობები.

ნიკელმა შეიძლება გამოიწვიოს ალერგიული რეაქცია მაღალი მგრძობიარობის ადამიანებში. ის იძლევა გაცილებით მეტ ალერგიულ დანამატებს ვიდრე ყველა სახის ლითონი ერთად აღებული. რიგი მკვლევარების აზრით მთელი მოსახლეობის 4,5 % გააჩნია ნიკელის მიმართ მგრძობიარობა, ამასთან რეაქციის ალბათობა ქალებში 10-ჯერ მეტია ვიდრე მამაკაცებში.

## მედიცინაში გამოყენებული ლითონებისა და შენადნობების ფიზიკური, ქიმიური, მექანიკური და ტექნოლოგიური თვისებები

მასალის პრაქტიკული მიზნით გამოყენების წინ საჭიროა ვიცოდეთ მისი თვისებები. ლითონები და მათი შენადნობები ხასიათდებიან ფიზიკური, ქიმიური, მექანიკური და ტექნოლოგიური თვისებებით.

**მასალის ფიზიკური თვისებები:** ფერი, სიმკვრივე, დნობის ტემპერატურა, დნობის სითბო, სითბური გაფართოება, სითბოგამტარობა, ელექტროგამტარობა, მაგნიტური თვისებები და სხვა.

**ქიმიურ თვისებებს მიეკუთვნება:** მასალის უნარი წინააღმდეგობა გაუწიოს სხვადასხვა გარემოს ქიმიურ და ელექტროქიმიურ ზემოქმედებას ნორმალურ და მაღალ ტემპერატურებზე, რეაქციაში შევიდეს სხვა მასალებთან.

**ლითონებისა და შენადნობების მექანიკური თვისებები** ეწოდება იმ თვისებების ერთობლიობას, რომლებიც ახასიათებენ მათ უნარს წინააღმდეგობა გაუწიონ გარეშე დატვირთვებს.

მასალების ტექნოლოგიური თვისებები ახასიათებენ მათ უნარს დაემორჩილონ ცივ და ცხელ დამუშავებას. ლითონები წარმოადგენს ნივთიერებებს, რომლებიც ჩვეულებრივ პირობებში ხასიათდებიან მაღალი ელექტრო- და სითბოგამტარობით, ჰედადობით, “ლითონური ბზინვარებით”, სინათლისადმი გაუმჭვირვალობით და სხვა თვისებებით, რომლებიც განპირობებულია მათ კრისტალურ მესერში დიდი რაოდენობის გამტარებლობის მოძრავი ელექტრონების არსებობით.

პრაქტიკაში ლითონები პირობითად ორ ნაწილად იყოფიან: **შავი ლითონები (რკინა და მათი შენადნობები)** და **ფერადი ლითონები ( სპილენძი, თუთია, კალა და სხვა დანარჩენი).**

### ლითონების თვისებები აიხსნება მათი აგებულებით, კერძოდ:

- 1) ატომების ელექტრონების განლაგებით და მათი მოძრაობის თავისებურებით;
- 2) ატომების, იონების და მოლეკულების განლაგებით სირცეში;
- 3) კრისტალური მესრის ზომებით, ფორმით და ხასიათით.

ატომური აგებულების თავისებურება განსაზღვრავს ლითონების ურთიერთქმედების ხასიათს, უნარს წარმოქმნას სხვადასხვა შენაერთები, რომლებშიც შედის რამდენიმე ლითონი, ლითონი არალითონთან და სხვა. სხვადასხვა ტემპერატურაზე, ზოგიერთ ქიმიურ ელემენტს გააჩნია ორი და მეტი მდგრადი კრისტალური მესერი. ერთი და იმავე ლითონის სხვადასხვა ტემპერატურაზე, სხვადასხვა ფორმაში (მოდიფიკაციაში) არსებობას, **პოლიმორფიზმი** ან **ალოტროპია** ეწოდება, ხოლო ერთი აგებულებიდან მეორეში გადასვლას – **პოლიმორფული (ალოტროპიული) გადასვლა**.

**პოლიმორფული გადასვლის** შედეგად მიღებულ ალოტროპიულ ფორმებს ჩეულებრივ აღნიშნავენ ბერძნული ანბანის ასოებით  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ . ასეთ პოლიმორფულ ლითონებს ეკუთვნის **კობალტი (Co), კალა (Sn), თუთია (Zn), მანგანუმი (Mn), რკინა (Fe)** და სხვა.

ლითონებს, რომლებსაც მხოლოდ კრისტალური მესრის ერთი ტიპი გააჩნია, **იზომორფული** ეწოდებათ, მათ ეკუთვნით **ალუმინი (Al), სპილენძი (Cu), ნიკელი (Ni), ქრომი (Cr), ვოფრამი (W)** და სხვა.

ლითონური შენადნობები ესაა მაკროსკოპული ერთგვაროვანი სისტემები, რომლებიც შედგებიან ორი და მეტი ლითონისაგან, დამახასიათებელი ლითონური თვისებებით. ფართო გაგებით შენადნობები ეწოდება ნებისმიერ ერთგვაროვან სისტემებს, რომლებიც მიიღებიან ლითონების, არალითონების, ოქსიდების, ორგანული ნივთიერებების შედნობით.

ქიმიურ ელემენტებს, რომლისგანაც შედგებიან **შენადნობები** კომპონენტები ეწოდებათ. შენადნობის ერთგვაროვან ნაწილს, რომელიც შემოსაზღვრულია გამყოფი ზედაპირით, **ფაზა** ეწოდება. გამყოფი საზღვრის გადაკვეთისას შემადგენლობა ან სტრუქტურა შეიძლება მკვეთრად შეიცვალოს.

ელემენტების (კომპონენტების) რაოდენობისაგან დამოკიდებულებით არჩევენ ორ-, სამ- და მრავალკომპონენტის შენადნობებს.

**სუფთა ლითონი** ეს არის სისტემა ერთი კომპონენტისაგან. თუ ალოტროპიულ გარდაქმნას ადგილი არა აქვს, ასეთი სისტემა შეიძლება შედგებოდეს:

- 1) ერთი ფაზისაგან (აირადი);
- 2) ორი ფაზისაგან (აირი სითხე ან აირი, მყარი სხეული);
- 3) სამი ფაზისაგან (აირი, სითხე, მყარი სხეული).

თითოეული ამ ფაზათაგანი ერთკომპონენტისაა. სისტემები შეიძლება იყვნენ ჰომოგენური და ჰეტეროგენური. სისტემა ჰომოგენურია თუ ის ფიზიკურად ერთგვაროვანია, მიუხედავად მისი ქიმიური ერთგვაროვნებისა. მაგალითად, ქიმიური კომპონენტების (აზოტი, ჟანგბადი და სხვა) ნარევი, რომლებიც ქმნის ჰაერს, ჰომოგენური ერთფაზა სისტემაა. სისტემები, რომლებიც შედგებიან ერთზე მეტი ფაზისაგან, წარმოადგენენ ჰეტეროგენულ სისტემებს. იმისათვის, რომ სისტემა ქიმიურად მთლიანად იქნას აღწერილი, საჭიროა ვიცოდეთ ფაზების რიცხვი, მათი ფარდობითი რაოდენობა და თითოეული მათგანის შემადგენლობა. ფაზის შემადგენლობის ქვეშ იგულისხმება ყველა კომპონენტის ფარდობითი შემცველობა, რომლისგანაც ის შედგება. სიტყვა შემცველობა (ზოგჯერ იხმარება – კონცენტრაცია) იხმარება ერთმანეთში ხსნადი ელემენტების კომპონენტების მიმართ, ხოლო შემადგენლობა ფაზის მიმართ.

როგორც ცნობილია, ქიმიური ელემენტები ატომის სახეებია, რომლებსაც გააჩნიათ ატომბირთვის ერთნაირი მუხტი. ერთგვაროვანი ატომები ერთმანეთთან შეერთებისას ქმნიან მარტივ ნივთიერებებს. ხოლო სხვადასხვაგვარმა ატომებმა შეიძლება შექმნან:

- 1) მყარი ხსნარები;
- 2) მარტივი ნივთიერებების მექანიკური ნარევი;

3) ქიმიური ნაერთი.

როდესაც ერთი ელემენტის ატომები შედიან მეორე ელემენტის კრისტალურ მესერში, მაშინ ამბობენ, რომ მიიღება მყარი ხსნარი. მყარ ხსნარში კომპონენტების ატომებს შორის თანაფარდობა შეიძლება ფართო ფარგლებში იცვლებოდეს. არსებობს მყარი ხსნარების სამი სტრუქტურული ტიპი:

- 1) ჩანაცვლების მყარი ხსნარი;
- 2) ჩანერგვის მყარი ხსნარი;
- 3) გამოკვლების მყარი ხსნარი.

**ჩანაცვლების მყარ ხსნარში** მეორე კომპონენტის ატომები ჩანაცვლებიანძირითადი (გამხსნელი) ატომების ადგილებს კრისტალური მესრის კვანძებში. ამასთან ჩანაცვლება ხდება ქაოსურად ყოველგვარი წესრიგის გარეშე.

**ჩანერგვის მყარი ხსნარის** შემთხვევაში მეორე კომპონენტის ატომები თავსდება პირველი კომპონენტის ატომებს შორის სივრცეში გამოკვლების მყარი ხსნარები (ხსნარები დეფექტური მესრით) წარმოიქმნიან მხოლოდ ქიმიური ნაერთების ფუძეზე. ასეთ მყარ ხსნარებში ელექტროფიზიკური თვისებები ერთმანეთისაგან მკვეთრად არ უნდა განსხვავდებოდეს (ე. ი. ორივე უნდა იყოს ელექტროდადებითი ან ელექტროუარყოფითი). ცხადია ამ პირობის შესასრულებლად ელემენტები უნდა იმყოფებოდნენ პერიოდული სისტემის ერთ ქვეჯგუფში ან მეზობელ ჯგუფებში.

მიუხედავად მათი ტიპისა, **მყარ ხსნარებს** გააჩნიათ ატომური ხასიათი. ეს იმას ნიშნავს, რომ მათ კრისტალურ მესერში შეიძლება აღმოჩენილ იქნას მხოლოდ ატომები მაგრამ არა მოლეკულები.

**მყარი ხსნარის** წარმოქმნის ნიშანია გამხსნელი კომპონენტის კრისტალური მესრის ტიპის შენარჩუნება. მყარი ხსნარების წარმოქმნისას კრისტალური მესერი ყოველთვის მახინჯდება და მესრის პერიოდი ან იზრდება ან მცირდება. თანაც ჩანერგვის მყარი ხსნარის წარმოქმნისას გამხსნელი კომპონენტის მესრის პერიოდი ყოველთვის იზრდება.

როდესაც კომპონენტების ატომები მყარ მდგომარეობაში ერთმანეთში არ იხსნება (არ წარმოქმნის მყარ ხსნარს) და ასევე არ შედის ერთმანეთთან ქიმიურ რეაქციაში და არ ქმნის ქიმიურ ნაერთს, მაშინ წარმოიქმნება მექანიკური ნარევი და შენადნობი შედგება კომპონენტების კრისტალებისაგან.

იმ შემთხვევებში, როდესაც ელემენტების ელექტროქიმიურ თვისებებს შორის განსხვავება დიდია, წარმოიქმნება ქიმიური ნაერთი. ქიმიურ ნაერთში კომპონენტების რაოდენობის ფარდობა ყოველთვის მცირე მარტივი რიცხვების ფარდობის შესაბამისია - **AnBm** სადაც **n** და **m** მარტივი რიცხვებია<sup>228</sup>.

---

<sup>228</sup> ნატურალური რიცხვს ეწოდება **მარტივი**, თუ მას მხოლოდ ორი გამყოფი (თავისთავი და ერთი) აქვს, ხოლო შედგენილი, თუ ორზე მეტი გამყოფი აქვს. (**ნატურალური რიცხვი** - მთელი დადებითი რიცხვი (1, 2, 3,...) ან მთელი არაუარყოფითი რიცხვია (1, 2, 3,...). პირველი განსაზღვრება გამოიყენება რიცხვთა თეორიაში, მეორე კი, სიმრავლეთა თეორიასა და კომპიუტერულ მეცნიერებაში. ნატურალურ რიცხვებს აქვთ ორი ძირითადი დანიშნულება: მათი გამოყენება შეიძლება დასათვლელად („მაგიდაზე 3 წიგნია“) და

ქიმიური ნაერთის თვისებები მკვეთრად განსხვავდება მისი შემადგენელი ელემენტების თვისებებისაგან, მაშინ როდესაც მყარი ხსნარის წარმოქმნისას თვისებები მდოვრედ იცვლება მეორე კომპონენტის რაოდენობის ზრდასთან ერთად და ის ახლოსაა ან ერთი ან მეორე კომპონენტის თვისებასთან.

**ნებისმიერი შენადნობის** შესწავლა იწყება შესაბამისი სისტემის მდგომარეობის დიაგრამის აგებით და ანალიზით. ის საშუალებას გვაძლევს შევისწავლოთ ფაზები და შენადნობების სტრუქტურული შემადგენლები. იმისათვის, რომ გრაფიკულად აღწერონ რაიმე სისტემის ფაზური მდგომარეობა, სარგებლობენ ფაზური წონასწორობის დიაგრამებით, რომლებსაც **მდგომარეობის დიაგრამებსაც** უწოდებენ. სისტემის ფაზური მდგომარეობის აღწერის ქვეშ გულისხმობენ იმის დადგენას თუ რომელი ფაზები (ქიმიური ნაერთი, მყარი ხსნარი, მექანიკური ნარევი) არსებობს სისტემაში და რა ფარგლებში.

**მდგომარეობის დიაგრამებით** გრაფიკულად აღწერენ წონასწორობაში მყოფ ფაზებს ცვლადი სიდიდეების (შემადგენლობა, ტემპერატურა, წნევა) სხვადასხვა მნიშვნელობისათვის. ეს სამი სიდიდე ერთმანეთისაგან სრულიად დამოუკიდებელია, ამიტომ ორკომპონენტური სისტემის დიაგრამა აისახება ზედაპირით სივრცეში. იმისათვის, რომ დიაგრამა გამოსახულ იქნას უფრო მოსახერხებლად (სიბრტყეზე), რომელიმე ამ სიდიდეს ჩათვლიან მუდმივად და აგებენ ტემპერატურა – შედგენილობა, წნევა – შედგენილობა ან ტემპერატურა - წნევა დიაგრამებს. უმრავლეს შემთხვევაში წნევა (ძალიან მაღალი წნევების გარდა) პრაქტიკულად გავლენას არ ახდენს ფაზურ წონასწორობაზე თხევად და მყარ მდგომარეობაში და ამიტომ ძირითადად აგებენ ტემპერატურა - შემადგენლობის დიაგრამებს.

### **ალტერნატიული ალტერნატიული საწვავი - ნავთობი სხვადასხვა წყაროებიდან**

ნავთობის სამრეწველო მოპოვება დაიწყო დაახლოებით ორი საუკუნის წინა. ამ პერიოდის განმავლობაში კაცობრიობამ დახარჯა ნავთობის მარაგის ნახევარზე მეტი. ამასთან დაკავშირებით მრავალმა მეცნიერმა გამოთქვა მოსაზრება ნავთობის მარაგის დრამატულ შემცირებაზე, რომელიც, მათი აზრით, XXI საუკუნის ბოლოსათვის არის მოსალოდნელი.

აღსანიშნავია, რომ ნავთობიანი საბადოების მოკლება არ ემუქრება კაცობრიობას საწვავის ტოტალური დეფიციტით. ბენზინის, ნავთის ან დიზელის საწვავის ქიმიურად მსგავსი ნივთიერებების მიღება შესაძლებელია **არანავთობური წარმოშობის ნახშირწყალბადოვანი ნედლეულისაგან.**

---

ასევე რიგობითობის მისანიჭებლად („ეს სიდიდით მე-3 მდინარეა ქვეყანაში“). ნატურალური რიცხვების დაყოფას თვისებების მიხედვით, ისევე როგორც მარტივ რიცხვებად დანაწილება, რიცხვთა თეორიის შესწავლის საგანია. თვლასთან დაკავშირებული პრობლემები, მაგალითად, რამსეისთეორია, ისწავლება კომბინატორიკაში).



**ძრავის სინთეზურ საწვავს** აწარმოებდნენ გერმანიაში ჯერ კიდევ მეორე მსოფლიო ომის დროს, მაგრამ ის ძალიან ძვირი ჯდებოდა. ამჟამად, როგორც ამერიკელი მეცნიერები ირწმუნებიან, ასეთი სახის სინთეზი უფრო რენტაბელურია. აიოვას უნივერსიტეტის ბიორესურსების პროგრამების განყოფილების დირექტორის, რობერტ ბრაუნის, მიერ შემოთავაზებულია სხვადასხვა ხისა და მცენარეული ნარჩენებისაგან ხელოვნური ნავთობის მიღების მეთოდი. ხელოვნური ნავთობის სინთეზს საფუძვლად უდევს უჟანგბადო გარემოში ბიომასის გაცხელება 500 °C-მდე, მიღებული მასის შემდგომი გამოხდა და კონდენსაცია.

**სინთეზური ნავთობი** გარეგნულად გავს ჩვეულებრივ ნავთობს, მაგრამ ქიმიური შედგენილობით მათ შორის არსებითი განსხვავებაა. როგორც ადასტურებს ბრაუნი, **ხელოვნური, ან ბიონავთობიდან** შესაძლებელია პრაქტიკულად ყველა იმ პროდუქტის გამოშვება, რომელსაც ამჟამად ლეზლობენ ბუნებრივი ნავთობიდან: სხვადასხვა სახის ნავთობპროდუქტები და ქიმიური ნედლეული.

### **”ციური” ნავთობი<sup>229</sup>**

**სინთეზური ნავთობი** მსოფლიოში პირველად მიიღეს გერმანიაში. პირველი მსოფლიო ომის დროს კაიზერის გერმანია მთლიანად მოწყვეტილი დარჩა ნავთობის ბუნებრივ წყაროებს. ჯარს ესაჭიროებოდა ძრავის საწვავი. გერმანელმა მეცნიერებმა თავიანთი მზერა მიმართეს ”ცისკენ”. ჯერ კიდევ 1908 წელს რუსმა გამომგონებელმა ი. ორლოვმა დაამტკიცა ნავთობური ნახშირწყალბადების მიღების შესაძლებლობა ნახშირბადის ოქსიდისა და წყალბადისაგან (ამ ნარევი მიიღო სახელწოდება - **წყალაირი**).

მართლაც, მხოლოდ ატმოსფეროდან ე. ი. ”ციდან” შესაძლებელია ამ აირის პრაქტიკულად შეუზღუდავი რაოდენობის მიღება. გერმანელმა მეცნიერებმა **ფიშერმა** და **ტროჰშმა** შეიმუშავეს სინთეზური ნავთობის მიღების ტექნოლოგია. თუმცა წყალაირი მათ მიიღეს არა ჰაერიდან, (მაშინ ეს იყო ძალიან ძნელი), არამედ **მურა ნახშირებიდან**. ნავთობის სინთეზი ხორციელდებოდა ამ გაზის კონტაქტით რკინა-ცინკის კატალიზატორებზე 180-200 °C -ზე და ატმოსფერული წნევის პირობებში.

ამენდა სინთეზური საწვავის წარმოების ქარხნები, რომლებიც მრავალი წლის განმავლობაში წარმატებით მუშაობდა. როდესაც დამთავრდა 1-ლი მსოფლიო ომი, გაიზარდა ბუნებრივი ნავთობის მოპოვება, ნავთობის ფასებმა დაიკლო. ფიშერისა და ტროჰშის სინთეზურმა ნავთობმა ვერ გაუწია კონკურენცია ბუნებრივ ნავთობს და მისი წარმოება შეწყდა.

ამჟამად, **ხელოვნური ნავთობის** იდეა კვლავ ამუშავდა. ნავთობის მიღება შესაძლებელია უშუალოდ ჰაერისგან, უფრო მეტიც, ეს ხელს შეუწყობს ატმოსფეროდან ჭარბი ნახშირმჟავის გამოძევებას, რომელიც მავნეა გარემოსათვის. დამწვარი საწვავის

<sup>229</sup> ე.ნიჟარაძე, ნ. მამულაიშვილი. ნავთობისა და გაზის ქიმია \_ სახელმძღვანელო. ბათუმი 2010. გვ. 142-145.

უამრავ რაოდენობას ყოველწლიურად ატმოსფეროში გადააქვს ნახშირორჟანგის (ნახშირბადის დიოქსიდ-ის) მილიარდობით ტონა. ამჟამად მისი მხოლოდ 10 % შთაინთქმება მცენარეებით.

### ნავთობი და გაზი ქვისგან (ფიქალისგან)

ჰაერისგან ნავთობის მიღება - მომავლის საქმეა. ამჟამად ნავთობს ღებულობენ ქვისგან. რასაკვირველია, ეს არ არის ჩვეულებრივი ქვა, არამედ ე. წ. **წვადი ფიქლებია** - ქანები, რომლებიც იდი რაოდენობით შეიცავენ ორგანულ ნივთიერებას, ე.ი. იმ ბუნებრივ მასალას, საიდანაც მიიღება ნახშირწყალბადები. ამერიკის შეერთებულ შტატებში **ფიქლის აირის** მოპოვება პირველად თითქმის ორი საუკუნის წინათ (1821 წელს) განხორციელდა ნიუ-იორკის რეგიონში. შემდგომში ეს მოვლენა მხოლოდ ისტორიულ ეპიზოდად დარჩა, რადგანაც აირის მოპოვების სიძვირე ნავთობპროდუქტებთან და კლასიკურ ბუნებრივ აირთან კონკურენციის საშუალებას არ იძლეოდა.

მე-20 საუკუნე ნავთობის საუკუნე გახდა. ოცდამეერთე საუკუნეს ნავთობი აღარ განსაზღვრავს. ასპარეზზე ახალი მოთამაშე - **ბუნებრივი გაზი** გამოჩნდა. სულ ცოტა ხნისწინ მსოფლიოს წარმოდგენაც კი არ ჰქონდა იმაზე, რომ ამერიკაში და მსოფლიოს სხვა ნაწილებშიც ბუნებრივი გაზის მოპოვება შესაძლებელი გახდებოდა არატრადიციული რეზერვუარების, მაგალითად, ფიქლის ან ნახშირის პლასტების ათვისების გზით. უეცრად აღმოჩნდა, რომ ტეხასის, პენსილვანიის, ოჰაიოს, ნიუ იორკის, ჩრდილო დაკოტასა და სხვა ბევრ შტატში თუ მის გარეთ - მაგალითად, გერმანიაში, ჩრდილოეთ პოლონეთში, ავსტრიაში, შვედეთში, უნგრეთში, უკრაინასა და კიდევ ბევრ ქვეყანაში - ათწლეულების განმავლობაში არსებობს ბუნებრივი გაზით მომარაგების რეალური პოტენციალი.

საერთაშორისო ენერგეტიკული პერსპექტივების კვლევამ აჩვენა, რომ მსოფლიო მასშტაბით, 2008-2035 წლებში არატრადიციული წყაროებიდან მიღებული გაზის რაოდენობა ყოველწლიურად 5.2 %-ით გაიზრდება. ამავე წლებში გაზის მთლიანი მოცულობა მხოლოდ 1.4 %-ით გაიზრდება. ეს ნიშნავს იმას, რომ უახლოეს პერსპექტივაში ელექტროენერჯის სექტორში ბუნებრივი გაზი ჩაანაცვლებს ნახშირს. ეს მნიშვნელოვნად შეამცირებს ნახშირბადის ემისიას. ბუნებრივ გაზს გავლენა ექნება განახლებად ენერჯიაზეც: იაფი ბუნებრივი გაზი შეავსებს ჰიბრიდულ მზის სადგურებს, რომლებიც ელექტროენერჯის ეკონომიკური მიმზიდველობის გაზრდის მიზნით გამოიყენებენ როგორც მზის სინათლეს, ისე ბუნებრივ გაზს. უფრო გრძელვადიან პერსპექტივაში, ნავთობის გაძვირებასთან ერთად იაფდება ბუნებრივი გაზი, და გაჩნდა დიდი სტიმული იმისა, რომ ტრანსპორტის სექტორში მეტი ბუნებრივი გაზი ყოფილიყო გამოყენებული. დღეს კომპრესირებულ ბუნებრივ გაზზე მუშაობენ ავტობუსები, საშუალო ზომის სატვირთო და მსუბუქი ავტომობილები.

**ბიტუმიანი სილები** - ალტერნატიულ საწვავად გამოყენებულა ბლანტი, **ნავთობმატარი სილებიც**. მიუხედავად იმისა, რომ მსოფლიოში ბიტუმიანი სილების

მარაგები უდიდესია, მომავალში მათგან ნავთობის მოპოვება (პროგნოზების შესაბამისად) ნავთობის მსოფლიო მოთხოვნილების მხოლოდ რამდენიმე პროცენტს შეადგენს. პრობლემა ისაა, რომ ბიტუმის სიღრმისგან ნავთობის მოპოვების ამჟამად ცნობილი ტექნოლოგიები მოითხოვენ მტკნარი წყლისა და ჯამური ენერგოდანახარჯების დიდ რაოდენობას, რომელიც, ზოგიერთი მონაცემებით, შეადგენს ასეთი ხერხით მოპოვებული ნავთობის ენერგეტიკული პოტენციალის დაახლოებით 2/3.

აშშ-ის გეოლოგიური სამსახურის მონაცემებით, წვადი ფიქლებისა და ნავთობმატარი სიღრმის მსოფლიო მარაგები შეფასებულია 700-800 მლრდ. ტონით, რაც 7-8 ჯერ აღემატება მთელ მსოფლიოში ნავთობის ყველა აღმოჩენილ მარაგს, მაგრამ ჩასატარებელი სამუშაოს მაღალი ღირებულება ხელს უშლის საწვავი ფიქლებისა და ნავთობმატარი სიღრმის ინტენსიურ გადამუშავებას. მიუხედავად ამისა, მსოფლიოს ზოგიერთ ქვეყანაში რამდენიმე წლის წინათ დაიწყო ამ პრობლემის პრაქტიკული განხორციელება. მაგალითად, ბრაზილიაში 1971 წლიდან გაშვებულია ფიქლების გადამუშავების საცდელი დანადგარი, რომლის დღიური წარმადობა შეადგენს 159 მ3 ფიქლის ფისს, 17 ტ გოგირდსა და 36,5 ათას მ<sup>3</sup> წვად აირს. ტექნოლოგიური პროცესების განვითარებასთან ერთად ნახშირწყალბადების მოპოვება წვადი ფიქლებისა და ნავთობმატარი სიღრმისაგან გახდება ჩვეულებრივი მოვლენა. ამ მხრივ პერსპექტიული იქნება ბიტუმის ქანების გადამუშავების ბირთვული მეთოდები, რომელზეც ამჟამად მუშაობენ ამერიკელი მეცნიერები. კომპანია "შევრონის" მონაცემებით მძიმე ნავთობისა და წვადი ფიქლების მსხვილმასშტაბიანი გადამუშავება დაიწყება მესამე ათასწლეულში.

**საწვავი ნახშირისგან** – ნახშირისგან სინთეზურ ბენზინს და დიზელის საწვავს აწარმოებდა ნაცისტური გერმანია მეორე მსოფლიო ომის დროს.

**სამხრეთ არაბულ რესპუბლიკებში** ცნობილი კომპანია **Sasol Limited**-ი 1955 წლიდან ნახშირისგან აწარმოებს სინთეზურ საწვავს. 2006 წლის დასაწყისში აშშ-ში განიხილებოდა ნახშირის არაპირდაპირი გათხევადების ცხრა ქარხნის მშენებლობის პროექტი. ისევე, როგორც ფიქლების შემთხვევაში, ნახშირისგან საწვავის მიღება სერიოზულ პრობლემას წარმოადგენდა, მაგრამ უფრო მცირე მასშტაბით ჭუჭყიანდებოდა გარემო.

## ბიოსაწვავი

ბიოსაწვავის გამოყენების ლიდერი ბრაზილიაა, რომელიც შაქრის ლერწმის მაღალი მოსავლიანობისა და მუშა ძალის დაბალი ღირებულების გამო, უზრუნველყოფს (სპირტის ხარჯზე) საწვავზე თავიანთი მოთხოვნილების 40 %. მცენარის დასარგავად ბიოსაწვავის წარმოება მოითხოვს დიდ ტერიტორიებს. ეს ტერიტორიები იწმინდება ტყეების განადგურების ხარჯზე (რაც მოითხოვს ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით ნახშირორჟანგის გადასვლას) ან საკვები და ფურაჟული კულტურების ხარჯზე (რაც გამოიწვევს სურსათზე ფასების ზრდას).

ამასთან - სოფლის მეურნეობის კულტურების დარგვა მოითხოვს ენერჯის დიდ დანახარჯებს. მრავალი კულტურისათვის EROEI (მიღებული ენერჯის შეფარდება დახარჯულ ენერჯიასთან) მცირედ აღემატება ერთს ან ზოგჯერ ერთზე ნაკლებია. ასე, მაგალითად: სიმინდისათვის EROEI შეადგენს 1,5. გავრცელებული აზრის საწინააღმდეგოდ ეს არ არის მიღებული ყველა კულტურისათვის: მაგალითად, შაქრის ლერწმისათვის EROEI-ს კოეფიციენტი შეადგენს 8, პალმის ზეთისათვის - 9.

იაპონელი მეცნიერების მიერ შემოთავაზებულია ბიოსაწვავის წარმოება ზღვის წყალმცენარეებისგან. ზოგიერთი მეცნიერის თვალსაზრისით, ძრავების მასური მუშაობა ეთანოლის გამოყენებით გაზრდის **ოზონის** კონცენტრაციას ატმოსფეროში, რაც გამოიწვევს ასტმისა და რესპირატორული დაავადებების რიცხვის ზრდას. ექსპერტთა აზრით, ორგანული ნივთიერებებიდან (სოიას ზეთი, სიმინდი ან ხორბალი) საწვავის ფართოდ დამზადება შესაძლებელია მხოლოდ ნავთობის გაძვირების პირობებში. ამავ დროს, მსოფლიოში ბიოლოგიური საწვავის ფართო გამოყენებასთან ერთად, იზრდება ეკოლოგების პროტესტი, რადგან ბიოლოგიური საწვავის დამზადებითა და გამოყენებით გამოწვეული ჯამური ეკოლოგიური ზარალი<sup>230</sup> გაცილებით მეტია, ვიდრე ბენზინის გამოყენებით გამოწვეული ზარალი.

**ჰიბრიდული ავტომობილები** ხასიათდება საწვავის მნიშვნელოვანი ეკონომიით. ამასთან ერთად დამატებით ღირებულებას წარმოადგენს ეკოლოგიური სისუფთავე. ჰიბრიდული ავტომობილების ნაკლი მდგომარეობს მაღალ ღირებულებასა და აკუმულატორების უტილიზაციის პრობლემაში.

**ელექტრომობილები** ელექტრომობილების ნაკლს წარმოადგენს: მაღალი ღირებულება, აკუმულატორების ხშირი დატენის აუცილებლობა და მათი უტილიზაციის პრობლემა, მათი ღირსება - ეკოლოგიური სისუფთავე. ელექტრომობილებს, ეკოლოგიურობით ემსგავსება **ავტომობილები წყალბადის ძრავით**. წყალბადს ღებულობენ წყლიდან ელექტროლიზით. ამასთან ერთად წყალბადის ძრავები, ისევე როგორც ელექტრომობილები, გამოყოფენ წყალს და არ აჭუჭყიანებენ ატმოსფეროს.

**წყალბადის ძრავის** ნაკლს წარმოადგენს დიდი საწვავი საცავის აუცილებლობა, რადგან წყალბადი ძალიან მსუბუქი აირია. ისევე, როგორც ავტომობილები წყალბადის ძრავები მოითხოვენ ელექტროენერჯის დიდ დანახარჯებს. არსებობს მისი მიღების რამდენიმე გზა:

- ნახშირის ან საწვავი ფიქლების წვა; მზის ბატარეები; ბირთვული სინთეზი.

ნავთობი ახლო მომავალში დარჩება სახალხო მეურნეობის ენერჯით მომარაგებისა და ნავთობქიმიური მრეწველობის ნედლეულით უზრუნველყოფის ძირითად წყაროდ. ნავთობისა და გაზის ქიმიის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე მეცნიერთა ძირითადი ძალისხმევა მიმართულია შემდეგ საკითხებზე:

➤ ნავთობისა და მისი ფრაქციების შედგენილობის ცოდნის შემდგომი გაღრმავება;

<sup>230</sup>ე. ნიჟარაძე, ნ.მამულაიშვილი. ნავთობისა და გაზის ქიმია \_ სახელმძღვანელო. ბათუმი 2010. გვ. 145.

- ნავთობისა და გაზის კომპონენტების კატალიზური პროცესების შემდგომი შესწავლა, განსაკუთრებით წყალბადის წნევის ქვეშ;
- ნავთობისა და ნავთობპროდუქტების გამოყენების ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტა.

ამ ბოლო დროს ნავთობის ქიმიასთან ერთად, მკვლევარების ინტერესი მნიშვნელოვნად გაიზარდა ნავთობის ფიზიკის მიმართ, **ზემოლეკულური სტრუქტურების** ფორმირებისა და დაშლის მიმართ, რომლებიც არსებით გავლენას ახდენენ ნავთობის ტექნოლოგიაზე.

ამრიგად, **ნავთობის ქიმია**, რომელიც დაახლოებით ასი წლის წინათ ჩაისახა გადაიზარდა მეცნიერების ისეთ დარგად, რომელსაც აქვს უნარი გადაწყვიტოს კაცობრიობის თანამედროვე პრობლემები.

## თავი 9

საქართველოს საგზაო ინფრასტრუქტურის საგზაო მშენებლობის საგზაო-საშენი მასალებით უზრუნველყოფის სტრატეგიებისათვის; „წყლის მშვიერი ნაკადი“; ხელოვნური ქვიშა; ქვიშაქვების დაშლა-დაქუცმაცების თბოტენიანი მეთოდი; ქვიშაქვების დაშლა-დაქუცმაცების თბოტენიანი მეთოდი; ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალები და მათი გამოყენება საგზაო საფარის კონსტრუირებისას; ძვრის დეფორმაციები; ნახევრად ხისტი საგზაო ფენილი; ბიტუმ-მინერალურ სისტემები; საგზაო სამოსების ოპტიმიზაცია; ჰორიზონტალური ძალისაგან გამოწვეული დატვირთვები და დეფორმაციები; საგზაო სამოსის გაანგარიშების კომპიუტერული პროგრამა; საქართველოს ტერიტორიაზე საგზაო-სამშენებლო ქვის მასალების გავრცელების რუკები; საგზაო ფენილებში ხელოვნური კვარცული ქვიშების გამოყენების ეფექტიანობისათვის; ფუძის დამატებითი (სადრენაჟო) ფენა; საგზაო ფენილზე ჰიდრო- და კლიმატური ფაქტორების გავლენა; ასფალტბეტონის ნარევებში გამოყენებული ქვიშები; ბუნებრივი ქვიშა; ხელოვნური ქვიშები; გარემოს დაცვა ქვის მასალების მოპოვებისას; სამრეწველო არასამთო საშენი მასალების საწარმოების პროექტირების ტექნოლოგიური ნორმები; საგზაო ფენილები ბიტუმმინერალური მასალებით; ასფალტბეტონის სტრუქტურა; ბიტუმის შემცველი საგზაო ფენილების სიმტკიცის საფუძვლები; კვარცული ქვიშაქვების ქიმიური შემადგენლობის და ფიზიკო-მექანიკური თვისებები; ასფალტბეტონის ნარევის დამზადების ახალი “განცალკავებული” ტექნოლოგია და მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობა; ასფალტური შემკვრელი; კვარცული ქვიშაქვების გადამუშავების თბოტენიანი მეთოდი.

## საქართველოს საგზაო ინფრასტრუქტურის საგზაო მშენებლობის საგზაო-საშენი მასალებით უზრუნველყოფის სტრატეგიისათვის

მსოფლიო მასშტაბით, ბოლო წლების განმავლობაში, შეინიშნება საგზაო ინფრასტრუქტურის, განსაკუთრებით კი გზების უპრეცედენტო განვითარება. ყოველმხრივ გაზრდილი გადაზიდვების, მსოფლიო მოცულობების, მოთხოვნათა დასაკმაყოფილებლად. გზათა უმეტესი მათგანი ექსპლუატაციაშია უკვე ოც წელზე მეტი ხნის განმავლობაში, რითაც ამოწურეს საკუთარი საექსპლუატაციო ვადა და „სასიცოცხლო ციკლი“, ამიტომ საჭიროა სულ უფრო მზარდი რესურსები საგზაო სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მახასიათებლების საჭირო დონემდე შესანარჩუნებლად.

გარდა აღნიშნულისა, რადგან სულ უფრო მეტი რაოდენობის ტვირთი გადაიზიდება არა მხოლოდ რკინიგზით, არამედ უფრო მოქნილი და სწრაფი ავტოტრანსპორტით, თან განუხრელად იზრდება სატრანსპორტო საშუალებების საშუალო მასა. შეინიშნება მოძრაობის ინტენსიობის ზრდა, ავტო-საბურავებში წნევის მატება, მაღალი ღერძული დატვირთვები და ხანგრძლივი სექსპლუატაციო ვადა, რაც განაპირობებს - გზების საერთო მდგომარეობის გაუარესებას. მესამე ათასწლეულში, მრავალი ქვეყანა დგას მსგავსი პრობლემის წინაშე. სულ უფრო მეტი დანახარჯებია საჭირო მათი საავტომობილო გზების ქსელის შესანარჩუნებლად. შედეგად, მცირდება რესურსები - ძველი გზების აღდგენისა და ახალი გზების მშენებლობისათვის.

საქართველოში, ხშირად არაა საკმარისი ფინანსები საგზაო მეურნეობის აუცილებელი მომსახურეობისათვის, რაც იწვევს გზების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლების სწრაფ გაუარესებას და სატრანსპორტო გადაზიდვებზე დანახარჯების ზრდას. ახალი გზების მშენებლობის ან ძველის მოდერნიზაცია - რეაბილიტაციის პროექტები ხშირად განიხილება მხოლოდ იმ თვალსაზრისით, ამართლებს თუ არა მათი ექსპლუატაციით მიღებული შემოსავალი მათზე გაწეულ კაპიტალურ ხარჯებს.

საქართველოს საგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების ფართო მასშტაბებმა გამოიწვია საგზაო მშენებლობის საგზაო-საშენი მასალებით, კონკრეტულად კი, ქვიშით მომარაგების მოთხოვნილების მკვეთრი გაზრდა, რამაც გააქტუალურა - ქვიშის მიღების ახალი, ალტერნატიული წყაროებისა და საშუალებების მოძიების სტრატეგიები.

ბუნებრივ გარემოში ქვიშის მოპოვებას თან სდევს ეკოლოგიური პრობლემის ინიცირება, მაგალითად -მდინარის ნაპირების ეკოსისტემის რღვევა, სანაპიროთა გამორეცხვა „წყლის მშვიერი ნაკადის“<sup>231</sup> გამო, მეწყერების წარმოშობა და სხვა არაერთი არასასურველი ფაქტორი. აღნიშნულიდან გამომდინარე, დღის წესრიგში დგება სამშენებლო ტექნოლოგიებში ხელოვნურად მიღებული ქვიშის გამოყენება.

<sup>231</sup> წყლის იმგვარი ნაკადი რომელშიც არაა(წინასწარ ამოღებულია) ინერტული მასალები და მშრალი ნატანი.

**ხელოვნური ქვიშის** მიღების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან წყაროდ შეიძლება ჩათვალოს ბუნებრივი ქვიშაქვები, რომლებიც საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე მრავლად მოიპოვება.

ჩატარებული კვლევების<sup>232</sup> საფუძველზე, ხელოვნური ქვიშის მიღების ალტერნატიულ წყაროდ, ჩვენი აზრით, შეიძლება მივიჩნიოთ თბილისის რეგიონში არსებული სუსტად შეკავშირებული კვარცული ქვიშაქვების დაშლა-დანაწევრების შედეგად მიღებული ხელოვნური ქვიშები, რომლებიც თბილისის რეგიონშიც მრავლად მოიპოვება. ამ მასალას იყენებდა ავჭალის სილიკატური აგურის ქარხანა საკუთარი პროდუქციის დასამზადებლად.

ქვიშაქვების დაშლის შედეგად მიღებული კვარცული ქვიშები გამოირჩევიან წვრილი, საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი ნაირსახეობით. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ნიმუშების აღების ადგილზე შეიმჩნევა სხვადასხვა სახის ქვიშაქვების ქანების მოკლე მანძილებში ურთიერთშენაცვლება. ძირითადად ჭარბობს საშუალო მარცვლოვანი ქვიშა. აქედან გამომდინარე, რეკომენდირებულია სხვადასხვა ფრაქციის ქვიშების ურთიერთშერევა სასურველი გრანულომეტრიული შემადგენლობის მისაღწევად.

**ხელოვნური ქვიშის** (კონკრეტულად კი ყველა საჭირო ფრაქციის ქვიშის) მისაღებად დღევანდელ პრაქტიკაში იყენებენ სამსხვრვ-დამანაწილებელ აგრეგატებს/წისქვილებს, რომელთა ექსპლოატაცია ძალზე ენერგოტევადია (ე.ი. მაღალ ენერგოხარჯიანია), თუმცა, ავტორის<sup>233</sup> მიერ ხელოვნური ქვიშის მისაღებად შემუშავებულია **ქვიშაქვების დაშლა-დაქუცმაცების თბოტენიანი მეთოდი**, რომელიც შეიძლება განხორციელდეს ისეთი დანადგარის საშუალებით, სადაც დაშლისათვის საჭირო ყველა ოპერაცია თავმოყრილია ერთ აგრეგატში.

ამგვარმა დანადგარმა შეიძლება იფუნქციონიროს როგორც სტაციონალური ქარხნის პირობებში, ასევე როგორც გადასაადგილებელი/მოხილური ვერსიით. მისი საშუალო მწარმოებლობა შეადგენს 8 ტ/სთ-ს, როდესაც ქვიშაქვების ნატეხების საწყისი ტემპერატურაა 20 °C.

ნახსენები დანადგარი ფუნქციონირებს შემდეგნაირად: 70 სმ-მდე ზომის ქვიშაქვების ნატეხები დანადგარზე დამონტაჟებული ამწით ან ავტოჩამტვირთავით მიეწოდება ჩასატვირთ ღარში, საიდანაც დახრილი სიბრტყის საშუალებით ხვდება 2,4მ დამეტრისა და 2,2მ სიგრძის ცილინდრულ ცხავში. ცხავი სიმაღლის 1/3-ით შევსებულია წყლით. წყალი ელექტროსპირალის საშუალებით ცხელდება 70-80 °C-მდე.

კვარცული ქვიშის ასფალტბეტონში გამოყენების ვარგისიანობის შესასწავლად და ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების დასადგენად ლაბორატორიულ პირობებში გამოცდილი იქნა კვარცული ქვიშისა და მტკიცე ქანების ხელოვნური ქვიშის სხვადასხვა

<sup>232</sup> მ. ბუქანიშვილი. ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალების ოპტიმალური გამოყენება საგზაო სამოსის კონსტრუქციებში. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია; სტუ - 2013; გვ. 15-16.

<sup>233</sup> იქვე, გვ. 16.

თანაფარდობით დამზადებული წვრილმარცვლოვანი და მსხვილმარცვლოვანი ასფალტბეტონის ნიმუშები.

ზემოთ ნახსენებ ნაშრომში ჩატარებული კვლევის შედეგად თეორიულად დასაბუთებულია და პრაქტიკულად დამტკიცებულია, რომ სტანდარტების შესაბამისი მაჩვენებლები მიღწეული იქნა ნიმუშებში თანაფარდობით 50 % კვარცული ქვიშა და 50 % მტკიცე ქანების ხელოვნური ქვიშა, თუმცა ზოგი პარამეტრი მიიღწევა კვარცული ქვიშის 75 % არსებობის შემთხვევაშიც.

ჩატარებული კვლევები იძლევიან საშუალებას, დასაბუთებულად განვსაზღვროთ ასფალტბეტონების წარმოებისას ხელოვნური კვარცული ქვიშის გამოყენების ოპტიმალური თანაფარდობები სამშენებლო ნორმებისა და სტანდარტების მოთხოვნების გათვალისწინებით.

### **ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალები და მათი გამოყენება საგზაო საფარის კონსტრუირებისას**

საგზაო საფარის კონსტრუირებისას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება ადგილობრივი ქვის მასალების გამოყენებას. ცნობილია, რომ საქართველო მდიდარია ქვის მასალებით, თუმცა ხშირად ისინი დაბალი ხარისხისაა და მათი გამოყენება საგზაო მშენებლობაში, არც თუ იშვიათად არ იძლევა კარგ შედეგს.

ჩვენი გზებისა და ქუჩების ბევრ უბანზე, მაღალი სიჩქარისა და ინტენსიური მოძრაობის პირობებში, საგზაო ფენილის მდგომარეობა ვერ უზრუნველყოფს ტრანსპორტის ნაკადის ნორმალურად ფუნქციონირებას. გამოცდილება ადასტურებს, რომ საქართველოს თბილი კლიმატისა და მთაგორიანი რელიეფის პირობებში, დიდ ქანობებზე, მოსახვევებში, გაჩერების ადგილებზე ავტომობილის დამუხრუჭებისა და წვევის ძალების ინტენსიური მოქმედება, უარყოფითად მოქმედებს საგზაო ფენილების მდგომარეობაზე. ამიტომ **არახისტ ფენილებზე** მასობრივად წარმოიქმნება **ძვრის დეფორმაციები**, რის გამოც საგზაო ფენილი ინტენსიურად ცვდება და იშლება, იზრდება გზის საექსპლუატაციო ხარჯები, მცირდება ფენილის ხანგამძლეობა, უარესდება უსაფრთხოება და სატრანსპორტო საშუალებათა მოძრაობის პირობები, აუცილებელი ხდება გზის სავალი ნაწილის სისტემატიური შეკეთება და განახლება, დეფორმირებულ ფენებზე დამატებითი ფენების მოწყობა, რასაც შედეგად მოსდევს ფენილების სისქის მეტისმეტად გაზრდა<sup>234</sup>.

ფენილებზე ძვრის დეფორმაციების წარმოქმნისა და ინტენსიური ცვეთის ერთ-ერთი ძირითადი მიზეზია ადგილობრივი კარიერებიდან მიღებული დამტვრეული ხრეშის მასობრივად გამოყენება. ეს ტრადიცია დიდი ხნის წინ დამკვიდრდა და გარკვეულად გამართლებული იყო ტრანსპორტის განვითარების ადრეულ ეტაპზე, როცა გაცილებით ნაკლები იყო ტრანსპორტის მოძრაობის ინტენსივობა და სიჩქარე.

<sup>234</sup> გოგლიძე ვ., ბურდულაძე დ., დუნდუა მ. საავტომობილო გზების ექსპლუატაცია. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი., 1997, გვ. 87.



საქართველოში საერთაშორისო და შიდასახელმწიფოებრივი დანიშნულების საავტომობილო გზების საერთო სიგრძე რამდენიმე ათასი კმ-ია. იზრდება გაუმჯობესებული ტიპის ფენილების რაოდენობა. მნიშვნელოვნად გაიზარდა საქალაქო ქუჩების ქსელი. კიდევ უფრო მნიშვნელოვანი ძვრებია მოსალოდნელი ამ მიმართულებით მომავალში.

საქართველოს საგზაო ქსელის პერსპექტიული განვითარების გეგმით უახლოესი მომავლისათვის გათვალისწინებულია საერთაშორისო და შიდასახელმწიფოებრივი გზების საერთო სიგრძის რამდენიმე ათასი კმ-ით გაზრდა. თბილისში განაშენიანების გენერალური გეგმა ითვალისწინებს საქალაქო ქუჩების ქსელის მნიშვნელოვან გაფართოებას. დიდი პერსპექტივებია დასახული აგრეთვე სხვა ქალაქების წინაშეც.

ყოველივე აღნიშნული მოითხოვს მთელი რიგი პრობლემური ხასიათის ამოცანების გადაწყვეტას. **ერთი მხრივ**, საგზაო მშენებლობაში უნდა დაინერგოს **საგზაო სამოსის/საფარის** ისეთი კონსტრუქციები, რომლებიც ადგილობრივი კარიერებიდან მიღებული ხრემოვანი მასალის გამოყენების პირობებში, მაქსიმალურად უზრუნველყოფს **საგზაო სამოსის** სათანადო სიმტკიცეს ძვრის დეფორმაციების მიმართ. **მეორეს მხრივ**, ცვეთისადმი მდგრადობისა და ხორკლიანი ზედაპირების შექმნის მიზნით სამოსის ზედაპირულ ფენაში ყველა შემთხვევაში დამტვრეული ხრემი უნდა შეიცვალოს მაღალი სიმტკიცის ქანებისაგან დამზადებული ლორღით.

ხრემოვანი მასალის გამოყენებისას ძვრისადმი მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით ყველაზე უფრო პერსპექტიულია ცემენტის მცირე დანამატების შეტანა არახისტი საგზაო სამოსებში. ასეთი ტიპის გაუმჯობესებული სამოსებიდან გარკვეული ტექნიკურ-ეკონომიკური უპირატესობით გამოირჩევა ნახევრადხისტი საგზაო ფენილი, რომლებიც დამუშავებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში. **ნახევრად ხისტი ფენილი** ბიტუმ-მინერალური სისტემისაგან შექმნილი ფენილია, რომლებშიც ჩართულია შუალედური, თხელი ხისტი ფენა ქვიშა-ცემენტის ხსნარისაგან. ასეთი ხისტი ფენა ასრულებს ჩონჩხის როლს, მკვეთრად ადიდებს ფენილის კონსტრუქციულ სიხისტეს და ძვრის დეფორმაციებისადმი მდგრადობას.

**ნახევრად ხისტი ფენილი** თანატოლი სისქის ასფალტბეტონის ფენაზე უფრო იაფი ჯდება, ამავე დროს მისი სიმტკიცე რამდენჯერმე აღემატება ასფალტბეტონის ფენის სიმტკიცეს. მისი ფენილების თავისებურება ის არის, რომ ჰორიზონტალური მიმართულებით ისე მუშაობს, როგორც ბეტონის ხისტი ფენილები, ხოლო ვერტიკალური მიმართულებით – როგორც ასფალტბეტონის არახისტი ფენილები. მათი ტექნიკური უპირატესობა დაადასტურა პრაქტიკულმა გამოყენებამ და გრძივ ღუნვაზე თხელი ფილების მდგრადობის სათანადო გაანგარიშებამ.

ეკონომიკური უპირატესობის მაჩვენებელია ის, რომ ნახევრად ხისტი ფენილებში შესაძლებელია ფართოდ იქნეს გამოყენებული დაბალი სიმტკიცის ხრემოვანი მასალა ბუნებრივი სახით ან ლორღად გადამუშავებული, აგრეთვე სხვა არაკონდიციური ქვის მასალები, რომელთა გამოყენებას, როგორც ძვრისადმი არამდგრად მასალებს, კრძალავს ნორმატიული ტექნიკური დოკუმენტაცია.

ძვრისადმი მდგრადობის კიდევ უფრო გაზრდის მიზნით ნახევრად ხისტ სამოსებში შუალედი ხისტი ფენების მოწყობასთან ერთად მიზანშეწონილია 1-1,5 %-ით შემცირდეს ბიტუმის რაოდენობა ტექნიკური პირობებით გათვალისწინებულ ოპტიმალურ რაოდენობასთან შედარებით. ბიტუმის რაოდენობის შემცირება აქვეითებს ფენილების პლასტიკურობას და შესაბამისად ადიდება ძვრისადმი მდგრადობას, მაგრამ ამავე დროს აძლიერებს ფენილების ცვეთას. ამ უარყოფითი მოვლენების თავიდან აცილების მიზნით საჭიროა ასეთ ფენილებზე დავიტანოთ ზედაპირული ცვეთგამძლე და წყალგაუმტარი დამცავი ფენა.

**ბიტუმ-მინერალურ სისტემებში** ბიტუმის რაოდენობის შემცირება დაკავშირებულია, ფენილების დატკეპნის ხარისხის გაზრდის საჭიროებასთან. ცვეთგამძლე, წყალგაუმტარი ზედაპირული ფენის დატანა და ფენილის მაქსიმალურად დატკეპნა ის ძირითადი ფაქტორებია, რომლებიც უზრუნველყოფენ ბიტუმის რაოდენობის შემცირების უარყოფითი შედეგების კომპენსაციას. ბიტუმის რაოდენობის შემცირება, ფენილებში ტექნიკურ უპირატესობასთან ერთად, დაკავშირებულია მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ეფექტთან – ბიტუმის ეკონომიასთან, რასაც თანამედროვე ეტაპზე სახელმწიფოებრივი მნიშვნელობა ენიჭება.

ნახევრად ხისტი სამოსების სხვადასხვა ვარიანტის ტექნიკურ-ეკონომიკური შედარების დროს უპირატესობა უნდა მიეცეს ერთნაირი სიმტკიცის მქონე იმ ვარიანტს, რომელშიც ხისტი შუალედი ფენის მოსაწყობად მაქსიმალურად იქნება გამოყენებული ხრემოვანი მასალა<sup>235</sup>.

ამჟამად, ქვეყნის საგზაო მშენებლობა ქვის მასალით თითქმის მთლიანად ადგილობრივი ხრემის კარიერებიდან მარაგდება. ეს კარიერები მცირე სიმძლავრის საწარმოთა სახითაა გაბნეული საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე და ცალკეულ საგზაო ობიექტებს ემსახურებიან.

კარიერების დამუშავების დღევანდელი ორგანიზაციული ფორმები არ არის ეფექტიანი და ძირეულ გარდაქმნას მოითხოვს. მრავალწლიანი გამოცდილება გვიჩვენებს, რომ საგზაო მშენებლობის ქვის მასალით მომარაგებისათვის მეტად მნიშვნელოვანია საბაზისო კარიერების გახსნა და იქ ღორღის ქარხნების მოწყობა, ეს შესაძლებელს გახდის საგზაო მშენებლობა მოვამარაგოთ ცენტრალიზებული წესით, მაღალხარისხიანი ღორღით.

საბაზისო კარიერებისა და ღორღის ქარხნების შექმნა დადებითად იმოქმედებს საგზაო მშენებლობის მრავალ ფაქტორზე. მაღალხარისხიანი ღორღის გამოყენებით გაუმჯობესდება საგზაო ფენილების სატრანსპორტო-საექსპლუატაციო მაჩვენებლები, გაიზრდება ფენილების მუშაობის ხანგრძლივობა, შემცირდება საექსპლუატაციო ხარჯები, რის შედეგადაც საგრძნობლად ამაღლდება საგზაო მშენებლობის ეფექტიანობის დონე, შეიქმნება ხორკლიანი ფენილების მასობრივად დანერგვის პირობები, შეიქმნება იმის შესაძლებლობა, რომ სრულყოფილად შევისწავლოთ

<sup>235</sup> გოგლიძე ვ. საავტომობილო გზების მშენებლობა. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი., 1989, გვ. 92.

ცენტრალიზებული წესით მიღებული ღორღის თვისებები მათი საგზაო ფენილებში გამოყენების თვალსაზრისით, სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში. ეს კი მეტად მნიშვნელოვანია, რადგანაც ყოფილი საბჭოთა ტექნიკური დოკუმენტაცია ვერ უზრუნველყოფდა ადგილობრივი ქვის მასალის ხარისხის სწორ შეფასებას.

ღორღის თვისებების უფრო სრულად შესწავლა საშუალებას მოგვცემს მნიშვნელოვნად შემცირდეს გეოლოგიურ-სადიებო სამუშაოები საავტომობილო გზების მშენებლობისათვის საჭირო ქვის მასალების გამოსავლენად, განსაკუთრებით შავი ზღვისპირეთის რაიონებში, რომლის ზოგიერთ ზონაში გარემოს დაცვის მიზნით უკვე დიდი ხანია აკრძალულია ქვიშა-ხრემის კარიერების ექსპლუატაცია და მასალის გამოზიდვა.

საბაზისო კარიერების შექმნა, ქვის მოპოვებისა და დამუშავების პროცესების მაქსიმალური მექანიზაციის და ავტომატიზაციის საშუალებას მოგვცემს. საგზაო სამოსის დაპროექტება და კონსტრუირება წარმოადგენს მეტად საპასუხისმგებლო საქმეს. იგი მდგომარეობს ისეთი ოპტიმალური კონსტრუქციის შერჩევაში, რომელიც მოძრაობის მოცემული შემადგენლობისა და ინტენსივობის პირობებში მინიმალური დანახარჯებით უზრუნველყოფს საგზაო საფარის საჭირო სატრანსპორტო-საექსპლოატაციო თვისებებს და საიმედოობას ექსპლოატაციის ვადის მთელი პერიოდის განმავლობაში.

მეცნიერული შრომები და გაანგარიშების მეთოდები, რომლებიც **საგზაო სამოსების ოპტიმიზაციას** ემსახურება მაღალპროფესიურ დონეზეა შესრულებული, მაგრამ არსებობს ზოგიერთი ფაქტორი, რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ საგზაო სამოსების მდგრადობაზე და აღნიშნულ მეთოდებში არ არიან გათვალისწინებული: კერძოდ, საანგარიშო სქემებში არასრულყოფილადაა გათვალისწინებული **ჰორიზონტალური ძალისაგან გამოწვეული დატვირთვები და დეფორმაციები**, რომელთა გავლენის შედეგად ირღვევა საგზაო ფენილის სისწორე და შესაბამისად უარესდება ტრანსპორტის მუშაობის პირობები.

**საანგარიშო სქემებში ჰორიზონტალური ძალების** გათვალისწინება განსაკუთრებით აქტუალურია საქართველოს ცხელი კლიმატისა და მთაგორიანი რელიეფის გამო.

გადაუდებლად აუცილებელია **საგზაო სამოსის გაანგარიშების კომპიუტერული პროგრამის** დახვეწა, რაც საშუალებას იძლევა გაანგარიშება განხორციელდეს მცირე დროში რამოდენიმე საჭირო პარამეტრის ერთობლივად გათვალისწინებით.

**საბაზისო კარიერები და ღორღის ქარხნები** მიზანშეწონილია შეიქმნას **ამოფრქვეული ქანების საბადოების ბაზაზე** (საცვეთი ფენებისათვის) და **ხარისხოვანი ხრეშოვანი მასალის საბადოების ბაზაზე** (ფენილის ყველა სხვა კონსტრუქციული ფენისათვის). საგზაო სამოსის ყველა სხვა კონსტრუქციულ ფენაში შესაძლებელია გამოყენებულ იქნეს ადგილობრივი კარიერებიდან მიღებული ხრეშოვანი მასალა. მხოლოდ ამ გზითაა შესაძლებელი საქართველოს საგზაო ქსელის ხარისხის მსოფლიოს სტანდარტების დონემდე ამაღლება.

გაანგარიშებებით დადასტურებულია, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ტექნიკურ-ეკონომიკურად უფრო მიზანშეწონილია **ამოფრქვეული მაგარი ქანების**

საბადოების ბაზაზე შეიქმნას ორი საბაზისო კარიერი, ერთი აღმოსავლეთ და მეორე დასავლეთ საქართველოში.

კარიერებთან ერთად უნდა აშენდეს სათანადო ღორღის ქარხნები. ამას გარდა ორი საბაზისო კარიერი საჭიროა შეიქმნას კირქვების საბადოების ბაზაზე. ამ კარიერებზე უნდა მოეწყოს კირქვის ღორღისა და მინერალური ფხვნილის წარმოება.

საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული საგზაო-სამშენებლო მასალების სრულად აღრიცხვის მიზნით ავტორმა შეაგროვა<sup>236</sup> ყველა იმ საპროექტო, სამშენებლო და გეოლოგიურ ორგანიზაციაში არსებული ცნობები, რომლებიც იძიებენ და იკვლევენ ქვის მასალის საბადოებს. ამის საფუძველზე შედგენილია საქართველოს ტერიტორიაზე საგზაო-სამშენებლო ქვის მასალების გავრცელების რუკები. პირველ რუკაზე მოცემულია ამოფრქვეული, დანალექი და მეტამორფული კლდოვანი ქანების 216 საბადო, მეორეზე - ქვიშა-ხრეშის 328 საბადო. კლდოვანი ქანების 148 საბადოდან (კარბონატული ქანების გამოკლებით) 98 განლაგებულია დასავლეთ საქართველოში, ხოლო 50 - აღმოსავლეთ საქართველოში.

ამ საბადოების 60 პროცენტი შეიცავს ქანებს, რომელთა სიმტკიცის ზღვარი ნაკლებია 120 მპა. კლდოვანი ქანების საბადოები, რომლებიც პირველი და მეორე ჯგუფის ქანების მეორე კლასს მიეკუთვნება, ძირითადად თავმოყრილია დიდი კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის მაღალმთიან რაიონში, მდინარე ძირულის კრისტალურ მასივში და მცირე კავკასიონის სამხრეთ ნაწილში. მათთან დაკავშირება შეიძლება მხოლოდ მეოთხე-მეხუთე კატეგორიის საავტომობილო გზებით, რომლებიც ძირითადად მთიან რელიეფზეა განლაგებული და ზამთარში ძნელად გასავლელი ხდება. ზოგიერთ ასეთ საბადოს მარაგი მეტად მცირეა, ხოლო ქანების სიმტკიცის მიხედვით დიდად ცვალებადი.

აღნიშნულის გამო ამ საბადოებიდან საბაზისო კარიერების შესაქმნელად მისაღები აღმოჩნდა მხოლოდ 5, რომელთა ქანების სიმტკიცე 120 მპა-ს აღემატება, ხოლო მარკა ცვეთის მიხედვით შეადგენს R-25-ს. მათ ბაზაზე შეიძლება შეიქმნას საკარიერო მეურნეობა და აიგოს წელიწადში სულ ცოტა 50 000 მ<sup>3</sup> წარმადობის ღორღის ქარხნები. საბაზისო კარიერის შესაქმნელად საბადოს შერჩევას უპირატესობა იმ საბადოს უნდა მიეცეს, რომელიც შედარებით ახლოსაა განლაგებული და მზა პროდუქციის ტრანსპორტირების თვალსაზრისით უფრო ხელსაყრელი იქნება.

მაგალითად, დასავლეთ საქართველოსათვის ამ მიზნით უპირატესობა ეძლევა ოფურჩხეთის ტემენიტის საბადოს, თუმცა აქ უნდა გავითვალისწინოთ ის გარემოება, რომ ღორღის ქარხანა ამუშავებს მხოლოდ მოსაპირკეთებელი ქვის ფილების წარმოების ნარჩენებს. იგივე შეიძლება ითქვას თელოვანის ანდეზიტ-ბაზალტის საბადოზე აღმოსავლეთ საქართველოში. ქანების ღორღად გადამამუშავების საერთო ტექნოლოგიური

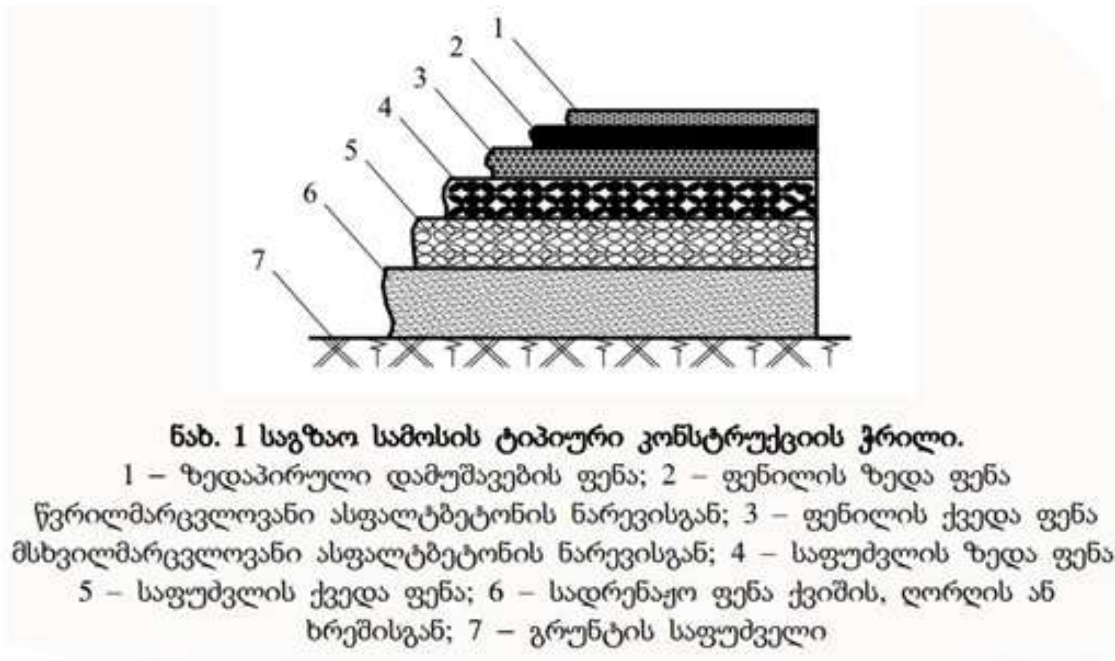
---

<sup>236</sup> მ. ბეჟანიშვილი. ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალების ოპტიმალური გამოყენება საგზაო სამოსის კონსტრუქციებში. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია; სტუ - 2013; გვ. 26-27.

სქემა ამ კარიერებსა და ქარხნებში უნდა განხორციელდეს გადამამუშავებელი ტექნიკის თანამედროვე დონეზე.

### საგზაო ფენილებში ხელოვნური კვარცული ქვიშების გამოყენების ეფექტიანობისათვის

საგზაო სამოსის ძირითადი დანიშნულებაა საკუთარ თავზე მიიღოს ავტომობილის თვლებისაგან გადაცემული დატვირთვა და შემცირებული სახით გადასცეს იგი მიწის ვაკისის გრუნტის ზედა ფენას. როგორც წესი სამოსი შედგება საფუძვლისა და ფენილისაგან, რომელიც თავის მხრივ აგებულია სხვადასხვა კონსტრუქციული ფენებით. ნახ.1-ზე ნაჩვენებია საგზაო სამოსის ტიპური კონსტრუქციის ფრაგმენტი<sup>237</sup>.



ასფალტბეტონის ზედა და ქვედა ფენები წარმოადგენენ ფენილს, რომელიც უშუალოდ განიცდის დროებითი დატვირთვებისა და ატმოსფერული ფაქტორების ზემოქმედებას, ამიტომ იგი უნდა იყოს მტკიცე, ცვეთაგამძლე, წყალგაუმტარი, ყინვამედეგი და საჭირო ფრიქციული თვისებების მქონე.

ვინაიდან ექსპლუატაციის პერიოდში ზემოთ აღნიშნული თვისებები თანდათანობით უარესდება, საჭირო ხდება მათი პერიოდული აღდგენა ასფალტბეტონის ან ზედაპირული დამუშავების თხელი ფენების დატანით; თუ ფენილის

<sup>237</sup> მ. ბუქანიშვილი. ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალების ოპტიმალური გამოყენება საგზაო სამოსის კონსტრუქციებში. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია; სტუ - 2013; გვ. 28.

ზედა ფენის სიმტკიცე არასაკმარისია და თანაც იგი ფოროვანია, მაშინ ზედაპირული დამუშავების ფენას აწყობენ ფენილის მშენებლობის პერიოდში<sup>238</sup>.

ეკონომიკური მოსაზრებებიდან გამომდინარე მიზანშეწონილია ფენილის ზედა ფენა მოეწყოს შედარებით თხელი და უფრო მაღალი სიმტკიცის მასალისგან, ხოლო ქვედა ფენა – შედარებით სქელი და უფრო დაბალი ხარისხის მასალისგან. ზედა ფენა, წყალგაუმტარობისა და ცვეთაგამძლეობის თვალსაზრისით, უნდა მოეწყოს უფრო მკვრივი (წვრილმარცვლოვანი, ოპტიმალური გრანულომეტრული შემადგენლობის მქონე) ბიტუმის შემცველი ნარევისაგან.

ზედაპირული დამუშავების მეთოდით გათვალისწინებული, მთელ ფართობზე მოსხმული ბიტუმის ფენამ, როგორც წესი, უნდა ჩახუროს ფორები და ფენილი გახადოს წყალგაუმტარი. ფენილის ქვედა ფენა ეწყობა ნაკლებად მკვრივი (ფოროვანი) მსხვილმარცვლოვანი ნარევისგან, ვინაიდან იგი უშუალოდ არ განიცდის ცვეთას და ატმოსფერული ნალექების ზემოქმედებას.

ფენილი საავტომობილო თვლებისგან გადმოცემულ დატვირთვას შედარებით შემცირებული სახით გადასცემს ფუძის ფენებს. **ფუძის ფენა** წარმოადგენს საგზაო სამოსის ძირითად ამტან კონსტრუქციას, რომელიც ფენილიდან გადმოცემულ დატვირთვას მნიშვნელოვნად შემცირებული სახით ანაწილებს გრუნტის საფუძველზე. ვინაიდან ფუძის ფენა არ განიცდის ატმოსფერული ნალექების ზემოქმედებას და იგი უშუალოდ არ ეხება თვლებს, ამიტომ იგი კეთდება შედარებით იაფი მასალებისგან.

**ფუძის დამატებითი (სადრენაჟო) ფენა** კეთდება იმ შემთხვევაში, როცა **საფუძვლის გრუნტი** დატენიანების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად კარგავს სიმტკიცეს და ამის გამო მოითხოვს გაძლიერებას. **ფუძის დამატებითი ფენა კეთდება ფოროვანი თბოსაიზოლაციო მასალისგან:** ქვიშისგან, ღორღისგან, ხრეშისგან. **სადრენაჟო ფენა** ახდენს წყლის ფილტრაციას კიუვეტში. გრუნტის საფუძველიდან, გვერდულებიდან გაჟონილი და გრუნტის წყლების სახით სამოსის ქვეშ დაგროვილი წყლის არინება განაპირობებს მიწის ვაკისის ზედა ფენის საპროექტო სიმტკიცის უზრუნველყოფას. წყლის არინების/აცილების ღონისძიებები საშუალებას იძლევა უზრუნველვყოთ გრუნტის საფუძვლის სიმტკიცე, გავზარდოთ გრუნტზე დასაშვები დატვირთვები წლის ნებისმიერ პერიოდში, განსაკუთრებით ადრე გაზაფხულზე, შემოდგომის მიწურულს და ზამთარში, როცა საქართველოს კლიმატურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებში გრუნტები შედარებით უფრო დატენიანებულია და ამიტომ ეს პერიოდები მიჩნეულია საანგარიშო პერიოდებად.

### საგზაო ფენილზე ჰიდრო და კლიმატური ფაქტორების გავლენა

საგზაო ფენილების კონსტრუქციების დროს მნიშვნელოვანი საკითხია კლიმატური და ჰიდროგეოლოგიური ფაქტორების ზემოქმედების გათვალისწინება. კლიმატური

<sup>238</sup> გოგლიძე ვ. საავტომობილო გზების მშენებლობის ტექნოლოგია. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი., 1991, გვ. 90.

ფაქტორებიდან აღსანიშნავია ატმოსფერული ნალექების, მაღალი ტემპერატურის (მზის რადიაციის), დაბალი ტემპერატურის (ყინვის), ტენიანობის (ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების) გავლენა საგზაო სამოსის ფიზიკურ-მექანიკური და საექსპლოატაციო თვისებების ცვალებადობაზე წლის სხვადასხვა დროს.

მაღალი ტემპერატურისაგან (მზის რადიაციისაგან) ბიტუმის შემცველი ფენილები რბილდება და მათზე შედარებით ადვილად წარმოიქმნება ძვრის დეფორმაციები. დაბალი, უარყოფითი ტემპერატურის შედეგად ბიტუმის შემცველი საგზაო ფენილები შეიძლება დაიზაროს. თუ გაყინვა ხდება ფენილის წყლით გაჟღენთილ მდგომარეობაში, მასალის სტრუქტურა სუსტდება და საგზაო ფენილი შეიძლება ადვილად დაიშალოს.

ატმოსფერული ნალექებისა და გრუნტის წყლებისაგან გამოწვეული ტენიანობა ხელს უწყობს საგზაო ფენილების ცვეთას. თუ ფენილების ზედაპირი გაჭუჭყიანებულია გრუნტით (ქვიშით, მტვრისა და თიხის ნაწილაკებით) სისველის ცვეთაზე გავლენა კიდევ უფრო ინტენსიური ხდება.

ტენიანობა უარყოფითად მოქმედებს არა მარტო ფენილებისა და საგზაო სამოსის ფიზიკურ-მექანიკურ და საექსპლოატაციო თვისებებზე, არამედ გრუნტის საფუძვლის სიმტკიცეზეც. დასველების შემთხვევაში გრუნტი რბილდება, გრუნტის საფუძვლის წინააღმდეგობა მცირდება და მოსალოდნელია ავტომობილის თვლისაგან გადაცემული დატვირთვის შედეგად საგზაო სამოსი ჩატყდეს ან დაიზაროს. ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორი საგზაო სამოსების კონსტრუირების მეთოდოლოგიაში მიღებულია როგორც საანგარიშო-დროებითი დატვირთვები და მუდმივად მოქმედი კლიმატური ფაქტორებით განპირობებული მდგომარეობები<sup>239</sup>.

კლიმატური ფაქტორები გავლენას ახდენს როგორც სამოსის ტიპის, ასევე ფენილების მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესების შერჩევაზე. განსაკუთრებულად ეს ეხება ტექნოლოგიურად ცხელი პროცესების გამოყენებას, როცა სამშენებლო პროცესი წარმართება ღია ცის ქვეშ და ყოველ მომენტში შესაძლებელია ამინდის გაუარესება. კარგი კლიმატური პირობები საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გავახანგრძლივოთ ტექნოლოგიურად ცხელ პროცესებთან დაკავშირებული სამშენებლო სეზონი. ყოფილი საბჭოთა კავშირის ტერიტორია, საგზაო კლიმატური დარაიონების მიხედვით, იყოფოდა ხუთ ზონად. საქართველოს ტერიტორია მიეკუთვნებოდა მეოთხე და მეხუთე კლიმატურ ზონებს, მაგრამ მაღალმთიან რაიონებში შეიძლება შეგვხვდეს მეორე და მესამე კლიმატური ზონებისთვის დამახასიათებელი პირობები. ამიტომ მიზანშეწონილი იქნება საქართველოს ტერიტორიის კლიმატური დარაიონება ჰორიზონტალური (შავი ზღვიდან დაშორების მიხედვით) და ვერტიკალური (ზღვის დონიდან დაშორების მიხედვით) ზონების გამოყოფით.

თითოეული ზონისათვის დამახასიათებელია წლიური (თვიური) ატმოსფერული ნალექების გარკვეული რაოდენობა, ჰაერის საშუალო წლიური (თვიური, დღიური)

<sup>239</sup> Сильянов В. В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. М.: Академия, 2008, стр. 352.

აბსოლიტური მაქსიმუმი და მინიმუმი ტემპერატურები, მათი ხანგრძლივობა დღეების (საათების) განმავლობაში და კალენდარული დროის მიხედვით.

ასევე მნიშვნელოვანია გრუნტის საფუძვლის დატენიანების რეჟიმის გათვალისწინება წლის განმავლობაში კალენდარული დროის მიხედვით. ყოველივე აღნიშნული გათვალისწინებული უნდა იქნას საგზაო სამოსების ტიპის შერჩევისა და კონსტრუირების შემდგომ მათი სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში მუშაობის თვალსაზრისით, შესაბამისად საგზაო სამოსის მოწყობის ტექნოლოგიური პროცესების სწორად შერჩევისა და მშენებლობის სეზონის განსაზღვრის მიზნით.

საქართველოს ტერიტორიისათვის დამახასიათებელია ატმოსფერული ნალექების მკვეთრი განსხვავება სხვადასხვა რაიონებისათვის. ასფალტბეტონის საგზაო ფენილისათვის ყველაზე უფრო რთული საექსპლოატაციო პირობებია იმ რაიონებში, სადაც ჰაერის ტემპერატურა და ტენიანობა ერთდროულად მაქსიმალურია, რაც ხელს უწყობს ძვრის დეფორმაციების წარმოქმნას.

ჰაერის  $F_3$  ტემპერატურასთან დამოკიდებულებით იცვლება საგზაო ფენილის  $F_{ფ}$  ტემპერატურა, რაც ზოგადად შეიძლება გამოსახულ იქნას ფორმულით:  $F_3 = 1.3F_{ფ} + 7$

აღსანიშნავია, რომ დღის პირველ ნახევარში საგზაო ფენილის ტემპერატურა ჩამორჩება ჰაერის ტემპერატურას, იგი უფრო დაბალია, ხოლო დღის მეორე ნახევარში, პირიქით, ფენილის ტემპერატურა ჰაერის ტემპერატურაზე უფრო მაღალია. ძვრისადმი მდგრადობის თვალსაზრისით საგზაო ფენილის საანგარიშო მდგომარეობად მიღებულია ფენილის ტემპერატურის აბსოლიტური მაქსიმუმი, საშუალო მაქსიმუმი ზაფხულში და მათი ხანგრძლივობა დღეებში (საათებში).

გაყინვისგან დაზარდვის თვალსაზრისით ფენილის საანგარიშო მდგომარეობად მიღებულია საგზაო ფენილის ტემპერატურის აბსოლიტური მინიმუმი და საშუალო მინიმუმი ზამთარში. ამ დროს დაზარდვის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს ტემპერატურის დაცემის სიჩქარეს (გრადიენტს).

დრეკადი ჩალუნვისადმი მდგრადობის (სიმტკიცის) თვალსაზრისით ფენილის საანგარიშო მდგომარეობად მიღებულია ტემპერატურული ინტერვალი  $+50 - +100$  °C, როცა გრუნტის საფუძველი მაქსიმალურად არის დატენიანებული და მისი სიმტკიცე მინიმალურია. ასეთი პერიოდი შეიძლება იყოს შემოდგომის მიწურული, ზამთარი და ადრე გაზაფხული.

### ასფალტბეტონის ნარეგებში გამოყენებული ქვიშები

ქვიშა წარმოადგენს ყველა სამშენებლო მასალის ძირითად შემადგენელ კომპონენტს. საავტომობილო გზების მშენებლობის, რკინა-ბეტონის კონსტრუქციების წარმოების ტემპის ზრდამ განაპირობა სამშენებლო ქვიშაზე მოთხოვნილობის ტემპის მკვეთრი ზრდა. თუმცა ბუნებრივი ქვიშების მოპოვებას ხშირად თან სდევს რეგიონებში ეკოლოგიის, მდინარეების ნაპირების ეკოსისტემის დარღვევა, სანაპიროთა წარეცხვა,



მეწყერების წარმოშობა და სხვა მრავალი არასასურველი ფაქტორი<sup>240</sup>. ასე მაგალითად, კვლევითი მონაცემების მიხედვით, ქვიშა-ხრეშოვანი მასალის მოპოვებამ ყირიმის სამხრეთ სანაპიროზე გამოიწვია კურორტის ქვიშიანი სანაპიროს/“პლიაჟის“ გაქრობა, გაააქტიურა ზღვის ტალღების დამანგრეველი მოქმედება და ხელი შეუწყო მეწყრული პროცესების გააქტივებას. კარიერების დამუშავებისას, კანონის შესაბამისად, საწარმოები და ორგანიზაციები იხდიან მასალის მოპოვებაზე გადასახადს და ახორციელებენ გარემოს დამცავ ღონისძიებებს, თუმცა ეკოლოგიაზე მიყენებული ზარალი ვერანაირი ფულით ვერ აიწონება. ზოგიერთ ქვეყანაში **ბუნებრივი ქვიშის** მოპოვება საერთოდ აკრძალულია.

ამავე დროს უზარმაზარი რაოდენობითაა მტკიცე ქანების გადამუშავებისას დამსხვრეული ნარჩენები, რომლებიც არასრულად გამოიყენებიან და ხშირად წარმოადგენენ საწარმოო ნარჩენებს, გადაიყრებიან ნაყარში და ასევე აბინძურებენ გარემოს. ამგვარად, **ხელოვნური ქვიშების** წარმოება დამსხვრეული ქანების ნარჩენების გადამუშავებით ხელს შეუწყობს ეკოლოგიური გარემოს გაუმჯობესებას და ასევე, გაზრდის საწარმოების ეკონომიურ მაჩვენებლებს, რადგანაც საწარმოო ნარჩენებისაგან მიიღებენ სასაქონლე პროდუქციას.

დღეისათვის **ხელოვნური ქვიშები** უკვე წარმატებით გამოიყენებიან საშენი მასალების წარმოებაში. ამასთანავე ხელოვნურ ქვიშაზე დამზადებული მასალების ხარისხი ხშირად უფრო მაღალია, ვიდრე ანალოგიური მასალებისა ბუნებრივი ქვიშის საფუძველზე. მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მიუხედავად ხელოვნური ქვიშის გამოყენების აშკარა უპირატესობისა, სამწუხაროდ, მწარმოებლების უმეტესობა აგრძელებენ ბუნებრივი ქვიშის მოპოვებასა და გამოყენებას, რაც შეიძლება აიხსნას თანამედროვე ტექნოლოგიების არცოდნითაც სხვა „ფაქტორებთან“ ერთად.

### **ბუნებრივი ქვიშა**

მთის მკვრივი ქანები მუდმივად განიცდიან ზემოქმედებას ბუნების მრავალი მოვლენისაგან, ისეთების როგორებიცაა ქარი, წვიმა, ყინვა და სხვა. ამის შედეგად ქანები იშლება და ქუცმაცდება წვრილ, ზოგჯერ თვალით უხილავ ნაწილაკებად. სწორედ ეს ნაწილაკები (ზომით 0,05 მმ-დან 5 მმ-მდე) ერთობლიობაში წარმოადგენს ქვიშებს. ქვიშები წარმოშობის მიხედვით არსებობენ ბუნებრივი და ხელოვნური.

**ბუნებრივი ქვიშა** - ეს არის არაორგანული ფხვიერი მასალა მარცვლების ზომით 5 მმ-მდე, რომლებიც წარმოიქმნენ კლდოვანი ქანების ბუნებრივად დაშლის შედეგად, ასევე მიღებული არიან ქვიშოვანი ან ქვიშა- ხრეშოვანი საბადოების დამუშავებისას, ზოგჯერ სპეციალური გამამდიდრებელი მოწყობილობების გამოყენებით.

წარმოშობის პირობების (გენეზისის) მიხედვით ქვიშები შეიძლება იყოს ალუვიური, მყინვარული, დელუვიური, პროლუვიური, ეოლური, ზღვიური, ტბიური ან წიდური.

<sup>240</sup> Косых, А.В. Искусственные и природные строительные материалы и изделия: учеб. пособие / А.В. Косых, Н.А. Лохова, И.А. Макарова. – Братск: БрГУ, 2006. 188 стр.

ზომების მიხედვით ქვიშა არსებობს: წვრილი (0,5 მმ), საშუალო (0,5-2 მმ) და მსხვილი (2-5 მმ). ეს დაყოფა გამოიყენება მსოფლიოში უმეტესი ქვეყნების კლასიფიკაციებში<sup>241</sup> სამშენებლო ქვიშებისათვის.

**მარცვლების თანაფარდობის მიხედვით განასხვავებენ შემდეგი სახის ქვიშებს:**

- **მონომინერალური** - ქვიშა ძირითადად შეიცავს ერთი მინერალის მარცვლებს;
- **ოლიგომიქტური** - ძირითადად შედგება ორი-სამი მინერალისაგან, ერთ-ერთი მათგანის სიჭარბით;
- **პოლიმიქტური** - შედგება სხვადასხვა მინერალური შემადგენლობის მარცვლებისაგან.

რადგანაც ქვიშა წარმოადგენს წვრილ ნაწილაკებს, რომლებისგანაც შედგება კლდოვანი ქანები, მასში შეიძლება აღმოჩნდეს ყველანაირი მინერალი. მინერალოგიური შემადგენლობის მიხედვით ქვიშები იყოფა:

- კვარცული;
- მინდვრისშპატური;
- კირქვული;
- დოლომიტური.

სხვა მინერალების (მინარეების) რაოდენობა და ნაირსახეობა დამოკიდებულია კონკრეტულ მიდამოში არსებული მთის ქანების შედგენლობაზე. ესენია: კალციტი, ქარსი, მარილები, თაბაშირი, თიხოვანი მინერალები, რკინის მადანი, ძოწი, ტურმალინი, იშვიათად ტოპაზი. **ზოგიერთი მინერალის არსებობა ქვიშის შემადგენლობაში ზოგჯერ ზღუდავს ასეთი ქვიშის სამშენებლოდ გამოყენებას.** მინარეები შეიძლება იყოს მტვრის, თიხის ან შლამის სახით. ასევე ქვიშები შეიძლება შეიცავდნენ ორგანულ ნარეველსაც, რომლებშიც იგულისხმება ჰუმუსი, პლანქტონი, ქვანახშირის ნაწილაკები და სხვა.

**მდინარის ქვიშა** - ეს არის ქვიშა, რომელსაც მოიპოვებენ მდინარეების ჭალებიდან და ფსკერიდან. საერთოდ უნდა აღინიშნოს, რომ ამ ქვიშების მოპოვების ტექნოლოგიური პროცესები თითქმის არ განსხვავდებიან კარიერული მოპოვების პროცესებისაგან. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მდინარეული ქვიშა წარმოადგენს საკმაოდ ხარისხიან (მასში თიხოვანი და ორგანული მინარეების არ არსებობის გამო), თუმცა ამავდროულად საკმაოდ ძვირადღირებულ სამშენებლო მასალას. ამ სახეობის ქვიშის მაღალი ღირებულების გამო მშენებლობაში უპირატესობას ანიჭებენ **კარიერული ქვიშის** გამოყენებას, რომელიც უფრო ადვილი მოსაპოვებელი მასალაა.

მდინარის ქვიშა ძირითადად შედგება წვრილი და საშუალო დიამეტრის მქონე მარცვლებისაგან, მასში მსხვილი მარცვლები იშვიათად გვხვდება, ამიტომ საჭიროა მისი გამდიდრება, რის გამოც ასეთი ქვიშის ისედაც მაღალი ფასი რამოდენიმეჯერ იზრდება. მდინარეული ქვიშის მთავარი უპირატესობაა ის, რომ მისი შემადგენლობა შედარებით ერთგვაროვანია და წარმოადგენს ზუსტად ქვიშას, და არა ქვიშოვან ნარევს თიხის, მიწის, ან ქვის ნაწილების მონაწილეობით.

<sup>241</sup> ბიძიგური მ. საგზაო-სამშენებლო მასალები. თბილისი: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი., 2005, 491 გვ.

ხანგრძლივი ბუნებრივი ჰიდროზემოქმედების წყალობით ქვიშის ნაწილაკებს გააჩნიათ გლუვი ოვალური ზედაპირი და ზომები 1,5-2,2 მმ, თუმცა არის უფრო მცირეებიც. **მდინარეული ქვიშის მოპოვება წარმოებს ჰიდრომექანიზირებული მეთოდით, სპეციალური ტექნიკის გამოყენებით.**

მოპოვების ეს მეთოდი, სწორი გამოყენებისას, არანაირად არ ვნებს ეკოლოგიას, პირიქით, ხელს უწყობს მდინარეების კალაპოტების გაწმენდას. ყველაზე უფრო მსხვილი მდინარეული ქვიშა მოიპოვება დამშრალი მდინარეების შესართავებში. რაც შეეხება მოპოვებული ქვიშის ფერს, ის საკმაოდ მრავალფეროვანია - მუქი რუხიდან ღია ყვითლამდე.

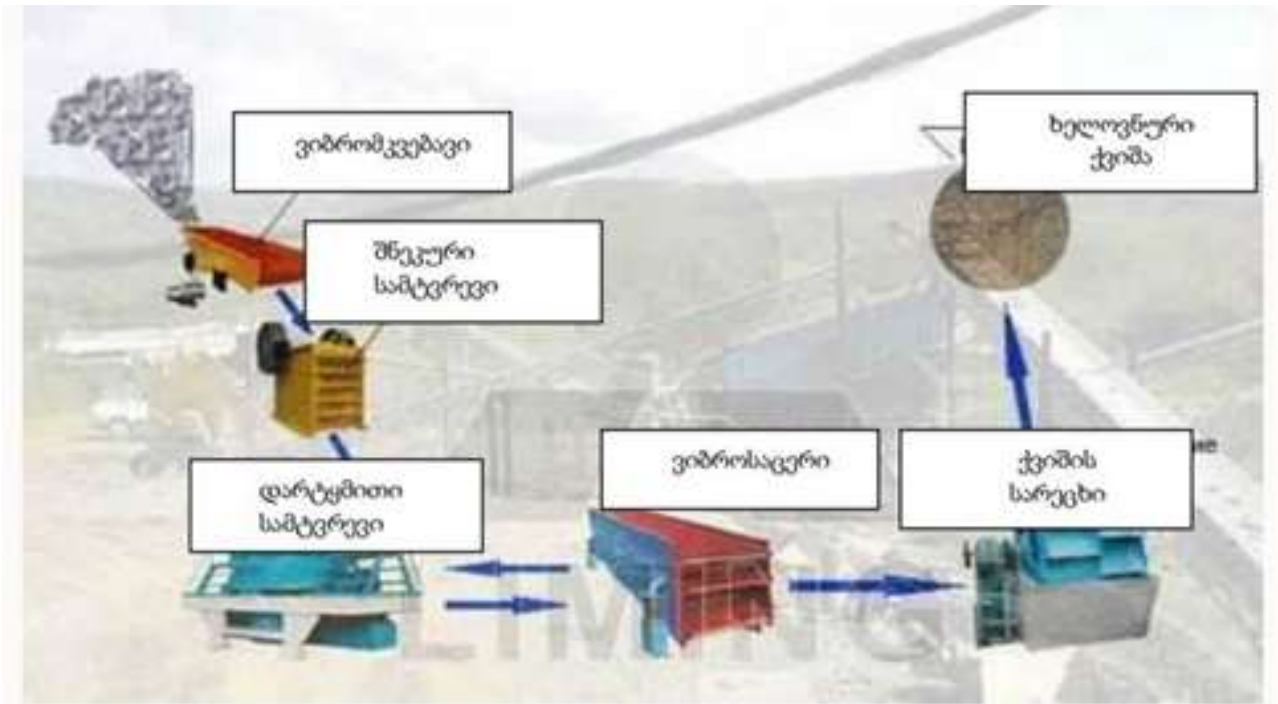
საგზაო მშენებლობაში მდინარეულმა/მდინარის ქვიშამ გამოყენება ჰპოვა ასფალტბეტონების ნარევების მომზადებაში და სხვა პროცესებში. მას ასევე დიდი გამოყენება აქვს სხვადასხვა სამშენებლო წარმოებაში. შეიძლება ითქვას, რომ მდინარის ქვიშა უნივერსალური მასალაა.

**კარიერული ქვიშა** - ეს არის ბუნებრივი მასალა, რომელიც მოიპოვება კარიერებში ღია მეთოდით. ასეთ ქვიშას გააჩნია თიხის, მტვრისა და სხვა მინარევების საკმაოდ მაღალი შემცველობა. თვითღირებულების მიხედვით კარიერული ქვიშა მდინარეულზე იაფია, რაც განაპირობებს მის ფართო გამოყენებას, მათ შორის საგზაო მშენებლობაშიც.

მოპოვების შემდგომი გადამუშავების სახეობების მიხედვით, **კარიერული ქვიშა** იყოფა გარეცხილ და გაცრილ კარიერულ ქვიშებად. კარიერული გარეცხილი ქვიშა არის ქვიშა, რომელიც მოპოვებული იქნა კარიერში წყლის დიდი რაოდენობით გარეცხვის მეთოდით, შესაბამისი მანქანა-დანადგარების გამოყენებით. ასე ქვიშა ირეცხება მტვრის ნაწილაკებისა და თიხისაგან. შემდეგ ასეთი ქვიშა სპეციალური საცრების საშუალებით იცრება და ასევე ცილდება სხვა მინარევები. ერთადერთი, რაც რჩება ასეთ ქვიშაში, არის ყველაზე წვრილი ფრაქციები (საშუალოდ 0.6 მმ). კარიერული გაცრილი ქვიშა არის ქვებისაგან და სხვადასხვა მსხვილი ჩანართებისაგან გაწმენდილი ქვიშა. გაწმენდა ხდება მექანიკური გაცრის შედეგად. აღსანიშნავია, რომ დამატებითი სამუშაოები ზრდიან ამ ქვიშის თვითღირებულებას.

**ზღვიური ქვიშა** - ეს არის ქვიშა, რომლის შემადგენლობაშიც (სხვა სახის ქვიშებისაგან განსხვავებით) ყველაზე ნაკლებად გვხვდება სხვა მინარევები. ზღვიური ქვიშის სისუფთავე განპირობებულია მისი მოპოვების ადგილით, ასევე მისი გაწმენდისას ორსაფეხურიანი სისტემის გამოყენებით. გაწმენდის პირველი ეტაპი ხორციელდება უშუალოდ მისი მოპოვების ადგილზე, მეორე კი (ჰიდრომექანიზირებული გადამუშავება) სპეციალურ საწარმოო მოედნებზე. ზღვიური ქვიშის მაღალი ხარისხის გამო მისი გამოყენება შეიძლება ყველა სახის სამშენებლო სამუშაოებში, რადგანაც მასში თიხოვანი ნაწილაკების შემცველობა თითქმის არ შეიმჩნევა.

ხელოვნური ქვიშა<sup>242</sup> - ეს არის ადამიანის მიერ შექმნილი ქვიშა, მკვრივი ქანების დაშლის შედეგად, ფიზიკური და ქიმიური მეთოდების გამოყენებით<sup>243</sup>.



**ნახ.13. ხელოვნური ქვიშის დასამზადებელი ტექნოლოგიური პროცესი**

1- ვიბრომკვებავი; 2 - შნეკური სამტრევი; 3 - დარტყმითი სამტრევი; 4 -ვიბროსაცერი; 5- ქვიშის სარეცხი; 6 - ხელოვნური ქვიშა

როგორც ბუნებრივ, ასევე ხელოვნურ ქვიშას გააჩნია მარცვლების სხვადასხვა ზომები, თუმცა თუ ბუნებრივ ქვიშებში ეს გამოწვეულია მრავალი ფაქტორით, ხელოვნური ქვიშების წარმოებისას საკმარისია უმნიშვნელო ტექნოლოგიური ცვლილებები<sup>244</sup>.

სამშენებლო პრაქტიკაში გამოიყენება მსუბუქი და მძიმე ხელოვნური ქვიშები.

**მსუბუქი ხელოვნური ქვიშა** - მიიღება ფოროვანი მთის ქანების (პემზა, ტუფი) დაქუცმაცებით. მთის ქანების სახეობების მიხედვით ასეთი ქვიშები იყოფიან ვულკანური და დანალექი წარმოშობის ქვიშებად. ვულკანური წარმოშობის ქვიშები

<sup>242</sup> ხელოვნური ქვიშის დასამზადებელი ტექნოლოგიური პროცესის სქემა აღებულია ნაშრომიდან: მ. ბეჟანიშვილი. ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალების ოპტიმალური გამოყენება საგზაო სამოსის კონსტრუქციებში. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია; სტუ - 2013; გვ. 51.

<sup>243</sup> Гаркави М.С. Волохов А.С. и др. Использование песков из отсевов дробления при изготовлении мелкоштучных элементов мощения // Строительные материалы. 2003. №6. Стр.38-39.

<sup>244</sup> Силкин В.В., Лупанов А.П. Асфальтобетонные заводы: учебное пособие. М.: Экон., 2008, 266 стр.

მიიღებინ ვულკანური ქანების დაშლით. ყველაზე ხშირად გამოიყენება **პემზური ქვიშა**, რომელსაც გააჩნია დახურული ფორიანობა და შესაბამისად ნაკლები წყალშთანთქმა, რაც იძლევა საშუალებას მივიღოთ მაღალი ყინვამედეგობის ნარევეები.

ვულკანური ქვიშის სახეებია: **წიდების ფოროვანი ქვიშა** - მიიღება ნატეხოვანი ფოროვანი მასალების დაქუცმაცებით (მაგ. წიდური პემზა). ქვიშის ეს სახეობა ეკონომიკურად ეფექტურია, რადგან ნედლეულს წარმოადგენს საწარმოო ნარჩენები, ხოლო მათი გადამუშავება საკმაოდ მარტივია.

**პერლიტის ქვიშა** - არის ფოროვანი მასალა ქვიშის ან ღორღის სახით, მიიღება დამსხვრეული პერლიტის და ობსიდიანის თერმული გადამუშავებით. ასეთი ქვიშა თეთრი ან ღია ნაცრისფერია, და ძალზე მსუბუქია.

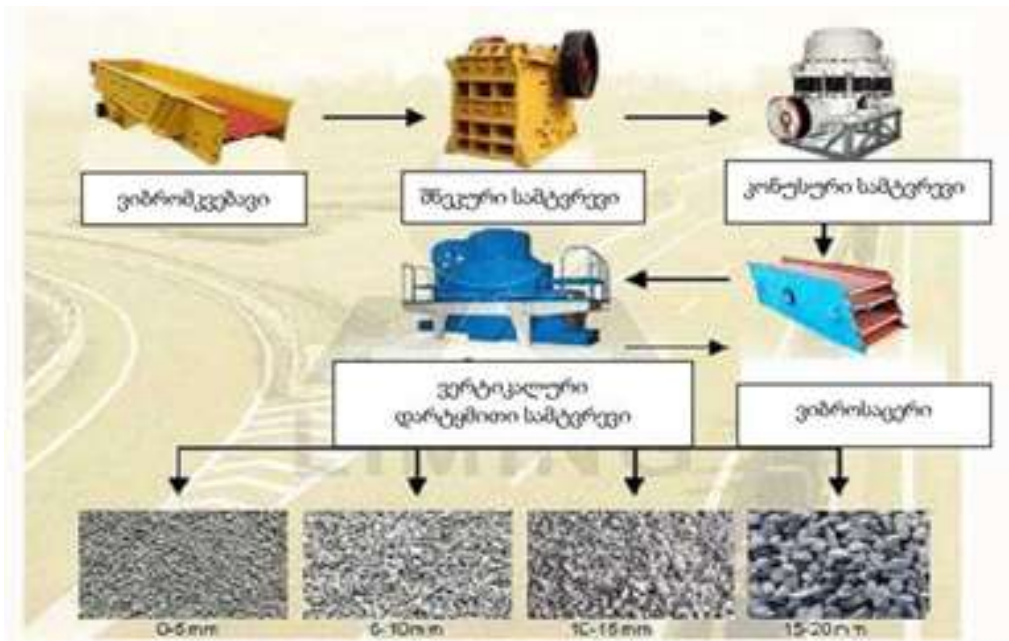
**დანალექი წარმოშობის ქვიშები** - მიიღებიან ფოროვანი კარბონატული და კაჟმიწოვანი ქანების (კვარცი, დიატომიტი, ტრეპელი, ოპოკა) დაფქვის შედეგად. ასეთ ქვიშებს გააჩნიათ ღია ფოროვნება, დიდი რაოდენობით შთანთქავენ წყალს და შეიძლება დარბილდნენ წყალგაჯერებულ მდგომარეობაში (განსაკუთრებით კაჟმიწოვანი ქანები). ამიტომ ასეთი ქვიშებისაგან ვერ მიიღებიან მტკიცე და ყინვამედეგი ნარევეები.

**კვარცული ანუ სხვაგვარად "თეთრი" ქვიშა** განსაკუთრებულ ყურადღებას უნივერსალურობით იქცევს. საუბარია ქვიშაზე კვარცის საკმაოდ დიდი შემცველობით. ასეთი ქვიშა რძის ფერია, თუმცა ბუნებაში ხშირად გვხვდება თიხოვანი მინარევეებით და აქვს მოყვითალო შეფერილობა.

კვარცული ქვიშები მოიპოვებიან კარიერებში, მისი წარმოების ტექნოლოგიური ხაზის სქემა მოცემულია ნახ. 17-ზე<sup>245</sup>.

---

<sup>245</sup> კვარცული ქვიშის დასამზადებელი ტექნოლოგიური პროცესის სქემა აღებულია ნაშრომიდან: მ. ბეჟანიშვილი. ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალების ოპტიმალური გამოყენება საგზაო სამოსის კონსტრუქციებში. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია; სტუ - 2013; გვ. 54.



ნახ.17. კვარცული ქვიშის წარმოების ტექნოლოგიური ხაზი.

1- ვიბრომკვებავი; 2- შეკური სამტრევე; 3 - კონუსური სამტრევე;  
4 - ვერტიკალური დარტყმითი სამტრევე; 5 - ვიბროსავერი;

**მძიმე ხელოვნური ქვიშა** - ეს არის მარცვლების ფხვიერი ნარევი, რომელიც მიიღება მყარი და მკვრივი ქანების დაქუცმაცების შედეგად. ეს განსაზღვრავს ამ ქვიშის მთავარ პლუსს: გაზრდილი შეჭიდულობის უნარს, რაც მისი გამოყენების საშუალებას იძლევა მაღალი ხარისხის კონსტრუქციებში.

მძიმე ხელოვნური ქვიშის სახეობებია:

**ბარიტის ქვიშა** - მიიღება მტკიცე ქანის - ბარიტის დაქუცმაცებით. გამოიყენება გამოსხივებისაგან დამცავ ნაგებობებში.

**მარჯნის ქვიშა** - მიიღება მტკიცე ქანის - მარჯნის დაქუცმაცებით. ასეთ ქვიშას გააჩნია მაღალი აბრაზიული თვისებები.

**ხელოვნური ქვიშებიდან** აღსანიშნავია აქტივირებული ქვიშა, რომლის ზედაპირიც აქტივირებულია ზედაპირულად-აქტიური ნივთიერებებით - ჰიდროფობიულობისა და ბიტუმთან შეჭიდულობის გასაზრდელად. აქტივირებული ქვიშის მიღება ხდება აქტივატორში, სადაც ის მუშავდება აეროდინამიური და მექანიკური ზემოქმედების რეჟიმებში.

**ხელოვნური ქვიშები** გამოიყენებიან საავტომობილო გზებზე დასაგებად, ასევე სხვადასხვა შენობა-ნაგებობების მშენებლობაში, დეკორატიულ ნარევებში და ა. შ. მათ ბევრი დადებითი მხარე აქვთ ბუნებრივ ქვიშებთან შედარებით, თუმცა გააჩნიათ თავისი

მინუსები, კერძოდ: შედარებით მაღალ ფასთან ერთად, ხელოვნურად შექმნილ ქვიშებს შეიძლება გააჩნდეთ მაღალი რადიაქტივობა<sup>246</sup>.

### გარემოს დაცვა ქვის მასალების მოპოვებისას

ქვის მასალების მოპოვებისა და გადამუშავებისას სასურველია მცირე ტრასისპირა კარიერების ორგანიზირება: სამუშაოების პატარა მასშტაბები, ნარჩენების მცირე მოცულობები უფრო ნაკლებ ზიანს აყენებენ გარემოს. მთიანი ადგილმდებარეობის შემთხვევაში კარიერების ორგანიზირებისას აუცილებელია გათვალისწინებული იქნას ლანდშაფტის დამცავი ღონისძიებები, მიღებული იქნას ფერდობების მდგრადობის დარღვევის საწინააღმდეგო ზომები, ნიაღვრების წარმოშობის საშიშროებები და სხვა.

ქვის მასალების დამსხვრევ-დამახარისხებელ დანადგარებზე გადამუშავებისას წარმოქმნილ მტვერთან ბრძოლაში ეფექტურია ასპირაციის სისტემის გამოყენება ჰაერის გაწმენდით ატმოსფეროში გამონაბოლამდე. ასპირაციის სისტემის შემადგენლობაში შედიან შენობები, რომელთა ძირითადი დანიშნულებაა მტვერწარმოქმნის კერის იზოლირება და წარმოქმნილი მტვერის<sup>247</sup> მაქსიმალური მოცილების უზრუნველყოფა გაწოვილ ჰაერთან ერთად.

ჰაერის მტვერისაგან გასაწმენდად უნდა გამოიყენებოდეს ორსაფეხურიანი სისტემები, რომლებიც შედგებიან ციკლონებისაგან პირველ სტადიაზე, და მეორეზე - სახელურიანი ფილტრებისაგან. ღიად მომუშავე სამსხვრევ-დამახარისხებელ დანადგარებზე გამტვერიანობის დასაძლევად დაიშვება ჰიდროგამტვერიანობის სისტემის გამოყენება წყლის ჰავლის მიწოდებით, 0.2-0.4 მგპ წნევით. ამასთანავე უნდა გავითვალისწინოთ, რომ მასალის ჭარბი დატენიანება ამცირებს დამსხვრევის ეფექტურობას და ზრდის ღორღში გამტვერიანებული მინარევების შემცველობას.

გამომდინარე იქიდან, რომ ქვის მასალების წარმოებისას ტექნიკურ ოპერაციებზე იხარჯება წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობა (1 მ<sup>3</sup> ღორღის გარეცხვაზე 1-2 მ<sup>3</sup> წყალი, ბუნებრივი ქვიშის გარეცხვაზე და გამდიდრებაზე 4 მ<sup>3</sup> და მეტი, დაქუცმაცებული ქვიშის მისაღებად 2-3 მ<sup>3</sup>), ღია წყაროებიდან წყლის ხარჯვის შესამცირებლად უნდა შეიქმნას უკუწყალმომარაგების სისტემა გამრეცხი წყლის გასაწმენდად (გასალიავებლად) და მის უკან დასაბრუნებლად ტექნოლოგიურ პროცესში. **”სამრეწველო არასამთო საშენი მასალების საწარმოების პროექტების ტექნოლოგიური ნორმების”** თანახმად უკუდაბრუნებულ წყალში მინერალური ნაწილაკების შემცველობა არ უნდა აღემატებოდეს 2გ/ლ. ასეთ შემთხვევაში ”ახალი” წყალი მიეწოდება მხოლოდ დანაკარგების (აორთქლების, დრენირების, მზა პროდუქციას გაყოლილი) შესავსებად.

<sup>246</sup> Корчагина О.А., Однолюк В.Г. Проектирование состава тяжёлого, лёгкого и силикатного бетона: Учебное пособие. - Тамбов: Издательство ТГТУ, 2010. 96 стр.

<sup>247</sup> Соловьев Б. Н., Силкин В. В. Елисеев В. Е. Асфальтобетонные заводы. Москва: Транспорт, 1993, 208 стр.



წყლის "გაღიავება" ხდება ტბორ-სალექარებში. ამ მიზნით შეიძლება გამოყენებული იქნას ასევე ვერტიკალური ტიპისა და თხელფენოვანი დახრილი სალექარები, რომლებშიც პროცესის ინტენსიფიკაციისათვის გათვალისწინებულია სპეციალური რეაგენტ-ფლოკულიანტების შეყვანა, რომელთა შორის ყველაზე უფრო გავრცელებულია პოლიაკრილამიდი.

### საგზაო ფენილები ბიტუმინერალური მასალებით

ბიტუმის შემცველი ნარევები წარმოადგენს ნახევარფაბრიკატებს. მათი საბოლოო სახე მიიღება სათანადო დატკეპნის შედეგად. ამის მიუხედავად სიმტკიცის ცნება შესაძლებელია დიფერენცირებულ იქნას როგორც მასალის სტრუქტურისათვის დამახასიათებელი სიმტკიცე.

საგზაო ფენილებს აწეობენ როგორც ოპტიმალური გრანულომეტრიული შედგენილობის მქონე ბიტუმის შემცველი ნარევებისაგან (ასფალტბეტონები და სხვ.), ისე შავი ლორღის ან სხვა ბიტუმინერალური მასალისაგან<sup>248</sup>.

### ასფალტბეტონის სტრუქტურა

შავი ლორღისაგან საგზაო ფენილების მოწყობას ახდენენ სხვადასხვა წესით. შესაძლებელია გამოყენებული იქნას შავი ლორღის სხვადასხვა ზომის ფრაქციების ნარევი, მაგალითად 5-10(15); 10(15)-20(25); 20(25)- 40(35); 40(35)-60(65) და ა. შ.

ფენილის მოწყობას ახდენენ ცალკეულ შრეებად: ქვედა შრეებში განალაგებენ უფრო მსხვილმარცვლოვან ლორღს, ხოლო ზედა შრეებში განალაგებენ უფრო წვრილმარცვლოვანს ისე, რომ მოხდეს წინასწარ დაგებული და ნაწილობრივ დატკეპნილი ფენის შედარებით მსხვილი ფორების (სიცარიელების) უფრო წვრილი ფრაქციით შევსება და ლორღის მარცვლების ერთმანეთში ჩაჭედვა. შავი ლორღისაგან მოწყობილ ფენილებზე საჭიროა მოეწყოს წყალგაუმტარი ზედაპირული დამუშავების ფენა.

ცივი და ტენიანი კლიმატის პირობებში თიხოვან და მტვრისებრ გრუნტებში განალაგებულ საგზაო სამოსებში ბიტუმის შემცველი ფენილების სიმტკიცის ძირითად კრიტერიუმად მიღებულია დრეკადი ჩაღუნვები. ცხელი და ტენიანი კლიმატის პირობებში, განსაკუთრებით მთაგორიანი რელიეფისათვის, სიმტკიცის ძირითად კრიტერიუმად მიღებული უნდა იყოს ძვრის დეფორმაციები.

ამრიგად, ფენილების სიმტკიცის კრიტერიუმის შერჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იქნას ექსპლუატაციის პირობები – ვერტიკალური და ჰორიზონტალური ძალების ზემოქმედების რეჟიმი, კლიმატური და ჰიდროლოგიური პირობები. ყველა შემთხვევაში ფენილის სიმტკიცის კრიტერიუმად მიღებული უნდა

<sup>248</sup> Каменев С. Н. Строительство автомобильных дорог и аэродромов. М.: ИнФолио, 2010, 384 стр.



იქნას როგორც დრეკადი ჩაღუნვა, ისე ფენილის ძვრის დეფორმაციები, რაც ნორმატიულ-ტექნიკურ ლიტერატურაში სათანადოდ არაა ასახული.

### ბიტუმის შემცველი საგზაო ფენილების სიმტკიცის საფუძვლები

ფენილების სიმტკიცე ძირითადად დამოკიდებულია მასალის გრანულომეტრიულ შედგენილობასა და სტრუქტურაზე. ოპტიმალური გრანულომეტრიულ შედგენილობის ნარევისაგან მოწყობილი საგზაო ფენილების სიმტკიცე განპირობებულია, შიგა შეკავშირების (ბმის) ძალებით და, ნაწილობრივ, შიგა ხახუნის ძალებით.

შავი ლორღისგან მოწყობილი საგზაო ფენილების სიმტკიცე კი შებრუნებით - ძირითადად განპირობებულია შიგა ხახუნის (ურთიერთ ჩასოღვა-ჩაჭედვის) ძალებით და, ნაწილობრივ, შიგა შეკავშირების ძალებით. ოპტიმალური გრანულომეტრიულ შედგენილობის ნარევებში თითოეულ ფრაქციას გარკვეული როლი მიეკუთვნება. ლორღის მარცვლები ქმნიან ჩონჩხს, რომელიც წარმოადგენს ამტან კონსტრუქციას და კარგად ეწინააღმდეგება ავტომობილის თვლისაგან გადაცემულ დატვირთვას.

ლორღის ფენის სმტკიცეს ძირითადად განაპირობებს შიგა ხახუნის ძალებს. ქვიშის მარცვლები ავსებენ ლორღის მარცვლებს შორის დარჩენილ სიცა-რიელებს, შემკვრელ მასალებთან (მინერალური ფხვნილის მარცვლები და ბიტუმი) ერთად ადიდებენ მასალის სიმკვრივეს, მონოლითურობას, ათანაბრებენ კონტაქტურ ძალებს.

რაც მეტია ასეთი ნარევისაგან მოწყობილი საგზაო ფენილის სიმკვრივე, მით მეტია მისი სიმტკიცე და წყალგაუმტარობა<sup>249</sup>. აღნიშნული დებულება მართებულია თუ ნარევი ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობაა. როდესაც ბიტუმი მოჭარბებულია, თუნდაც 0,5 %-ით, ლორღის და ქვიშისა მარცვლებს შორის კონტაქტები შეიძლება დაირღვეს, პლასტიურობა გაიზარდოს, რის შედეგადაც მკვეთრად მცირდება ძვრისადმი წინაღობა. ნარევი ბიტუმის ნაკლებობის შემთხვევაში კი, მცირდება შინაგანი შეკავშირების ძალები და იზრდება წყალჟღენთვა, რის შედეგადაც მცირდება ფენილის სიმტკიცე და იზრდება ცვეთა.

შავი ლორღის თითოეულ ფრაქციას გარკვეული როლი მიეკუთვნება მისგან მოწყობილი საგზაო ფენილის სიმტკიცის უზრუნველყოფაში. მსხვილი ფრაქცია ქმნის ძირითად ამტან ჩონჩხს, ხოლო ყველა დანარჩენი, უზრუნველყოფს ასეთი ჩონჩხის სიმტკიცეს მარცვლების ურთიერთ ჩასოღვის გზით. რაც უფრო მეტია ლორღის მარცვლებს შორის კავშირები, მით მეტია შიგა ხახუნის კუთხე. ამასთან ერთად რაც უფრო მეტია ლორღის მარცვლებს შორის ურთიერთ ჩასოღვის ძალები (დატკეპნის ძალები), მით მეტია საგზაო ფენილის სიმტკიცე. შავი ლორღის ფენილების ზევიდან, როგორც წესი, აწყობენ წყალგაუმტარ ფენას ოპტიმალური გრანულომეტრიულ შედგენილობის მქონე ბიტუმის შემცველი ნარევისაგან ან ზედაპირული დამუშავების ფენას.

<sup>249</sup> Яковлев Ю.М., Коганзон М.С., Горячев М.Г. Организация и технология строительства дорожных одежд. М.: МАДИ, 2001, 65 стр.

თუ საგზაო ფენილს აწყობენ ისეთი ნარევისაგან, რომელიც არ აკმაყოფილებს ოპტიმალური გრანულომეტრიულ შედგენილობის მქონე ნარევების მოთხოვნებს (აკლია მინერალური ფხვნილი, მეტია ქვიშა და სხვ.) ან არ აკმაყოფილებს შავი ღორღის გრანულომეტრიულ შედგენილობას (ურევია ქვიშა ან სხვ.), მაშინ ასეთ ნარევებს ზოგადად **ბიტუმინერალურ ნარევებს** უწოდებენ და მათგან მოწყობილი საგზაო ფენილების სიმტკიცე, როგორც წესი, დაბალია, მომსახურეობის ვადა კი შედარებით შემცირებული.

ზედაპირული დამუშავების ფენის სიმტკიცე ძირითადად დამოკიდებულია მისი საფუძველთან მიკვრის ძალებზე, რაც განპირობებულია ბიტუმის სიბლანტით. რაც უფრო ბლანტია ბიტუმი, მით მეტია მიკვრის ძალა. თუ ბიტუმის მაგივრად გამოყენებულია ბიტუმისა და მინერალური ფხვნილის ნარევი, მაშინ მიკვრის ძალა იზრდება. ზედაპირული დამუშავების ფენის სტრუქტურისა და შესაბამისი სიმტკიცის საბოლოო ფორმირება-ჩამოყალიბება ხდება ავტომობილების თვლების ზემოქმედებით ექსპლუატაციის პერიოდში.

**საგზაო ფენილის სიმტკიცედ** მიღებულია ძაბვების ზღვრული სიდიდე, რომელიც იწვევს ფენილის დაშლას, ზზარების გაჩენას, ან ნორმატიულ სიდიდეზე მეტ ჩალუნვას. ვინაიდან ასეთი ჩალუნვების ნორმატიული სიდიდეები გზის კატეგორიითაა განპირობებული, სიმტკიცის განმარტება, გარკვეულად პირობით ხასიათს ატარებს.

**საგზაო ფენილის დრეკადობა** ფასდება დრეკადი დეფორმაციის, მთლიან დეფორმაციასთან შეფარდების სიდიდით. დრეკადობის პარამეტრად მიღებულია დრეკადობის მოდული. **საგზაო ფენილის პლასტიურობა** განპირობებულია ფენილის დეფორმირების უნარით მთლიანობის დაურღვევლად.

**ფენილის სიბლანტე** განპირობებულია ფენილის დრეკადი და პლასტიური დეფორმაციების დროში დაყოვნებისათვის საჭირო წინაღობის უნარით. მის პარამეტრად მიღებულია სიბლანტის კოეფიციენტი.

**მასალის ბლანტი წინაღობა** გამოიხატება ნიუტონის კანონით<sup>250</sup>. არახისტი ფენილების თვისებები წარმოადგენს დრეკადი, პლასტიური და ბლანტი-რეოლოგიური ელემენტების სინთეზს.

**ასფალტბეტონის** სიმტკიცეზე გავლენას ახდენს აგრეთვე დატვირთვის ხანგრძლივობა; მცირე, მაგრამ ხანგრძლივ დატვირთვას შეუძლია იგივე რღვევა გამოიწვიოს, რაც დიდს, მაგრამ ხანმოკლე დატვირთვას. ბიტუმის შემცველი მასალების სიმტკიცე დამოკიდებულია აგრეთვე დატვირთვის სიჩქარეზე, (რაც უფრო მეტია დატვირთვის სიჩქარე, მით უფრო მეტ სიმტკიცეს ავლენს ასფალტბეტონი), ძალის მიყენების ჯერადობაზე, (რაც მათემატიკურად ლოგარითმული მრუდით გამოიხატება). სიმტკიცეზე განსაკუთრებით მკვეთრად მოქმედებს ტემპერატურის ცვალებადობა.

ბიტუმის შემცველი მასალების სიმტკიცე დამოკიდებულია აგრეთვე დამაბულ მდგომარეობაზე და დეფორმაციის სახეზე. ისინი ყველაზე ნაკლებად ეწინააღმდეგება

<sup>250</sup> Корочкин А. В. Проектирование усиления дорожных одежд. Москва: МАДИ, 2007, 86 стр.

გამჭიმავ ნორმალურ ძაბვებს და ყველაზე მეტად - მკუმშავ ნორმალურ ძაბვებს. განსაკუთრებით მცირეა წინაღობა იმ სიბრტყეებში, სადაც ერთდროულად მოქმედებენ მხები და გამჭიმავი ძალები. თუ ამ თვალსაზრისით განვიხილავთ გზის ფენილის ჩალუნვას და ძვრის დეფორმაციებს, ირკვევა, რომ ჩალუნვისას გაჭიმულ ზონაში, სადაც მოქმედებს ნორმალური გამჭიმავი ძაბვები, რღვევა ხდება ბიტუმის აფსკეზზე, ხოლო ძვრის დროს ადგილი აქვს რთულ დაძაბულ მდგომარეობას, რომლის დროსაც საგზაო ფენილის დეფორმაციებში მონაწილეობენ როგორც ნორმალური გამჭიმავი, ისე მხები ძაბვები.

თუ ნორმალურ გამჭიმავ ძაბვებისადმი წინაღობა ძირითადად დამოკიდებულია ბიტუმის სიბლანტეზე (შიგა შეკავშირების ძალებზე), მხები ძაბვებისადმი წინაღობა ძირითადად დამოკიდებულია დანაწევრებული ქვის მასალისაგან შექმნილი ჩონჩხის შიგა ხახუნის კუთხეზე. ამავე დროს აღსანიშნავია, რომ რაც უფრო წვრილმარცვლოვანია ფენილში გამოყენებული ქვის მასალა და რაც უფრო ნაკლებია ბიტუმის სიბლანტე, მით უფრო მეტად იზრდება ბიტუმის სიბლანტის როლი ნორმალური გამჭიმავი, ნორმალური მკუმშავი და მხები ძაბვებისადმი წინაღობაში და მით უფრო მკვეთრად გამოვლინდება მოცემული ბიტუმის შემცველი ფენილების სიმტკიცის დამოკიდებულება დატვირთვის რეჟიმზე, რეოლოგიურ თვისებებსა და ტემპერატურაზე.

ვინაიდან დისკრეტული მასალისათვის ნორმალური და მხები ძაბვებისადმი წინაღობა მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ შიგა ხახუნის კუთხე და შინაგანი შეკავშირების ძალები. ბიტუმის შემცველ ნარევეებში შიგა ხახუნის კუთხე და შიგა ბმის ძალები დამოკიდებულია აგრეთვე დანაწევრებული ქვის მასალის მარცვლების ზომებზე. უფრო წვრილი ფრაქციებისათვის შიგა ბმის ძალები იზრდება, ხოლო შიგა ხახუნის კუთხე მცირდება. ბიტუმის შემცველი მასალისათვის შიგა ბმის ძალა დამოკიდებულია ბიტუმის რაოდენობაზე. ბიტუმის ოპტიმალური რაოდენობის შემთხვევაში შიგა ბმის ძალები მაქსიმალურია, მასზე ნაკლები ან მეტი რაოდენობის დროს კი მინიმალური.

### **კვარცული ქვიშაქვების ქიმიური შედგენლობის და ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესახებ**

საქართველოში საგზაო ინფრასტრუქტურის განვითარების დღევანდელმა მასშტაბებმა გამოიწვია საგზაო მშენებლობის საგზაო-საშენი მასალებით, კერძოდ კი, ქვიშით მომარაგების მოთხოვნის გაზრდა, რამაც დასვა საკითხი ქვიშის მიღების ახალი, ალტერნატიული წყაროებისა და საშუალებების მოძიების შესახებ.

ცნობილია, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე და განსაკუთრებით თბილისის რეგიონში მეტად გართულებულია ქვიშის, როგორც საგზაო-საშენი მასალის მოპოვება. რეგიონში მდინარეების მტკვრისა და არაგვის ხეობებში ქვიშის მოპოვების

შესაძლებლობა პრაქტიკულად ამოწურულია, განსაკუთრებით ბუნების დაცვისა და ეკოლოგიური საკითხებიდან გამომდინარე.

თბილისის ასფალტბეტონისა და ცემენტბეტონის ქარხნების ქვიშით მომარაგება ძირითადად ხდება საჩხერე-ჭიათურა-ზესტაფონის კვარცული ქვიშებისა და მარნეულისა და ბოლნისის რაიონებიდან ქვიშა-ხრემის კარიერების დამუშავების ხარჯზე, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ თავისი შემადგენლობით, ფიზიკო-მექანიკური თვისებებითა და დამტვერიანობის ხარისხით ეს ქვიშები არ განეკუთვნება მაღალი ხარისხის ქვიშებს. თიხის და მტვრის ნაწილაკების რაოდენობა მათში 5 %-ის ფარგლებშია, ზოგჯერ კი 8-12 %-ს აღწევს. SiO<sub>2</sub>-ის შემცველობა ამ ქვიშებში მერყეობს 75-85 %-ის, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ს 3-12 %-ის, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ს 0.5-2 %-ს, CaO -ის 0.3-2 %-ს, MgO -ის 0.1-1.5 %-ს და SO<sub>3</sub>-ის 0.2-1 %-ს შორის. ასეთი შედგენლობის ქვიშების გამოყენება წარმატებით შესაძლებელია იმ შემთხვევაში, თუ დაცული იქნება შემდეგი პირობები: კარიერიდან ამოღებული ქვიშა, როგორც წესი, უნდა გაირეცხოს, ასფალტბეტონში მისი გამოყენების შემთხვევაში აუცილებლად დამატებული უნდა იყოს ხელოვნური ქვიშა. სხვაგვარად მაღალი ხარისხის ასფალტბეტონის მიღება შეუძლებელია.

თბილისის რეგიონის ტერიტორიაზე განლაგებული კვარცული ქვიშაქვების გავრცელების ტერიტორია პირობითად შეიძლება დაიყოს ორ ზონად: ავჭალისა და გლდანის ზონად, სადაც მასალის მარაგი პრაქტიკულად ამოწურავია. ქვიშაქვები წარმოადგენენ ძირითადად მიოცენური ასაკის ქანებს, რომლებიც ზოგან დაფარული არიან მცირე სიმძლავრის მეოთხეული ქანებით.

კვარცული ქვიშაქვებისაგან მიღებული ხელოვნური ქვიშა თავისი ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლების მიხედვით შესაძლებელია გამოყენებული იქნას საგზაო მშენებლობაში, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, თუ მათ დაემატება მსხვილმარცვლოვანი ხელოვნური ქვიშის განსაზღვრული რაოდენობა.

### **ასფალტბეტონის ნარევის დამზადების ახალი “განცალკავებული” ტექნოლოგია და მისი ტექნიკურ-ეკონომიკური ეფექტურობა**

ასფალტბეტონის ნარევის დამზადების განცალკავებული ტექნოლოგიის იდეა მეცნიერულად დაასაბუთა, აღწერა და დანერგა პროფესორმა პ.ვ. სახაროვმა. ხელოვნური ბიტუმების ეპოქამ საშუალება მოგვცა ასფალტბეტონის ნარევის დამზადების ტექნოლოგია ფაქტიურად დაგვეყვანა ერთ ძირითად ოპერაციამდე - ნარევის შემადგენელი კომპონენტების ერთდროულად გადარევაზე. განცალკავებულ ტექნოლოგიაზე დაბრუნების უპირატესობა, რომელიც გულისხმობს ასფალტური შემკრავის წინასწარ მომზადებას და მის შემდგომ შერევას დანარჩენ კომპონენტებთან, ყელაზე უფრო სრულად დასაბუთებულია ი.ვ. კოროლიოვის ნაშრომებში, რომლის მხედვითაც იგი განპირობებულია შემდეგით:

- მიიღწევა ნარევი შემკვრელის თანაბარი განაწილება;
- გამოირიცხება მინერალური ფხვნილის მარცვლების აგრერირება;
- მცირდება შემკვრელის ხარჯი;
- მცირდება ნარევის დამზადების ენერგოდანახარჯები.

უნდა აღინიშნოს, რომ განცალკავებული ტექნოლოგიით ნარევის დამზადების უპირატესობის დასაბუთება ამ მიდგომით არის არასრულყოფილი და მხოლოდ ნაწილობრივ ასახავს დისპერსული სისტემების (რომლის წარმომადგენელიცაა ასფალტბეტონი) ფიზიკურ-ქიმიური მექანიკის ძირითად იდეას - მათი ხარისხის მიზან-მიმართული რეგულირება რომ ქვია.

ასფალტბეტონის შემთხვევაში ეს გამოიხატება მისი საკონტაქტო ზონის თვისებების გათვალისწინებასა და მიზან-მიმართულ ცვლილებაში. ამასთანავე საკონტაქტოდ ითვლება ზონა, რომელიც შემოსაზღვრულია ყველაზე უფრო ახლოს განლაგებული, მეზობელი მინერალური მარცვლებით. ის შეიცავს ფაზების გაყოფის საზღვარს და სტრუქტურული ბიტუმის ადსორბციულ-სოლვატურ ფენას. თუ ნარევი ბიტუმის რაოდენობა ოპტიმალურზე მეტია, საკონტაქტო ზონაში შეიძლება შედიოდეს თავისუფალი ბიტუმის ფენაც<sup>251</sup>.

ფაზების გაყოფის საზღვარზე ურთიერთქმედების პროცესებისა და ბიტუმის თვისებების რეგულირებით შესაძლებელია მივიღოთ საჭირო ხარისხის ბიტუმი. ამასანავე გამართლებულია გამოვიდეთ იმ მოსაზრებიდან, რომ ასფალტბეტონის რეოლოგიური თვისებები (სიმტკიცის, დრეკადობის მოდულის, სიბლანტის და მექანიკური თვისებების სხვა მაჩვენებლების დროზე დამოკიდებულება) განისაზღვრება ბიტუმის რეოლოგიური თვისებებით. ამ მაჩვენებლების აბსოლიტური მნიშვნელობები, გამოცდის ფიქსირებული დროისა და ტემპერატურისას განისაზღვრება **ასფალტური შემკვრელის** მექანიკური მახასიათებლებით.

რამდენადაც მინერალურ ფხვნილს გააჩნია უზარმაზარი კუთრი ზედაპირი ღორღთან და ქვიშასთან შედარებით, **ასფალტური შემკვრელი** თავის მხრივ წარმოადგენს ასფალტბეტონის დისპერსიულ გარემოს (მატრიცას), რაც საკმაოდ დამაჯერებლად დასაბუთებული პროფესორ ი.ა. რიბიევის შრომებში. აქედან გამომდინარე ცხადია, რომ ასფალტბეტონის სიმტკიცის რეგულირების რეალურ საშუალებას წარმოადგენს მისი დამზადების განცალკავებული ტექნოლოგია, რომლის დროსაც შესაძლებელია მიზანმიმართულად ცვალათ ასფალტურ შემკვრელში ან თხიერ ნაწილში (წყვეტილი გრანულომეტრიის შემთხვევაში) გამოყენებული ბიტუმის სიბლანტე.

**განცალკავებული ტექნოლოგიის** ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ასპექტს წარმოადგენს ქვის მასალის ზედაპირის “აპრეტაცია”, ანუ ბიტუმთან შერევამდე მათი წინასწარი დამუშავება, იმ მიზნით, რომ ფაზების გამყოფ საზღვარზე გაძლიერდეს პროცესები და შესაბამისად მივაღწიოთ ადსორბციულ-სოლვატური ფენის განმტკიცებას.

<sup>251</sup> Р. Б. Гун. Нефтяные битумы, Москва: Химия, 1973. 432 стр.

ნარევების მომზადების განცალკავებული ტექნოლოგიის ეს სახესხვაობა შესაძლებელია გამოყენებული იქნას დაბალი სიბლანტის ბიტუმების პრაქტიკული გამოყენების ამოცანის გადაჭრის დროს. ქვის მასალის ზედაპირის წინასწარი დამუშავება (“აპრეტაცია”) შეიძლება ჩატარდეს პოლიეთილენის წარმოების ნარჩენებით - დაბალმოლეკულური პოლიეთილენით (დმპე), დმპე-ს თვისებას გადაეკრას ქვის მასალის ზედაპირს მაღალი ტემპერატურის დროს მივყავდით კარგ ადგეზიურ სიმტკიცემდე ფაზების გაყოფის ზედაპირზე, ხოლო ბიტუმისა და დმპე-ს ორგანული ბუნება უზრუნველყოფს ამ უკანასკნელის ბიტუმით კარგად “დასველებას” და მათ ერთობლივ დიფუზიას.

კირქვისა და კვარცის ზედაპირის დმპე-თი დამუშავება ამცირებს მათი ბიტუმით დასველების ზღვრული კუთხეს 6-7 °-ით. ბიტუმისა და დმპე-ს კომპონენტების ურთიერთდიფუზია დამზადების სტადიაზე ზრდის საკონტაქტო ზონის კოეფიციენტს 0,081 მპა-დან 0,162 მპა-მდე.

**ასფალტბეტონის** ფიზიკური თვისებების რეგულირება (შემკვრელის ადგეზია ქვის მასალის ზედაპირთან, წყალმდეგობა, ყინვამდეგობა და სხვ.) ჩვეულებრივ მიიღწევა ფაზების გაყოფის საზღვარზე ურთიერთზემოქმედების პროცესის მართვის ხარჯზე. პრაქტიკაში ამ მიზნის მისარწევად ყველაზე ხშირად გამოიყენება **ზედაპირულად აქტიური დანამატები (ზად).**

ნარევის განცალკავებული მეთოდით დამზადების ტექნოლოგია აქაც ქმნის ახალ პერსპექტივებს. ბიტუმში **ზად-ის** დამატების ტრადიციული ტექნოლოგია არ ითვალისწინებს ქვის მასალის მინეროლოგიური შემადგენლობის ყველა სახესხვაობას. კერძოდ, ასფალტბეტონის ნარევში მინერალური ფხვნილი აუცილებლად არის ფუძე რეაქციის, ხოლო ქვის სხვა შემადგენლები შესაძლებელია იყოს მჟავა რეაქციის.

ტრადიციული ტექნოლოგიით ხდება, გარკვეული ტიპის **ზად-ის** დამატება ბიტუმის შემადგენლობაში, მთელმინერალურ ნაწილზე. ეს იწვევს მის გადახარჯვას, რამდენადაც ის პრაქტიკულად არ მოქმედებს იგივე ნიშნით დამუხტულ ზედაპირზე.

უფრო მეტიც, თუ გავითვალისწინებთ კირქვის ფხვნილის გარკვეულ როლს ნარევში სასაზღვრო ზონების ფორმირებაში და ფაზების გაყოფის საზღვარზე ურთიერთზემოქმედებით პროცესების ხასიათს, შეიძლება ვამტკიცოთ, რომ **ანიონ აქტიური ზად-ის** გამოყენება ნაკლებეფექტურია. გარდა ამისა ამან შეიძლება გამოიწვიოს ასფალტბეტონის ძვრისადმი მდგრადობის შემცირება.

**კათიონური ზად-ის** დამატების ტრადიციული სქემა ზრდის ასფალტბეტონის წყალმდეგობას, მაგრამ, თუ გავითვალისწინებთ მინერალური ფხვნილისა და სხვა შემადგენლების ბიტუმო-ტევადობის თანაფარდობას, იწვევს ზად-ის გადახარჯვას დაახლოებით 25 %-ით.

**კათიონაქტიური ზად-ის** მხოლოდ ნარევის მჟავა არის მქონე კომპონენტებზე დამატების განცალკავებულ ტექნოლოგიას ზად-ის ეკონომიასთან ერთად, მივყავართ წყალმდეგობის გარკვეულ ზრდასთან.

კათიონაქტიური ზად-ის ხარჯვის უფრო მეტ ეკონომიას შეიძლება მივაღწიოთ, ნარევის დამზადების განცალკავებული ტექნოლოგიის სხვა სახესხვაობების გამოყენებით. ის დაფუძნებულია მოსაზრებაზე, რომ ზად-ის მოქმედების ეფექტურობა ასფალტბეტონის წყალმდეგობის გაზრდის თვალსაზრისით, უზრუნველყოფილია მისი მხოლოდ იმ ნაწილით, რომელიც ადსორბირებულია ქვის მასალის ზედაპირზე. ზად-ი რომელსაც შეიცავს დანარჩენი მოცულობა და მათ შორის სტრუქტურული ბიტუმიც - ზედმეტია. ზად-ის ასეთ ადსორბციას შესაძლებელია მივაღწიოთ მჟავე ქვის მასალის ზედაპირის "აპრეტაციით" (წინასწარი დამუშავებით) კათიონაქტიური ზად-ის 1 %-იანი წყლის ხსნარით.

ნარევი, ბიტუმის შემადგენლობაში ზად-ის დამატების ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით, წყლის ხსნარით "აპრეტაცია" (2 %-იანი წყალი, მჟავე ქვის მასალის წონიდან) უზრუნველყოფს ზად-ის ეკონომიას 6-7-ჯერ. ზად-ის წყლის ხსნარის მფრქვევანებით გაფრქვევა შემრევი, უზრუნველყოფს მის თანაბარზომიერ განაწილებას და წყალბადოვანი რადიკალების ორიენტაციას ჰაერის გარემოსაკენ, შედეგად ბიტუმი კარგად "ასველებს" წინასწარ დამუშავებულ ზედაპირს და გაუმჯობესებულია მისი ადგეზია ამ ზედაპირთან.

ამგვარად, ნარევის დამზადების განცალკავებული ტექნოლოგია, რომელიც დაფუძნებულია კონტაქტურ ზონაში ურთიერთქმედებების პროცესებს თავისებურებების გათვალისწინებაზე, საშუალებას გვაძლევს მივაღწიოთ პრინციპულად ახალ შედეგებს ასფალტბეტონის ნარევის ხარისხის უზრუნველყოფაში, დეფიციტური მასალების დაზოგვაში, ახალი ტიპის შემკვრელების/გამამაგრებლების გამოყენებაში. მაგრამ ცხადია, რომ დამზადების ასეთი ტექნოლოგია უფრო რთულია, ვიდრე ტრადიციული. თუ მხედველობაში მივიღებთ, განცალკავებული ტექნოლოგიით დამზადებული ასფალტბეტონის გაზრდილ ხანგამძლეობას, შეიძლება ვივარაუდოთ, რომ მომხმარებლის შეკვეთით, შემრევების ტექნიკურად არართული დამატებითი აღჭურვა, ეკონომიურად იქნება გამართლებული.

ამრიგად, სუსტადშეკავშირებული კვარცული ქვიშაქვების მიერ, ზემოთაღნიშნულ ნაშრომში<sup>252</sup> შემოთავაზებული ტექნოლოგიური პროცესით დაშლა-დაქუცმაცებით მიღებული ხელოვნური კვარცული ქვიშის გამოყენება საგზაო მეურნეობაში ხასიათდება შემდეგი ტექნიკურ-ეკონომიკური უპირატესობით:

- საგზაო მშენებლობაში ასფალტბეტონების და სხვა ბიტუმინერალური მასალების დამზადებისას კვარცული ქვიშაქვებისაგან მიღებული ხელოვნური ქვიშის გამოყენება დაახლოებით 10 %-ით ამცირებს გზების სარეაბილიტაციო სამუშაოების ღირებულებას;

<sup>252</sup> მ. ბუჯანიშვილი. ადგილობრივი საგზაო სამშენებლო მასალების ოპტიმალური გამოყენება საგზაო სამოსის კონსტრუქციებში. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარდგენილი დისერტაცია; სტუ - 2013; 120 გვ.

- დაახლოებით 2-ჯერ მცირდება მდინარეების ჭალებიდან ქვის მასალის მოპოვების მოთხოვნილება, რაც ხელს შეუწყობს გარემოს ეკოლოგიური პირობების გაუმჯობესებას;
- კვარცული ქვიშაქვების გადამუშავების თბოტენიანი მეთოდი გამოირიცხავს ჰაერში მავნე აირების გავრცელებას;
- ნახსენებ ნაშრომში შემოთავაზებული კვარცული ქვიშაქვების დასამტვრევი მანქანა უწყვეტად ახორციელებს მასალის დამტვრევას, ამასთან მოითხოვს მინიმალურ ენერგო დანახარჯებს;
- თბოტენიანი დაშლის პროცესში წყალი ასრულებს დადებითფაქტორს, რაც გამოიხატება შემდეგში: მნიშვნელოვნად ამცირებს კვარცულ ქვიშაქვებში შინაგანი ხახუნის და შინაგანი ბმის ძალებს და ხელს უწყობს ქვიშაქვების ნატეხების დაქუცმაცების პროცესის გაძლიერებას, რაც დადებითად მოქმედებს საბოლოო პროდუქციის მიღების გამარტივებაზე; ამასთან იგი გამოირიცხავს ნაწილაკების ურთიერთშეწებებას ტექნოლოგიურ პროცესში და უზრუნველყოფს მის ფხვიერ მდგომარეობას ტრანსპორტირების პერიოდში;
- ცხელი წყლის გარემოდან ქვიშაქვების ნატეხებზე სითბოგადაცემა დაახლოებით 1,5-ჯერ მეტია ცხელი გაზების გარემოსთან შედარებით, რაც განაპირობებს ქვიშაქვების ნატეხების დაშლის პროცესის სითბურ ენერჯის მინიმიზაციას, ამასთანავე სითბოგადაცემის პროცესი კიდევ უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს იძულებითი შერევის დროს;
- საბაზისო კარიერების გახსნისა და ღორღის ქარხნების მშენებლობის ღირებულება 3 წელიწადში ანაზღაურდება, ხოლო მათგან მიღებული ეკონომიკური ეფექტი 1,2-2-ჯერ აღემატება ადგილობრივ კარიერებზე დამტვრეული ხრეშის გამოყენებით მიღებულ ეკონომიკურ ეფექტს. ამას ემატება უდიდესი ეკოლოგიური ფაქტორი, რამდენადაც დაახლოებით 2-ჯერ მცირდება მდინარეთა კალაპოტებიდან ქვის მასალის ამოღება;
- ქვიშაქვების დაშლის შედეგად მიღებული კვარცული ქვიშები გამოირჩევიან წვრილი, საშუალო და მსხვილმარცვლოვანი ნაირსახეობით. ეს გამოწვეულია იმით, რომ ნიმუშების აღების ადგილზე შეიმჩნევა სხვადასხვა სახის ქვიშაქვების ქანების მოკლე მანძილებში ურთიერთშენაცვლება. ძირითადად ჭარბობს საშუალო მარცვლოვანი ქვიშა. აქედან გამომდინარე, რეკომენდირებულია სხვადასხვა ფრაქციის ქვიშების ურთიერთშერევა სასურველი გრანულომეტრიული შემადგენლობის მისაღწევად;
- ხელოვნური კვარცული ქვიშაქვების მიღების თვითღირებულება 20-25 %-ით მცირეა, ვიდრე სხვა, მტკიცე ქანების გადამუშავებით მიღებული ხელოვნური ქვიშებისა;
- საგზაო მშენებლობაში ხელოვნური კვარცული ქვიშაქვების გამოყენება სრულად უზრუნველყოფს მიღებული პროდუქციისათვის წაყენებულ სამშენებლო ნორმებისა და სტანდარტების მოთხოვნებს. როგორც ლაბორატორიული კვლევების



შედეგად დადგინდა, სტანდარტების შესაბამისი მაჩვენებლები მიღწეული იქნა ნიმუშებში თანაფარდობით 50 % კვარცული ქვიშა და 50 % მტკიცე ქანების ხელოვნური ქვიშა, თუმცა ზოგი პარამეტრი მიიღწევა კვარცული ქვიშის 75 % არსებობის შემთხვევაშიც.

- ზემოთ ნახსენებ ნაშრომში დამუშავებულია საგზაო ფენილის ცვეთაზე გამოცდის ლაბორატორიული მეთოდი და ხელსაწყო, რომელიც საშუალებას იძლევა ლაბორატორიულ პირობებში მოხდეს მშენებლობაში გამოსაყენებელი ასფალტბეტონის ფენილის ცვეთის მოდელირება და მისი სიდიდის პროგნოზირება, რომლის საფუძველზე შესაძლებელია საგზაო ფენილის ექსპლუატაციის პერიოდში ცვეთის ნორმატიული სიდიდეების განსაზღვრა.

## თავი 10

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სისტემები; ჩამდინარე წყლების სახეები; ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიური ეტაპები; ჩამდინარე წყლების შეგროვება და ტრანსპორტირება; სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა; ნაკადის გათანაბრება; ფიზიკური გაწმენდის მეთოდები; გაცხრილვის მეთოდები; წნებ-ფილტრები; მემბრანული სეპარაცია; ფილტრაცია გრანულოვანი გამფილტრავი მასალის გამოყენებით; ბუნებრივი დალექვა; ფლოტაცია; ადსორბცია; იონების გაცვლა; გამოდევნა; მოშორება; ქიმიური გაწმენდის მეთოდები; ბიოლოგიური გაწმენდის მეთოდები; სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ანაერობული მეთოდების გამოყენებით; სამრეწველო შლამის გაწმენდა; სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდისა და განთავსების სხვა მეთოდები; ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენება; ყურძნის გადამუშავების პროდუქტების მეორადი მატერიალური რესურსების გამოყენებისათვის.

---

### სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სისტემები

მსოფლიოში სამრეწველო ჩამდინარე წყლების განთავსებისა და გაწმენდის ძალიან ბევრი სისტემა/ტექნოლოგია არსებობს. აქ განვიხილავთ გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით აღიარებულ ტექნოლოგიებს, აგრეთვე იმ ტექნოლოგიებს, რომლებიც ამჟამად გამოიყენება ან იწერება განვითარებულ ქვეყნებში.

### ჩამდინარე წყლების სახეები

ჩამდინარე წყლები, როგორც სამრეწველო, ასევე ურბანული (საყოფაცხოვრებო) შედგება სხვადასხვა კომპონენტებისაგან (მყარი ნივთიერებები, აირები და სითხეები).

ჩამდინარე წყლების ძირითადი შემადგენელი წყალია. მიუხედავად ამისა, ძალიან ძნელია ჩამდინარე წყლების ცალკეული კომპონენტების რაოდენობრივი შეფასება და ხშირად მათი ერთმანეთისგან გარჩევაც კი. თუ ვეცდებით ჩამდინარე წყლებში არსებული ყველა ქიმიური ნივთიერების დადგენას, საჭირო იქნება ათეულობით ქიმიური ანალიზის ჩატარება.

**ჩამდინარე წყლების** დასახიათების პროცესის გასამარტივებლად, საჭიროა პარამეტრების ჩამონათვალის რამდენიმე ჯგუფად დაყოფა.

მაგალითად:

- ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნა (BOD)<sup>253</sup>,
- ჟანგბადზე ქიმიური მოთხოვნა (COD)<sup>254</sup>,
- ჯამური შეწონილი მყარი ნაწილაკები (TSS),
- ჯამური აზოტი,
- ჯამური ფოსფორი,
- შერჩეული დამაბინძურებლები და ჯამური ან ფეკალური ნაწლავის ჩხირები.

ბუნებაში ჩამდინარე წყლების ორგანული კომპონენტები იხრწნება (სტაბილიზდება) ბიოქიმიური დაშლის პროცესებით ან ბიოლოგიური მოხმარებით. ორივე ეს პროცესი ჟანგავს ჩამდინარე წყლების შემადგენელ კომპონენტებს. ყველაზე გავრცელებულ დამჟანგავ აგენტს წყალში გახსნილი ჟანგბადი წარმოადგენს. ჩამდინარე წყალში გახსნილ ჟანგბადს იყენებენ ორგანული კომპონენტების დამშლელი ბიოლოგიური და ქიმიური პროცესები. ჟანგბადზე ქიმიური მოთხოვნა იზომება მგ/ლ-ით. რაც უფრო დიდია ჟანგბადზე ქიმიური მოთხოვნა, მით უფრო მაღალია ორგანული მასალის კონცენტრაცია ჩამდინარე წყალში. ჟანგბადზე ბიოლოგიური მოთხოვნაც მგ/ლ-ით იზომება და ასევე წარმოადგენს ჩამდინარე წყალში ბიოდეგრადირებადი მასალის კონცენტრაციის მაჩვენებელს.

თხევადი კომპონენტის გარდა, ჩამდინარე წყლებში წარმოდგენილია მყარი კომპონენტები, რომლებსაც ჯამური მყარი შეწონილი ნაწილაკები ეწოდება (TSS). ჯამური მყარი შეწონილი ნაწილაკები იზომება მშრალ გაფილტრულ მდგომარეობაში

---

<sup>253</sup> **ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნა (BOD)** წარმოადგენს წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობას, რომელსაც საცდელ ნიმუშში გარკვეულ ტემპერატურასა და დროის განსაზღვრულ მონაკვეთში მოიხმარენ წყლის ობიექტში არსებული აერობული ბიოლოგიური ორგანიზმები. ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნა გამოისახება 5 დღის განმავლობაში 20 0C ტემპერატურის პირობებში ერთ ლიტრ ნიმუშში მოხმარებული ჟანგბადის მილიგრამებით. ხშირად ჟანგბადზე ბიოქიმიური მოთხოვნის სიდიდით განისაზღვრება წყლის ორგანული დაბინძურების დონე.

<sup>254</sup> **ჟანგბადზე ქიმიური მოთხოვნა (COD)** წარმოადგენს ცდის მეთოდს, რომელიც ემყარება ჩამდინარე წყლებში გახსნილი ან შეწონილი ორგანული და არაორგანული დამაბინძურებლების ქიმიურ დაშლას. ჟანგბადზე ქიმიური მოთხოვნის ცდის შედეგი გვიჩვენებს 2 საათის განმავლობაში კალიუმის ბიქრომატის მდულარე ხსნარში დამაბინძურებლების მიერ მოხმარებული წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობას (გამოსახულს მილიგრამებში ერთ ლიტრ წყალზე). რაც უფრო მაღალია ჟანგბადზე ქიმიური მოთხოვნა, მით უფრო მეტია საცდელ ნიმუშში დამაბინძურებლების რაოდენობა.

მგ/ლ-ით. რაც უფრო მაღალია ჯამური მყარი შეწონილი ნაწილაკების მაჩვენებელი, მით უფორ მეტია მყარი მასალა ჩამდინარე წყალში.

გარდა აღნიშნულისა, ჩამდინარე წყლები საკვებ ნივთიერებებსაც (ნუტრიენტებს) შეიცავს. ყველაზე გავრცელებული ნუტრიენტებია აზოტი და ფოსფორი. ამ ნუტრიენტების ჩაშვება წყლის ისეთ ობიექტებში, სადაც მათი დონე ნორმალურია, იწვევს წყლის ობიექტებში წყალმცენარეების ინტენსიურ განვითარებას, ანუ ევტროფიკაციას. წყალმცენარეების ინტენსიური განვითარება ამცირებს წყალში გახსნილი ჟანგბადის რაოდენობას და შეიძლება გამოიწვიოს წყლის ან ზღვის ცოცხალი ორგანიზმების განადგურება.

გარდა იმისა, რომ ნუტრიენტები უარყოფით ზემოქმედებას ახდენენ გარემოზე, ზოგიერთი ნუტრიენტი ადამიანის ჯანმთელობისთვისაც საზიანოა. მაგალითად, სასმელ წყალში არსებული ნიტრატები<sup>255</sup> იწვევენ მეტემოგლობინემიას. ჩამდინარე წყლებში უხვად არის მიკროორგანიზმებიც. ქიმიური ნივთიერებების მსგავსად, მათი რაოდენობა ჩამდინარე წყლებში იმდენად დიდია, რომ რთულია მათი ცალკეული სახეობების რაოდენობრივი შეფასება.

წყლის მახასიათებლების დასადგენად ხდება მიკროორგანიზმების მხოლოდ ერთი ნაწილის შესწავლა. ვინაიდან ჩამდინარე წყლებში პათოგენების ძალიან დიდი რაოდენობაა, თითოეული სახეობის რიცხოვნობის დადგენა ძალიან რთულია. ჩამდინარე წყლებში მიკროორგანიზმების არსებობის კუთხით წყლის ხარისხის დასადგენად, ხდება ინდიკატორი ორგანიზმების ორი კატეგორიის დათვლა. პირველ კატეგორიას მიეკუთვნება **ჯამური ნაწლავის ჩხირები**, ხოლო მეორეს - **ფეკალური ნაწლავის ჩხირები**. როგორც წესი, ფეკალური ნაწლავის ჩხირები გამოისახება კოლონიის შემქმნელი ერთეულებით (CFU) 100 მლ ჩამდინარე წყალში, ამ გზით დგინდება ნიმუშში ორგანიზმების რაოდენობა.

ჩამდინარე წყლებში, ძირითადად, სამრეწველო ჩამდინარე წყლებში გვხვდება მძიმე ლითონები და სინთეზური ორგანული ნაერთები, რომლებიც წარმოიქმნება სხვადასხვა სამრეწველო საქმიანობების შედეგად თუ საყოფაცხოვრებო ნარჩენებიდან. ხშირ შემთხვევაში ასეთი ნივთიერებების მოსაცილებლად სპეციალური ტექნოლოგიებია საჭირო. გაწმენდის ტექნოლოგიის შერჩევა ხდება ჩამდინარე წყალში იმ ნივთიერებების არსებობის საფუძველზე, რომლებიც საერთოდ უნდა გამოირიცხოს, ან მათი კონცენტრაცია „ნულოვან დონეს“ უნდა მიუახლოვდეს (პრიორიტეტული სახიფათო

---

<sup>255</sup>ნიტრატები და მეტემოგლობინემია. ნიტრატების მაღალი კონცენტრაციით შემცველი წყლის დაღვევამ შეიძლება გამოიწვიოს პოტენციურად ფატალური აშლილობა, რომელსაც მეტემოგლობინემია ეწოდება. მეტემოგლობინემია არის მდგომარეობა, რომელშიც სისხლის წითელ უჯრედებში ჰემოგლობინის ერთ პროცენტზე მეტი იღებს მეტემოგლობინის ფორმას. მეტემოგლობინი (ანუ დაჟანგული ჰემოგლობინი) არ ატარებს ჟანგბადს და, როდესაც ის ცვლის ჰემოგლობინს, შეიძლება გამოიწვიოს კანის ნაცრისფერი სილურჯე (ციანოზი).ჭარბი ნიტრატი ადამიანის ორგანიზმში იწვევს მეტემოგლობინემიას.მეტემოგლობინემიით დაავადებულმა ადამიანმა შეიძლება განიცადოს ტაქიკარდია, ძლიერი სისუსტე, გულისრევა და მძიმე შემთხვევებში - ფატალური შედეგი.

ნივთიერებები), ბუნებრივი წარმოშობის შემთხვევაში კი - ფონურ კონცენტრაციებს დაუბრუნდეს.

### ჩამდინარე წყლების გაწმენდის ტექნოლოგიური ეტაპები

ზოგადად, გარემოში დასაბრუნებლად ჩამდინარე წყალი უნდა გაიწმინდოს, რათა მინიმუმამდე შემცირდეს მისი შესაძლო უარყოფითი ზემოქმედება. აღნიშნული პრინციპი განსაკუთრებით აქტუალურია სამრეწველო ჩამდინარე წყლების შემთხვევაში, რადგან ხშირად სამრეწველო ჩამდინარე წყლები შეიცავს ადამიანის ჯანმრთელობისა და წყლის გარემოსათვის საშიშ და სახიფათო კომპონენტებს. სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა შეიძლება განხორციელდეს ადგილზე, წარმომქნელის მიერ, ან ჩაშვებულ იქნეს ჩამდინარე წყლების ადგილობრივ (საერთო) გამწმენდ ნაგებობაში. ასეთ შემთხვევაში სამრეწველო ობიექტის მიერ ჩაშვებული ჩამდინარე წყალი უნდა დაექვემდებაროს პირველად დამუშავებას და მიაღწიოს მოცემული ქვეყნის სტანდარტების შესაბამის დონეს. სტანდარტები ყველა ქვეყანაში განსხვავებულია, თუმცა, ზოგადად, სამრეწველო ობიექტების მიერ ჩაშვებული ჩამდინარე წყლები შესაბამისობაში უნდა იყოს შემდეგ ფაქტორებთან:

- ჩამდინარე წყლების ადგილობრივ გამწმენდ ნაგებობამდე მიყვანა (მაგ., ძლიერი სუნის მქონე ნაერთების გათვალისწინებით);
- ადგილობრივი გამწმენდი ნაგებობის პროცესები (მაგ., იმ ქიმიური ნაერთების გათვალისწინებით, რომლებმაც შეიძლება შეაფერხონ ბიოლოგიური გაწმენდის პროცესი);
- გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების ან შლამის გამოყენება ან განთავსება (მაგალითად, გარკვეული პესტიციდები ან მძიმე ლითონები).

**შენიშვნა:** ტერმინი „გაწმენდა“ ეხება როგორც ჩამდინარე წყლების სამრეწველო ობიექტის ფარგლებში გაწმენდის, ასევე ადგილობრივ საკანალიზაციო სისტემაში მისი ჩაშვების შემთხვევას.

გაწმენდის ტექნოლოგიები სამ კატეგორიად იყოფა: **ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური გაწმენდა**. აქედან გამომდინარე, სამრეწველო ობიექტების მიერ ჩაშვებული წყლების გაწმენდის მეთოდის შერჩევა შემდეგ ფაქტორებზეა დამოკიდებული:

- სამრეწველო ობიექტიდან გამოსულ ჩამდინარე წყლებში არსებული დამაბინძურებლების იდენტიფიკაცია;
- სამრეწველო ობიექტიდან გამოსული ჩამდინარე წყლების ხასიათის დადგენა (მოცულობის ცვალებადობა);
- ჩამდინარე წყლების მიმღებების რეგულირება (ინტენსივობა და დაბინძურების პიკური პერიოდები) და ჩამდინარე წყლების საწარმოო პროცესებისგან იზოლირება;
- გაწმენდის ტექნოლოგიის შერჩევა ფიზიკური, ქიმიური და ბიოლოგიური გაწმენდის არსებული შესაძლებლობებიდან გამომდინარე.

**შენიშვნა:** სამრეწველო ობიექტიდან გამოსული ნებისმიერი ჩამდინარე წყალი (და დამაბინძურებელი) გაწმენდის სპეციფიკურ ტექნოლოგიას მოითხოვს.

გარდა ამისა, სამრეწველო ობიექტიდან გამოსული ჩამდინარე წყლებისთვის სათანადო გაწმენდის მეთოდის შესარჩევად, უნდა განისაზღვროს შემდეგი პარამეტრები:

- ჩამდინარე წყლების დღიური მოცულობა;
- ჩამდინარე წყლების ჩაშვების მინიმალური და მაქსიმალური მოცულობა;
- საწარმოო პროცესებში გამოყენებული წყლის ქიმიური მახასიათებლები;
- წარმოების უწყვეტი და წყვეტილი ეტაპები;
- პიკური დაბინძურების ინტენსივობა და პერიოდები;
- ნარჩენების ნაკადების განცალკევების შესაძლებლობა;
- ადგილობრივი ან ნაწილობრივი გაწმენდის, ან რეციკლირების შესაძლებლობა;
- მეორადი დაბინძურების ისეთი უმნიშვნელო ან შემთხვევითი მოვლენების ალბათობა, რომლებმაც შეიძლება ხელი შეუშალოს გამწმენდი ნაგებობის გამართულ ფუნქციონირებას (წებოების, ბოჭკოების, ზეთების, ქვიშისა, და სხვ. არსებობა).

გამწმენდი ნაგებობის დაპროექტების პროცესში აღნიშნული პარამეტრების დადგენა უნდა მოხდეს სამრეწველო ობიექტში არსებული საწარმოო პროცესების ანალიზისა და მიღებული შედეგების სხვა მსგავსი სამრეწველო ობიექტებიდან მიღებულ ინფორმაციასთან შედარების გზით. იმ შემთხვევაში, თუ სამრეწველო ობიექტს აქვს საკუთარი გამწმენდი ნაგებობა, გაწმენდილ ჩამდინარე წყლებში დამაბინძურებლების რაოდენობის ზუსტად დადგენა შესაძლებელია წყლის რეგულარული ანალიზითა და მიღებული შედეგების სამრეწველო ობიექტში გამოყენებულ ქიმიურ ნივთიერებებთან შედარების საშუალებით.

### **ტერიტორიის მახასიათებლები**

ჩამდინარე წყლების გაწმენდისა და განთავსების სისტემის დაპროექტების დროს აუცილებლად უნდა იქნეს გათვალისწინებული იმ ტერიტორიის ბუნებრივი პირობები, სადაც დაგეგმილია აღნიშნული სისტემის მოწყობა. ცალკეულ ასპექტებს აქვს ძალიან დიდი მნიშვნელობა ჩამდინარე წყლების გაწმენდისა და განთავსების სისტემებისთვის ტერიტორიის შერჩევის დროს, ამიტომ აღნიშნული სისტემების მოწყობამდე აუცილებელია ყველა ამ ასპექტის სათანადოდ შესწავლა და გათვალისწინება. ესენია:

- მიწისქვეშა წყალშემცველი ჰორიზონტის სიღრმე (როგორც სასმელად ვარგისი, ასევე უვარგისი): გაწმენდის სისტემები უნდა მოეწყოს მიწისქვეშა წყალშემცველი ჰორიზონტის ზემოთ, რათა არ მოხდეს მიწისქვეშა წყლების სისტემაში შეღწევა. არაღრმა მიწისქვეშა წყლების შემთხვევაში, ფილტრაციის ზონა და, შესაბამისად, დამაბინძურებლებისგან გაწმენდის ხარისხი მცირეა, რამაც, შესაძლოა მიწისქვეშა წყლების დაბინძურება გამოიწვიოს. ასეთ პირობებში და თუ ჩაშვების ინტენსივობა ფილტრაციის ინტენსივობაზე მაღალია, ჩამდინარე წყალი შეიძლება გაწმენდის სისტემაში ჩაბრუნდეს;

- წყალგაუმტარი ნიადაგები ან ქანები; წყალგაუმტარი გრუნტის პირობებში ადგილი აქვს ნიადაგის ზედა ფენების გაჯერებას ჩაშვებული წყლებით, აღარ ხდება ჩაშვებული წყლის ფილტრაცია, რაც იწვევს ტერიტორიის შეტბორვას და ზედაპირული ჩამონადენის გაჩენას (გადავსება ან გადმოღვრა). ასეთ დროს განთავსების სისტემა მწყობრიდან გამოდის, რაც საფრთხეს უქმნის ადამიანის ჯანმრთელობას;

- ციცაბო რელიეფი; ციცაბო რელიეფი სიტუაციას ართულებს და, შესაბამისად, ზრდის ხარჯებს მიწისქვეშა გამწმენდი ავზების მოწყობის აუცილებლობიდან გამომდინარე;

- დატბორვის ზონები; ზოგადად, დატბორვის ზონებში ობიექტების მშენებლობა გაუმართლებელია პირადი და საკუთრების უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული მოსაზრებების გამო. იგივე ეხება ჩამდინარე წყლების გაწმენდის და განთავსების სისტემებსაც;

- ზედაპირული წყლის ობიექტების სიახლოვე (მდინარეები და ზედაპირული წყლის სხვა ობიექტები); ჩამდინარე წყლების გაწმენდის და განთავსების სისტემების ზედაპირული წყლის ობიექტებთან ახლოს განთავსების შემთხვევაში აუცილებელია აღნიშნულ ობიექტებში წყლის სათანადო ხარისხის უზრუნველყოფა წყლის მომხმარების არსებული ფორმების შესანარჩუნებლად. იმ შემთხვევაში, თუ ზედაპირული წყლის ობიექტი გამოიყენება სასმელად, სარწყავად ან რეკრეაციული და სხვა მიზნებისათვის, აუცილებელია წყლის ისეთი ხარისხის შენარჩუნება, რომელიც საფრთხეს არ შეუქმნის წყალსარგებლობის აღნიშნულ სახეებს. აქედან გამომდინარე, ჩამდინარე წყლების გაწმენდისა და განთავსების სისტემებმა არ უნდა დააბინძურონ ზედაპირული წყლის ახლომდებარე ობიექტები;

- მიწისქვეშა წყლების რესურსების დაცვა; მიწისქვეშა წყლების რესურსების დაცვა ერთერთი პრიორიტეტული ფაქტორია (სასმელი წყლის წყარო);

- ჰიდროგეოლოგია; ჰიდროგეოლოგია მოიცავს მიწისქვეშა წყლების გრუნტში განაწილებასა და მოძრაობას. შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ ბევრი საკითხი, რომელიც ზემოთ განვიხილეთ, ჰიდროგეოლოგიის კატეგორიაში ხვდება. მიწისქვეშა წყლების ბუნება და ხასიათი ძალიან ნელა იცვლება, ამიტომ პროგნოზების გაკეთება დეტალური კვლევების გარეშე შეუძლებელია. გარდა ამისა, არსებობს სხვა ფაქტორებიც, რომლებიც ზემოქმედებას ახდენენ ჩამდინარე წყლების გაწმენდისა და განთავსების სისტემების ფუნქციონირებაზე. ამიტომ ობიექტის მესაკუთრემ და ინჟინერმა გულდასმით უნდა შეისწავლონ და შეაფასონ ის ტერიტორია, სადაც დაგეგმილია ჩამდინარე წყლების გაწმენდი სისტემის მოწყობა.

### **ჩამდინარე წყლების შეგროვება და ტრანსპორტირება**

ურბანული ჩამდინარე წყალი წარმოადგენს სითხესა ან წყალში შერეული საცხოვრებელი სახლების, კომერციული თუ სამრეწველო ობიექტების სველ

წერტილებში წარმოქმნილი ნარჩენების, მიწისქვეშა წყლების, ზედაპირული წყლებისა და ჩამონადენის ნაზავს. გაუწმენდავი ჩამდინარე წყლები, როგორც წესი, შეიცავს დიდი რაოდენობით ორგანულ მასალას, უამრავ პათოგენურ მიკროორგანიზმს, ასევე ნუტრიენტებსა და ტოქსიკურ ნაერთებს. ჩამდინარე წყლები საფრთხეს უქმნის გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობას, აქედან გამომდინარე, აუცილებელია წარმოქმნის წყაროდან მათი დროულად გატანა და სათანადოდ გაწმენდა საბოლოო განთავსებამდე.

**ჩამდინარე წყლების მართვის მიზანია** გარემოს დაცვის უზრუნველყოფა საზოგადოებრივ ჯანმრთელობასთან დაკავშირებულ და სოციალურ-ეკონომიკურ ასპექტებთან თავსებადი საშუალებებით. ჩამდინარე წყლების შეგროვების სისტემები აგროვებენ საცხოვრებელ სახლებში, კომერციულ და სამრეწველო ობიექტებში გამოყენებულ წყალს და გადააქვთ ჩამდინარე წყლების გამწმენდ ნაგებობებში. ასეთი სახის სისტემას კანალიზაცია ან საკანალიზაციო სისტემა ეწოდება. მსგავსი სისტემა, რომელსაც სანიაღვრე სისტემა ეწოდება, აგროვებს ზედაპირულ ჩამონადენს, რომელიც წარმოიქმნება შენობებიდან, ასფალტით დაფარული და დაუფარავი ტერიტორიებიდან წვიმისა და თოვლის დნობის შედეგად და უშვებს მდინარეში ან ზედაპირული წყლის ობიექტში, ჩვეულებრივ, გაწმენდის გარეშე. ასეთ სისტემას ხშირად სანიაღვრე კანალიზაციასაც უწოდებენ.

წარსულში საყოფაცხოვრებო და სანიაღვრე კანალიზაცია ერთ სისტემაში იყო მოქცეული. ხშირად, ძლიერი წვიმების დროს იმ გამწმენდ ნაგებობებზე, რომლებიც კანალიზაციის კომბინირებულ სისტემას ემსახურებოდნენ, ძლიერი ჰიდრავლიკური დატვირთვა იქმნებოდა, რაც იწვევდა ჩამდინარე წყლების მიმღებ ობიექტებში გადაღვრასა და გაწმენდის სისტემის მწყობრიდან გამოსვლას. ამის გამო, დღეს ასეთი სისტემები თითქმის აღარ არსებობს.

ძველმა რომაელებმა ერთ-ერთმა პირველებმა დაიწყეს ჩამდინარე წყლების შეგროვება თიხის მილებისა და დახურული საკანალიზაციო არხების საშუალებით. მათ ძალიან კარგად ესმოდათ სათანადო სანიტარიულ-ჰიგიენური პირობების უზრუნველყოფის მნიშვნელობა.

- ჩამდინარე წყლების შეგროვების თანამედროვე სისტემები წარმოადგენენ შემდეგი კომპონენტების რთულ კომბინაციას:
- თვითმდინარე საკანალიზაციო გაყვანილობა,
- მაგისტრალური გაყვანილობა,
- სადაწნეო მილსადენი,
- ჭები და სატუმბი სადგურები.

საკანალიზაციო სისტემების მოწყობაზე იხარჯება ჩვენი მუნიციპალიტეტებისათვის განსაზღვრული დაფინანსების ძალიან დიდი ნაწილი. იმის გამო, რომ აღნიშნული სისტემები მიწის ქვეშ არის განლაგებული, საზოგადოება ვერ ხედავს და ვერ გრძნობს მათ არსებობას. ფართო საზოგადოების ძალიან მცირე ნაწილმა იცის, რომ საკანალიზაციო სისტემების ექსპლუატაცია და ტექნიკური მომსახურება

უმნიშვნელოვანესია თანამედროვე სანიტარიულ-ჰიგიენური პირობების უზრუნველსაყოფად. მხოლოდ სისტემის გაუმართაობის დროს იგებს ხალხი ასეთი სისტემების არსებობის შესახებ.

### სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა

თითოეული დამაბინძურებლისათვის საჭიროა გაწმენდის კონკრეტული ტექნოლოგია, თუმცა, ყველა ეს განსხვავებული ტექნოლოგია შემდეგი ეტაპებისგან შედგება:

- ჩამდინარე წყლების ნაკადის გათანაბრება;
- **ფიზიკური გაწმენდა:** ფიზიკური გაწმენდა შეიძლება განხორციელდეს როგორც შუალედურ, ასევე დასკვნით ეტაპზე, გაწმენდის სახეობიდან გამომდინარე;
- **ქიმიური გაწმენდა:** დამოკიდებულია ჩამდინარე წყალში არსებულ დამაბინძურებლებზე და შეიძლება განხორციელდეს როგორც შუალედურ, ასევე დასკვნით ეტაპზე;
- **ბიოლოგიური გაწმენდა:** ამ მეთოდის გამოყენება დამოკიდებულია ჩამდინარე წყალში ბიოდეგრადირებადი კომპონენტების არსებობაზე;
- **სამრეწველო შლამის გაწმენდა:** ცალკეულ შემთხვევებში არსებობს ორგანული შლამიც, თუმცა შლამი ძირითადად არაორგანული ხასიათისაა. სამრეწველო ჩამდინარე წყალი დიდი რაოდენობით შლამს შეიცავს, რომელიც, ძირითადად, ქიმიური და ფიზიკური გაწმენდის მეთოდების გამოყენების შედეგად წარმოიქმნება.

### ნაკადის გათანაბრება

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გამწმენდი ნაგებობის დაპროექტების დროს, პირველ რიგში უნდა დადგინდეს სამრეწველო ობიექტიდან გამოსული ჩამდინარე წყლების ნაკადის ცვალებადობა. ანალიზზე დაყრდნობით უნდა განისაზღვროს ნაკადის გათანაბრების საჭიროება. გათანაბრება შესაძლებელია ორი სახით: ნაკადის სიჩქარის გათანაბრება და შემადგენელი კომპონენტების (დამაბინძურებლების) გათანაბრება.

ნაკადის გათანაბრება არის პროცესი, რომელიც დამუშავებისა და გაწმენდის ციკლების დროს ცვლის ნაკადის სიჩქარეს ისე, რომ ის მაქსიმალურად მიახლოებული იყო მოცემულ პერიოდში ნაკადის საშუალო სიჩქარესთან. კომპონენტების გათანაბრება ეხება სამრეწველო ჩამდინარე წყლებში სამიზნე დამაბინძურებლების კონცენტრაციების გათანაბრებას. როგორც წესი, 24 საათიანი პერიოდის განმავლობაში კონკრეტული დამაბინძურებლების კონცენტრაცია მოცემულ სამრეწველო ჩამდინარე წყლებში მნიშვნელოვნად ცვალებადობს გამომდინარე იქიდან, თუ რომელი პროცესი - დაწყება, ოპერირება, დასრულება და გაწმენდა - მიმდინარეობს.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სისტემები, რომლებიც გათვლილია სამიზნე დამაბინძურებლების გარკვეულ კონცენტრაციებზე, სათანადოდ ვერ მუშაობენ,



როდესაც დამაბინძურებლების კონცენტრაციები მნიშვნელოვნად აღემატება საპროექტო სიდიდეებს. დამაბინძურებლების სხვადასხვა კონცენტრაციების მქონე ჩამდინარე წყლების ერთმანეთთან შერევის შედეგად მიღებული კონცენტრაციების გამოსათვლელად გამოიყენება განზავების მარტივი განტოლება.

### ფიზიკური გაწმენდის მეთოდები

წინამდებარე თავში აღწერილია ფიზიკური გაწმენდის შემდეგი პროცესები:

- გაცხრილვა (მყარი ნაწილაკების მოშორება ცხავის საშუალებით);
- დალექვა (ჩამდინარე წყლებიდან დამაბინძურებლების გრავიტაციული დალექვა);
- ფლოტაცია (აირების მცირე ბუშტუკების შეყვანა ჩამდინარე წყალში, რომლის შედეგადაც დამაბინძურებლები ამოდიან ჩამდინარე წყლის ზედაპირზე და შესაძლებელი ხდება მათი მოშორება);
- გამოდევნა (ჩამდინარე წყლებიდან აქროლადი და ნახევრადქროლადი ორგანული ნაერთების მოშორება ჰაერის ნაკადის გამოყენებით).

გაცხრილვის მეთოდები გაცხილვა წარმოადგენს ფიზიკურ დამუშავების მეთოდს, რომელიც დაბინძურების მოსაშორებლად ფიზიკურ წინაღობას იყენებს. გაცხრილვა ხდება როგორც შედარებით მსხვილი უჯრედების მქონე ბადეებით - რამდენიმე სანტიმეტრის ზომის მქონე მასალის მოსაშორებლად, ასევე წმინდა ცხავებით - მაკრომოლეკულების ტოლი ნაწილაკების დასაჭერად. დამჭერი ბადე ხშირ შემთხვევაში წარმოადგენს გაწმენდის პირველ მოწყობილობას, რომელიც მონტაჟდება ჩამდინარე წყლების გადაადგილების მარშრუტზე ტუმბოებისა და სხვა აღჭურვილობის დაზიანებისაგან დასაცავად.

აღნიშნული მოწყობილობა ჩამდინარე წყალს ამორებს ისეთ მასალას, როგორცაა პროდუქციისა ან ნედლეულის ნატეხები, პლასტმასის მასალა, ან სხვა ისეთი უცხო საგნები, რომლებიც შემთხვევით ხვდებიან სამრეწველო ობიექტების დრენაჟის ან კანალიზაციის სისტემებში. გამოიყენება ორი სახის დამჭერი ბადე. ჩარჩოებზე უძრავად დამაგრებული ბადეები, რომლებიც აღჭურვილია გაწმენდის მოძრავი ავტომატური მექანიკური სისტემით და მფილტრავი ბადეები, რომლებიც სამიზნე საგნების გარდა, ყველაფერს ატარებენ. ტანგენციალური ფილტრი მუშაობს შემდეგნაირად: ჩამდინარე წყალი შედის ავზში ბადის უკანა მხრიდან, ავსებს ავზს, გადმოდის ფილტრის ზედა ნაწილიდან და მიუყვება ქვემოთ ფილტრის დახრილ ზედაპირზე.

წყალი და ბადის უჯრედზე ნაკლები ზომის ნაწილაკები გადიან ფილტრში, გროვდებიან სპეციალურ ავზში და გადიან გაწმენდის შემდგომ ეტაპს. დანარჩენი მყარი მასალა ცურდება ქვემოთ და გროვდება ავზის ძირზე. მბრუნავ ცილინდრულ ბადეებს აქვს მუდმივი თვითგაწმენდის უნარი. ისინი ირეცხებიან გაფილტრული წყლის ნაკადით. მიკროფილტრაცია წარმოადგენს გაწმენდის პროცესს, რომელიც მოგვაგონებს მბრუნავი ბადეების მოქმედებას.

მთავარი განსხვავება მდგომარეობს ბადის უჯრედების ზომასა და გაწმენდილი ჩამდინარე წყლის ნაკადის მიმართულებაში. წნეხ-ფილტრები ჩამდინარე წყლების გაწმენდის კონტექსტში წნეხ-ფილტრები, ჩვეულებრივ, მოიაზრება შლამის გასაშრობად, თუმცა იგი წარმატებით გამოიყენება გამოლექვის შემდგომ გამოლექილი ლითონებისა და სხვა ნივთიერებების სეპარაციისათვის. მემბრანული სეპარაცია მემბრანული სეპარაციის პროცესი მოიცავს მიკროფილტრაციას, ულტრაფილტრაციას, ნანოფილტრაციას, უკუოსმოსს, დიალიზსა და ელექტროდიალიზს. ამ პროცესებში გამოიყენება ერთი ან ერთზე მეტი მემბრანა, რომელიც წარმოადგენს ფიზიკურ წინაღობას ფაზებს შორის და რომელშიც მხოლოდ შეზღუდული რაოდენობის კომპონენტები გადის.

აღნიშნული პროცესები გამოიყენება ჩამდინარე წყლიდან მოლეკულური ან იონური სახეობების მოსაშორებლად. ფილტრაცია გრანულოვანი გამფილტრავი მასალის გამოყენებით სქელი გრანულოვანი ფილტრების მუშაობის პრინციპი შემდეგში მდგომარეობს: ჩამდინარე წყლის შეწონილი ნაწილაკები გადაადგილდებიან ფილტრის გრანულებს შორის არსებულ სივრცეებში მანამდე, სანამ არ გაიჭედებიან ფილტრის ფენებში. სქელი გრანულოვანი ფილტრები იყენებენ გრანულოვანი გამფილტრავი მასალის ერთ, ორ ან მეტ სახეობას, მათ შორის ქვიშას, ანტრაციტს და ძოწს. ქვიშის ნელი ფილტრი ხასიათდება ჩატვირთვის ბევრად დაბალი სიჩქარით, ვიდრე ტრადიციული ფილტრები, რომლებსაც „ქვიშის სწრაფი ფილტრები“ ეწოდებათ.

აღნიშნულ ფილტრებში ფილტრაცია ხდება დაჭერის, ადსორბციის, ბიოლოგიური გამოლექვის და ბიოლოგიური დაშლის გზით. ბუნებრივი დალექვა ბუნებრივი დალექვა წარმოადგენს გრავიტაციის საშუალებით ნაწილაკების სეპარაციის პროცესს. ამ სახის სალექარი მოწყობილობების მიზანს „მშვიდი პირობების“ შექმნა წარმოადგენს.

ბუნებრივი დალექვის პროცესს ხშირად „გაკამკამებას“ უწოდებენ, ხოლო შესაბამის მოწყობილობებს „გამაკამკამებლებს“ ან „სალექარ ავზებს“. ბუნებრივი დალექვის პროცესში ნაწილაკების დალექვა სამი გზით ხდება: დისკრეტული დალექვა, ფლოკულენტური დალექვა და ზონური დალექვა. ფლოტაცია გრავიტაციული ფლოტაცია გამოიყენება როგორც დალექვის მეთოდთან ერთად, ასევე დამოუკიდებლადაც ზეთების, ცხიმებისა და ისეთი მსუბუქი მყარი მასალის მოსაშორებლად, რომლებიც წყლის ზედაპირზე ტივტივებენ. მოტივტივე მასალის დასაჭერად და შესაგროვებლად სხვადასხვა სახის მოწყობილობები არსებობს.

ფლოტაცია წყალში განზავებული ჰაერით წარმოადგენს მყარი ნაწილაკების სეპარაციის პროცესს, რომელიც ჩვეულებრივი დალექვის მსგავსია. პროცესის მთავარ მამომრავებელ ძალას გრავიტაცია წარმოადგენს, ხოლო შემაფერხებელ ძალას - ჰიდროდინამიკური წინაღობა. აღნიშნული მეთოდი იყენებს წნევას ჩამდინარე წყალში იმაზე მეტი მოცულობის ჰაერის განსაზავებლად, ვიდრე ეს შესაძლებელია ატმოსფერული წნევის პირობებში. ჰაერის წნევით შეშვების შემდეგ ხდება წნევის დაკლება.

**ადსორბცია** წარმოადგენს ერთი ნივთიერების დაგროვებას მეორე ნივთიერების ზედაპირზე. ნივთიერებას, რომელიც გროვდება და განიცდის ადსორბციას, **ადსორბატი** ეწოდება, ხოლო ნივთიერებას, რომელზედაც ხდება სხვა ნივთიერების დაგროვება - **ადსორბენტი**.

**ადსორბატი** შეიძლება იყოს როგორც წყალში გახსნილი ნივთიერება, ასევე წარმოდგენილი შეწონილი მყარი ნაწილაკების სახით კოლოიდურ ხსნარში. შესაძლებელია სითხეებისა და აირების კოლოიდური ხსნარების ადსორბციაც. სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სისტემებში ადსორბენტად ყველაზე ხშირად აქტივირებული ნახშირი გამოიყენება.

**ადსორბენტებია:** სინთეზური ფისები, აქტივირებული ალუმინი, სილიკაგელი, ნაცარი, დაქუცმაცებული საბურავები, მოლეკულური ცხავეები და სფაგნუმი. იონების გაცვლა იონების გაცვლა წარმოადგენს ფიზიკური გაწმენდის მეთოდს, რომლის დროსაც ხდება სითხესა თუ აირში არსებული იონებისა და მყარ გამფილტრავ მასალაში არსებული იონების გაცვლა.

სითხესა თუ აირში მოთავსებულ მყარ გამფილტრავ მასალაში არსებული იონები უკავშირდება გამფილტრავ მასალაზე მიმაგრებულ ფუნქციონალურ ჯგუფებს.

ზოგადად, იონების გაცვლის მეთოდი კარგია არაორგანული ნივთიერებების მოსაშორებლად, თუმცა არ გამოდგება ორგანული ნივთიერებებისთვის. ამ შემთხვევაში აქტივირებული ნახშირი გამოიყენება. აქტივირებული ნახშირი კარგად აცილებს ლითონის იონებს ლითონების ხელატირებით ისეთი ორგანული ხელატირებით, როგორცაა **ეთილენდიამინ-ტეტრა-აცეტატი (EDTA)**.

გარკვეული ორგანული ნივთიერებების მოშორება შესაძლებელია სპეციალურად ამ მიზნით დამზადებული იონგამცვლელი ფისების საშუალებით. გამოდევნა გამოდევნა არის ფიზიკური გაწმენდის ტექნოლოგია, როდესაც არ მიმდინარეობს არანაირი ქიმიური რეაქცია. გამოდევნა არის ერთი ან მეტი ქიმიური ნივთიერების ერთი გარემოდან - სითხიდან ან აირიდან - მეორეში გადაადგილება. თუ პირველი გარემო სითხეა, შემდეგი გარემო უნდა იყოს აირი, და ა.შ.

**გამოდევნის ტექნოლოგიის** მაგალითია ჩამდინარე წყლიდან ჰაერის საშუალებით აქროლადი და ნახევრად აქროლადი ნივთიერებების გამოდევნა.

**მოშორება**, ისევე, როგორც გამოდევნა, არის ფიზიკური გაწმენდის ტექნოლოგია, როდესაც არ მიმდინარეობს არანაირი ქიმიური რეაქცია. მოშორების, როგორც გაწმენდის, მაგალითია ჰაერიდან გოგირდწყალბადის მოშორება მაღალი pH-ის მქონე ქლორის წყალხსნარის გამოყენებით.

### **ქიმიური გაწმენდის მეთოდები**

ჩამდინარე წყლების ქიმიური გაწმენდის მეთოდები ემყარება ნივთიერებების შემდეგ ორ თვისებას: (1) დამაბინძურებლების თვისებას, შევიდნენ რეაქციაში ან ურთიერთქმედებაში გაწმენდის პროცესში გამოყენებულ ქიმიურ ნივთიერებებთან, და

(2) დამაბინძურებლებსა და გაწმენდის პროცესში გამოყენებულ ქიმიურ ნივთიერებებს შორის რეაქციის შედეგად მიღებული პროდუქტის თვისებებს, კერძოდ ხსნადობას, აქროლადობასა და სხვა მახასიათებლებს, რომლებიც გამორიცხავენ პროდუქტის ხსნარში ან სუსპენზიაში დარჩენის შესაძლებლობას.

ჩამდინარე წყლებიდან ნივთიერებების მოსაშორებლად გამოიყენება შემდეგი ქიმიური პროცესები: pH-ის კონტროლი წარმოადგენს ქიმიური გაწმენდის ერთ-ერთ ფორმას. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ როგორც ნაკადის გათანაბრება, ეს მეთოდიც გამოიყენება როგორც ბიოლოგიური და ფიზიკური გაწმენდის სისტემებში, ასევე ქიმიური გაწმენდის სისტემებშიც. სამრეწველო ჩამდინარე წყლებში ჟანგბადის იონების კონცენტრაცია მნიშვნელოვნად განაპირობებს ჩამდინარე წყლების თვისებებს. ძალიან მნიშვნელოვანია ის, თუ რა ნივთიერებები შეიძლება გაიხსნას მოცემულ ჩამდინარე წყალში და რა რაოდენობით. ბაქტერიების საარსებოდ და გასამრავლებლად საჭიროა, რომ ჩამდინარე წყალში pH-ის სიდიდე გარკვეულ ფარგლებში იყოს, ხოლო მიკროორგანიზმებისათვის, თევზებისა და მცენარეებისათვის აღნიშნული მაჩვენებელი განსხვავებულია.

მეორე მხრივ, ისეთი მეთოდები, როგორცაა ქიმიური კოაგულაცია, ადსორბცია აქტივირებული ნახშირის საშუალებით, იონების გაცვლა, ქიმიური დაჟანგვა, ასევე ჩამდინარე წყალში ისეთი აირების შეყვანა, როგორცაა გოგირდწყალბადი და ამიაკი, წარმატებით ხორციელდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, როდესაც ჩამდინარე წყალში pH-ის სიდიდე სათანადო ფარგლებშია.

### **რექაცია უხსნადი მყარი ნივთიერების მისაღებად**

სამრეწველო ჩამდინარე წყლებიდან ლითონების მოშორების სტანდარტულ პროცედურას მათი ტუტის სახით გამოყოფა წარმოადგენს. ალტერნატიული მეთოდებია ლითონების ფოსფატებისა და კარბონატების სახით გამოყოფა, ასევე გამოყოფა ლითონების სხვა ჰიდროქსიდებთან, სულფიდებთან, ფოსფატებთან ან კარბონატებთან ერთად.

### **ზედაპირული მუხტის შემცირება კოლოიდური სუსპენზიის კოაგულაციისთვის**

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების უმეტესობა კოლოიდურ ხსნარებს წარმოადგენს. პრაქტიკაში შესაძლებელია სამრეწველო ჩამდინარე წყლების დესტაბილიზაცია ქიმიური კოაგულაციით, წყლიდან დესტაბილიზირებული მასალის სეპარაცია და საჭიროების შემთხვევაში წყლის შემდგომი გაწმენდა სასურველი ხარისხის მისაღებად და სეპარირებული ნარჩენი ნივთიერებებიდან კოაგულანტის აღდგენა. შესაძლებელია კოაგულანტის ხელახლა გამოყენება და საჭიროების შემთხვევაში ნარჩენი ნივთიერებების დამატებით გაწმენდა. ამ მეთოდის უპირატესობა მდგომარეობს იმაში, რომ წყლის საბოლოო გაწმენდის ეტაპი ბევრად უფრო ეკონომიურია, ვიდრე

დაუმუშავებელი ჩამდინარე წყლის შემთხვევაში. ცალკეულ შემთხვევებში შესაძლებელია სეპარირებული კოლოიდური მასალის აღდგენაც.

### **რეაქცია არაბიოდეგრადირებადი ნივთიერებიდან ბიოდეგრადირებადი ნივთიერების მისაღებად**

ქიმიური რეაქციების შედეგად შესაძლებელია ზოგიერთი არაბიოდეგრადირებადი ნივთიერების ბიოდეგრადირებად ნივთიერებად გარდაქმნა. დიდი ორგანული მოლეკულების ისეთ მცირე ნაწილებად დასაშლელად, რომლებიც ბიოლოგიურ დამუშავებას დაექვემდებარება, გამოიყენება ჰიდროლიზი როგორც მჟავა, ასევე ტუტე პირობებში. რეაქციისათვის შეიძლება საჭირო გახდეს სითბო. აუცილებელია რეაქციისათვის საჭირო დროის გათვალისწინება.

### **რეაქცია ხელატების დასაშლელად ან სხვაგვარად გასაუვნებელყოფად**

ხშირ შემთხვევაში, სამრეწველო ჩამდინარე წყლებიდან ლითონების მოშორება მხოლოდ pH-ს კორექტირებით და სულფიდების, კარბონატების, ფოსფატებისა თუ კარბამატების დამატების გარეშე არაეფექტიანია ჩამდინარე წყლებში ხელატების არსებობის გამო.

ხელატები სხვადასხვაგვარია და მოიცავს ისეთ ორგანულ ნივთიერებებს, როგორცაა ეთილენდიამინ-ტეტრა-აცეტატი (EDTA), და ორგანულ ნივთიერებებს, როგორცაა პოლიფოსფატები.

### **ოქსიდაცია ან შემცირება სასურველი ნივთიერებების მისაღებად**

ისეთი სასურველი ნივთიერებების მიღება, როგორცაა ნახშირორჟანგი და წყალი, შესაძლებელია ზოგიერთი არასასურველი ნივთიერების ქიმიური დაჟანგვით ან შემცირებით.

### **ბიოლოგიური გაწმენდის მეთოდები**

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების ბიოლოგიური გაწმენდა წარმოადგენს პროცესს, რომლის დროსაც ჩამდინარე წყლებში არსებული ორგანული ნივთიერებები ბაქტერიებისა და სხვა მიკროორგანიზმების საკვებად გამოიყენება. თითქმის ყველა ორგანული ნივთიერება წარმოადგენს საკვებს ბაქტერიების, სოკოების, ინფუზორიების, ციბრუტელებისა და სხვა მიკროორგანიზმების ერთი და ერთზე მეტი სახეობისათვის. ამ სახით გამოყენების შედეგად, მიმდინარეობს რთული ორგანული მოლეკულების დაშლა და ახალი უჯრედების პროტოპლაზმის ფორმით გაერთიანება.

ჟანგბადი საჭიროა როგორც წყალში გახსნილი მოლეკულური ფორმით, ასევე იონური (სულფატი და ნიტრატი) ფორმითაც. საბოლოო შედეგს ორგანული დამაბინძურებლების შემცირება და მიკროორგანიზმების, ნახშირორჟანგის, წყლისა და მიკრობული მეტაბოლიზმის თანმდევი პროდუქტების მოცულობის ზრდა წარმოადგენს.

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად გამოიყენება შემდეგი ბიოლოგიური მეთოდები: სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ანაერობული მეთოდების გამოყენებით:

- ჰაერით აქტივირებული შლამი წარმოადგენს ანაერობულ პროცესს, რომლის დროსაც ბაქტერიები მოიხმარენ ჩამდინარე წყალში არსებულ ორგანულ მასალას, აზოტსა და ჟანგბადს და წარმოქმნიან ახალ ბაქტერიებს. აერაციის ავზში ჰაერის მუდმივად მიწოდების შედეგად ბაქტერიები შეწონილ მდგომარეობაში იმყოფებიან. არსებობს აქტივირებული შლამის პროცესის მრავალი სახეობა.

- მაღალი სისუფთავის ჟანგბადით აქტივირებული შლამი წარმოადგენს ანაერობულ პროცესს, რომელიც მსგავსია ჰაერით აქტივირებული შლამის პროცესისა, მხოლოდ ამ შემთხვევაში ჩამდინარე წყალში ჰაერის ნაცვლად ხდება მაღალი სისუფთავის ჟანგბადის მიწოდება;

- აერირებული ავზი/გუბურა წარმოადგენს ანაერობულ პროცესს, რომელიც მსგავსია ჰაერით აქტივირებული შლამის პროცესისა. აღნიშნულ პროცესში გამოიყენება მექანიკური აერატორები, რომლებიც ჰაერს აწვდიან ან ამღვრევენ ჩამდინარე წყალს, ჩამდინარე წყლის ჟანგბადით გასამდიდრებლად. როგორც ჰაერით აქტივირებული შლამის პროცესის დროს, ამ შემთხვევაშიც ბაქტერია შეწონილ მდგომარეობაში იმყოფება;

- ბიოფილტრი წარმოადგენს ანაერობულ პროცესს, რომელიც იყენებს ბაქტერიების უძრავი ზრდის გარემოს. ბაქტერიების უძრავი ზრდის გარემოს შემცველ ავზს მოცულობასთან შედარებით დიდი ზედაპირი აქვს. ჩამდინარე წყალი ავზს ზედა ნაწილიდან მიეწოდება და გადის ბაქტერიების ფენაში. ზრდის გარემოზე მყოფი ბაქტერიები ითვისებენ ჩამდინარე წყალში არსებულ ორგანულ მასალასა და აზოტს;

- დისკური ბიოფილტრი წარმოადგენს ანაერობულ პროცესს, რომელიც მსგავსია ბიოფილტრის პროცესისა, მხოლოდ ამ შემთხვევაში ბაქტერიების ზრდის გარემო მოთავსებულია ავზში ჰორიზონტალურ მდგომარეობაში. ბაქტერიების ზრდის გარემო მუდმივად ბრუნავს ისე, რომ ის ხან ჰაერშია და ხან - ჩამდინარე წყალში;

- ოქსიდაციის არხი წარმოადგენს ანაერობულ პროცესს, რომელიც მსგავსია ჰაერით აქტივირებული შლამის პროცესისა. რეალურად, ოქსიდაციის არხს აქვს წრის ფორმა და აღჭურვილია აერაციის მექანიკური მოწყობილობებით.

სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა ანაერობული ტექნოლოგიების გამოყენებით

ჩამდინარე წყლების გაწმენდის იმ ანაერობული მეთოდების როლი, რომლებიც წყალში გახსნილი მოლეკულური ჟანგბადის არარსებობის პირობებში ორგანული ნივთიერებების მიკრობიოლოგიურ დაშლაზეა დამყარებული, მე-20 საუკუნის ოთხმოციანი წლების ბოლოდან სრულიად შეიცვალა. ათწლეულების განმავლობაში აღნიშნული მეთოდი გამოიყენებოდა როგორც გაწმენდის ნელი მეთოდი, რომელიც საჭიროებდა დაყოვნების დიდ პერიოდსა და მაღალ ტემპერატურას და ეკონომიკური თვალსაზრისით მიზანშეწონილად მხოლოდ ორგანული ნივთიერებების მაღალი შემცველობის მქონე ჩამდინარე წყლების შემთხვევაში ითვლებოდა.

ჩამდინარე წყლების გაწმენდაში მისი ძირითადი როლი მდგომარეობდა აერობული გაწმენდის პროცესის შედეგად წარმოქმნილი მყარი ბიოლოგიური ნარჩენების სტაბილიზაციაში, ან წარმოადგენდა აერობული გაწმენდის წინა საფეხურს, რომელზედაც დიდი, რთული მოლეკულები იშლებოდა უფრო ადვილად ბიოდეგრადირებად ნივთიერებად. ამჟამად აღნიშნული მეთოდი გამოიყენება ხშირად, ჩვეულებრივ ტემპერატურებზე და ისეთი ჩამდინარე წყლების გასაწმენდად, რომლებშიც ორგანული ნივთიერებების შემცველობა საკმაოდ დაბალია - 2,000-5,000 მგ/ლ ჟანგბადის ქიმიური მოთხოვნა.

#### **არსებობს ჩამდინარე წყლების ანაერობული გაწმენდის ორი ტიპის სისტემა:**

- **მიკროორგანიზმების შეწონილი სისტემები და მიმაგრებული მიკროორგანიზმების სისტემები**

შეწონილი მიკროორგანიზმების სისტემებში ანაერობული მიკროორგანიზმები იკვებებიან ისეთ ჭურჭელში ან აუზში მოთავსებულ ჩამდინარე წყალში არსებული ორგანული მასალით, რომელშიც არ არის მიკროორგანიზმების მისამაგრებელი სპეციალური გარემო. მიმაგრებული მიკროორგანიზმების სისტემებს, რომლებიც ასევე უძრავი ზრდის გარემოს სისტემების სახელითაა ცნობილი, აქვთ სპეციალური ზრდის გარემო, რომელსაც ემაგრებიან მიკროორგანიზმები. ზრდის გარემო შეიძლება იყოს როგორც სტაციონარული, ასევე არასტაციონარული. სტაციონარულ გარემოს მიეკუთვნება ქვა, ნახშირი, პლასტმასის ან ლითონის დისკები, პლასტმასის შემავსებელი. ქვიშა არასტაციონარული გარემოს მაგალითია.

**სამრეწველო შლამის გაწმენდა** შლამი წარმოიქმნება ჩამდინარე წყლების ადგილზე (მაგ., სეპტიკური ავზები) და სპეციალურ ტერიტორიებზე (მაგ., აქტივირებული შლამი) მოწყობილ სისტემებში. ჩამდინარე წყლების გაწმენდის უპირველეს ამოცანას ჩამდინარე წყლებიდან მყარი მასალის მოშორება წარმოადგენს. ხსნადი ორგანული მასალა გარდაიქმნება ბაქტერიულ უჯრედებად, რომელიც ასევე შორდება ჩამდინარე წყალს. საპირფარეშოებში ფეკალური მასალისგან წარმოქმნილი შლამისა და აქტივირებული შლამის სისტემებში ბაქტერიული დამუშავების შედეგად მიღებული შლამის მახასიათებლები ერთმანეთისგან მკვეთრად განსხვავდება. აღნიშნულიდან

გამომდინარე, გაწმენდის მეთოდი შლამის მახასიათებლებზეა დამოკიდებული. ფეკალური მასალისგან წარმოქმნილი შლამი შეიცავს დიდი რაოდენობით პათოგენებს, ხოლო აქტივირებული შლამის სისტემებში ბაქტერიული დამუშავების შედეგად მიღებულ შლამში მათი შემცველობა ბევრად ნაკლებია.

შლამთან მუშაობის დროს აუცილებელია სიფრთხილე, რათა თავიდან იქნეს აცილებული კონტაქტი პათოგენებთან. შლამი შეიძლება დაბინძურებული იყოს **მძიმე ლითონებითა** და სხვა **დამაბინძურებლებით**, განსაკუთრებით იმ შემთხვევაში, როდესაც საკანალიზაციო სისტემებში ხდება სამრეწველო ჩამდინარე წყლების ჩაშვება. ამიტომ, საკანალიზაციო სისტემებში ჩაშვებამდე ძალიან მნიშვნელოვანია სამრეწველო ჩამდინარე წყლების წინასწარი გაწმენდა.

მძიმე ლითონების ან ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებების მაღალი შემცველობის მქონე შლამის გაწმენდა უფრო ძნელია, ასევე შეზღუდულია ასეთი შლამის ხელახალი გამოყენების შესაძლებლობა. ფეკალური შლამი მნიშვნელოვან ნუტრიენტებს (აზოტი და ფოსფორი) შეიცავს და შესაძლებელია მისი სასუქად გამოყენება.

შლამში არსებული ორგანული ნახშირბადი სტაბილიზაციის შემდეგ შეიძლება შეტანილ იქნეს ნიადაგებში. იგი აუმჯობესებს ნიადაგის სტრუქტურას, რითიც ხელს უწყობს მცენარეების ფესვთა სისტემის განვითარებას.

**შლამის დამუშავების მეთოდებია:** სტაბილიზაცია, შესქელება, გაუწყლოვანება, გაშრობა და ინსინერაცია. ინსინერაცია ყველაზე ძვირადღირებული მეთოდია, რადგან ის მოითხოვს საწვავს, ხოლო გამონაბოლქვი - გაწმენდას. აღნიშნული მეთოდი გამოიყენება იმ შემთხვევაში, როდესაც შლამი შეიცავს მძიმე ლითონების ან სხვა დამაბინძურებლების მაღალ კონცენტრაციას. ამიტომ, ძალიან მნიშვნელოვანია შლამის სამრეწველო ნარჩენებით დაბინძურების თავიდან აცილება. შემუშავებულია **შლამიდან ნავთობის მიღების მეთოდი**, რომელიც განსაკუთრებით სასარგებლოა ძლიერ დაბინძურებული შლამის შემთხვევაში.

შლამის გაწმენდის ხარჯის მოცულობა უტოლდება ჩამდინარე წყლიდან შლამის გამოყოფისათვის საჭირო ხარჯებს.

### **სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდისა და განთავსების სხვა მეთოდები**

არსებობს ჩამდინარე წყლების ნიადაგში ჩაშვების, როგორც ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მეთოდის, რამდენიმე ვარიანტი. **ესენია:** დაწვიმებითი რწყვა, გაწმენდა ჭარბტენიანი ტერიტორიების საშუალებით და მიწის ზედაპირზე დაღვრა.

ნიადაგში ჩაშვების სისტემების შემთხვევაში გაწმენდილი ჩამდინარე წყლების საბოლოო განთავსების ადგილს მიწისქვეშა წყალი წარმოადგენს. აქედან გამომდინარე, ჩამდინარე წყლების ნიადაგში ჩაშვების მეთოდის გამოყენება შესაძლებელია მაშინ, როდესაც ჩამდინარე წყალი მხოლოდ **ბიოდეგრადირებად ორგანულ მასალას შეიცავს**. ნიადაგში არსებული მიკროორგანიზმები ორგანულ ნივთიერებებს საკვებად იყენებენ. უნდა აღვნიშნოთ, რომ დაბინძურებული (მაგ., ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებებით)



წყალშემცველი ჰორიზონტის აღდგენა შეუძლებელია. ამიტომ, მიუხედავად იმისა, რომ ფილტრაციის პროცესში გარკვეულწილად ადგილი აქვს ჩამდინარე წყლების გაწმენდას, ნიადაგში ჩაშვების წინ აუცილებელია ძლიერ დაბინძურებული ჩამდინარე წყლების სათანადოდ გაწმენდა.

ჩამდინარე წყლების ნიადაგში ჩაშვების შემთხვევაში შესწავლილ უნდა იქნეს მიმღები ნიადაგის ასიმილაციის უნარი და ჰიდროგეოლოგიური პირობები. კერძოდ, გათვალისწინებული უნდა იყოს შემდეგი ფაქტორები:

- გეოლოგიური და ჰიდროლოგიური საზღვრების ადგილმდებარეობა;
- წყალშემცველი ჰორიზონტის სიღრმე და მის თავზე არსებული მასალის წყალგამტარობა;
- ლითოლოგია;
- ტევადობა;
- ფოროვნება;
- ჰიდრავლიკური გამტარობა და წყალშემცველ ჰორიზონტში წყლის ბუნებრივი შესვლისა და გამოსვლის რეჟიმი;
- სათანადო ტერიტორიის არსებობა, მიწათსარგებლობის სახეები მიმდინარე ტერიტორიებზე და ტოპოგრაფია;
- ჩაშვებასთან დაკავშირებული ეკონომიკური და სამართლებრივი ასპექტები;
- საზოგადოების მიერ მეთოდის აღიარება.

ისეთი ქიმიური რეაქციების თავიდან ასაცილებლად, რომლებმაც შეიძლება შეამცირონ წყალშემცველი ჰორიზონტის ფოროვნება და შევსების უნარი, ჩასაშვები წყალი ქიმიური თვალსაზრისით თავსებადი უნდა იყოს ბუნებრივ მიწისქვეშა წყალსა და იმ მასალასთან, რომელშიც ის გაივლის. ჩაშვების პროცესში მკაცრად უნდა გაკონტროლდეს ჩაშვებული წყლის ხარისხი (სიმღვრივე, წყალმცენარეები და ბაქტერიები, ტემპერატურა, მყარი შეწონილი ნაწილაკები, ჟანგბადის ბიოლოგიური მოთხოვნა, აზოტი, ფოსფორი და სხვა ქიმიური ნივთიერებები და სხვ.) და რაოდენობა.

**შენიშვნა:** ჩამდინარე წყლების ნიადაგში ჩაშვების დაპროექტების, მშენებლობისა და ადგილის შერჩევის დროს აუცილებელია კლიმატური პირობების: ექსტრემალური ტემპერატურის, წვიმისა და თოვლის მოცულობის გათვალისწინება. ევროკავშირში ასეთი სისტემები ნებადართულია მხოლოდ ჩამდინარე წყლების გაწმენდის მცირე - 50 მოსახლის ეკვივალენტზე ნაკლები სისტემებისთვის. ჩამდინარე წყლების გაწმენდის სისტემების მშენებლობის დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს CEN/TR 12566-2 დოკუმენტში განსაზღვრული ტექნიკური პირობები<sup>256</sup>.

---

<sup>256</sup> ჩამდინარე წყლების გაწმენდის/რეციკლირების საუკეთესო პრაქტიკისა და ინოვაციური ტექნოლოგიების შესახებ. აშშ-ს საერთაშორისო განვითარების სააგენტოს პროექტი „მმართველობა განვითარებისათვის“ კონტრაქტის ნომერი: AID-114-C-14-00007 „დელოიტ ქონსალთინგი“. 2017; 78 გვ.

## ჩამდინარე წყლების ხელახალი გამოყენება

გაწმენდის შემდეგ, ჩამდინარე წყალი ან ხელახლა გამოიყენება, ან ხდება მისი გარემოში ჩაშვება. მუნიციპალურ გამწმენდ ნაგებობებში ჩამდინარე წყლების კარგად გაწმენდის შედეგად წარმოქმნილი ჩამდინარე წყალი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების და ლანდშაფტების მოსარწყავად, მრეწველობაში, მიწისქვეშა წყლების მარაგის შესავსებად, რეკრეაციული მიზნებისათვის, ქალაქებში არასასმელი დანიშნულებით, და სასმელადაც კი.

ჩამდინარე წყლის აღდგენასა და ხელახალ გამოყენებას განსაკუთრებული ყურადღება უკანასკნელ წლებში მიექცა წყალზე გაზრდილი მოთხოვნისა და წყლის ბუნებრივი წყაროების არამდგრადი მეთოდებით მოხმარების გამო. ჩამდინარე წყლის ხელახალი გამოყენების მთავარი პრობლემა აღდგენილი წყლის ხარისხში მდგომარეობს. სწორედ ეს ფაქტორი განსაზღვრავს ჩამდინარე წყლების გაწმენდის პროცესის შერჩევას.

**გამოყენება სოფლის მეურნეობაში.** ჩამდინარე წყლების გაწმენდის შედეგად წარმოქმნილი ჩამდინარე წყალი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების და ლანდშაფტების მოსარწყავად. ჩამდინარე წყლის ამ მიზნით გამოსაყენებლად გასათვალისწინებელია გაწმენდილი წყლის ხარისხი და მისი ვარგისიანობა მცენარეთა ზრდისთვის. განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს წყალში გახსნილი მყარი მასალის, ტოქსიკური ქიმიური ნივთიერებების, ქლორისა და ნუტრიენტების მაღალ კონცენტრაციებს.

ასევე გასათვალისწინებელია ის საფრთხეები, რომელიც შეიძლება შეექმნას ადამიანის ჯანმრთელობასა და უსაფრთხოებას წყალში ბაქტერიული პათოგენების, ნაწლავის პარაზიტების, უმატივესებისა და ვირუსების არსებობის შედეგად. საფრთხეები განსხვავდება იმის მიხედვით, თუ რა დანიშნულებით ხდება ჩამდინარე წყლის გამოყენება და როგორი შეხება აქვთ ადამიანებს მასთან.

ჩამდინარე წყლების სარწყავად გამოყენებას შეიძლება ხელი შეუშალოს ისეთმა ფაქტორებმა, როგორცაა ნაკლები მოთხოვნა ასეთი წყლებით მოყვანილ სასოფლო სამეურნეო პროდუქციაზე, აღნიშნული პრაქტიკის ადამიანების მიერ არადიარება, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების დაბინძურება სათანადო მართვის არარსებობის პირობებში, და მაღალი ხარჯი, განსაკუთრებით, სარწყავ მიწებზე ჩამდინარე წყლების მიყვანის ხარჯი.

**გამოყენება მრეწველობაში.** აღდგენილი წყალი იდეალურია იმ საწარმოო პროცესებისთვის, რომლებსაც არ ესაჭიროებათ წყლის ისეთი ხარისხი, რომელიც სასმელად ვარგისია. აღდგენილი წყალი მრეწველობაში გამოიყენება გასაგრილებლად, საქვაბებში, სხვადასხვა ტექნოლოგიურ პროცესებში და ობიექტის გარშემო არსებული ტერიტორიისა და ლანდშაფტის მოსარწყავად და კეთილმოსაწყობად. ამა თუ იმ მიზნით ჩამდინარე წყლის გამოყენებას გარკვეული პრობლემებიც ახლავს თან; მაგალითად გამაგრილებელ კომპლექსებში აღდგენილი წყლის გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს ნალექის, კოროზიის, ბიოლოგიური პროცესების განვითარების, გაჭედვისა და ქაფის

პრობლემები. ასეთი პრობლემები მტკნარი წყლის გამოყენების შემთხვევაშიც იქმნება, თუმცა ბევრად უფრო იშვიათად. აღდგენილი წყლის საქვაბეებში გამოსაყენებლად აუცილებელია მისი დარბილება და დემინერალიზაცია.

**ტექნოლოგიურ პროცესებში** გამოსაყენებელი აღდგენილი წყლის ხარისხი დამოკიდებულია საწარმოო პროცესის მოთხოვნებზე. გამოყენება რეკრეაციული მიზნებისთვის. აღდგენილი წყალი ფართოდ გამოიყენება რეკრეაციული მიზნებისათვის, კერძოდ, ლანდშაფტების კეთილმოწყობისათვის, ესთეტიკური დანიშნულების ხელოვნური ტბების შესაქმნელად, საცურაო, სათევზაო და სანაოსნო დანიშნულების რეკრეაციული ხელოვნური ტბების შესაქმნელად, თოვლის გასაკეთებლად, შადრევნებში და თევზის მეურნეობებში.

**აღდგენილი წყლის გაწმენდის დონეს განსაზღვრავს მისი შემდგომი გამოყენების ხასიათი:**

რაც უფრო დიდია ადამიანებთან მისი კონტაქტის შესაძლებლობა, გაწმენდის მით უფრო მაღალი დონეა საჭირო. მაგალითად, რეკრეაციული მიზნებისთვის ჩამდინარე წყლების შეუზღუდავად გამოსაყენებლად საჭიროა ჩამდინარე წყლის მეორადი გაწმენდა კოაგულაციით, გაფილტვრით და დეზინფექციით, რომელიც ნაწლავის ჩხირის რაოდენობას 100 მილილიტრში 3-მდე და უფრო მეტად შეამცირებს.

### **ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების (ზდჩ) ნორმატივების გაანგარიშება**

წყლის ობიექტში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ჩაშვება (**ზდჩ**) განისაზღვრება, როგორც ჩამდინარე წყლებში არსებულ ნივთიერებათა ის მაქსიმალური მასა, რომლის ჩაშვება დროის ერთეულში წყლის ობიექტის მოცემულ კვეთში დასაშვებია ნორმატიული ხარისხის უზრუნველყოფის გათვალისწინებით.

ცალკეული დამაბინძურებელი ნივთიერებისათვის **ზ.დ.ჩ.**-ის ნორმატივი წყალსარგებლობის ყველა კატეგორიისთვის განისაზღვრება ფორმულით:

$$\text{ზ.დ.ჩ.} = q \cdot \text{Cზ.დ.ჩ.}$$

სადაც: **Q** – ჩამდინარე წყლის დამტკიცებული ხარჯია, მ<sup>3</sup>/სთ-ში.

**Cზ.დ.ჩ.** – ჩამდინარე წყალში დამაბინძურებელ ნივთიერებების კონცენტრაციაა, მგ/ლ-ში (გ/მ<sup>3</sup>-ში).

ჩამდინარე წყლის ხარჯის (q) გაანგარიშება ხდება მრეწველობისა და სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგებისათვის პროდუქციის ერთეულზე დადგენილი წყლის გამოყენებისა და ჩაშვების დარგობრივი ნორმების მიხედვით.

ჩამდინარე წყალთან ერთად ჩაშვებულ დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების (**ზდჩ**) ნორმატივები იანგარიშება შეწონილ ნაწილაკებზე, ნავთობის ნახშირწყალბადებზე, ჟბმ-ზე, ამონიუმის აზოტზე და ფოსფატებზე. „წყალსატევში ჩამდინარე წყლებთან ერთად ჩაშვებულ დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ჩაშვების (**ზდჩ**) ნორმატივების გაანგარიშების მეთოდის“ (დამტკიცებულია საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი

რესურსების მინისტრის 1996 წლის 12 აგვისტოს, №105 ბრძანებით), მე-2 მუხლის 2.5. პუნქტის მიხედვით, იმ შემთხვევაში, როდესაც წყალსატევში დამაბინძურებელ ნივთიერებათა ფონური კონცენტრაციები აღემატება ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციებს, **ზღვრ**-ს ნორმატივები დგინდება აღნიშნულ ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციების დონეზე.

**ზღვრ**-ის ნორმატივები გაანგარიშებული უნდა იქნას ზღვრის დონეზე, კერძოდ:

- ნავთობის ჯამური ნახშირწყალბადები - 0,3 მგ/ლ;
- ამონიუმის აზოტი 0,39 მგ/ლ;
- ფოსფატები - 3,5 მგ/ლ;
- **ჟმ** (ქანგბადისბიოქიმიურიმოთხოვნილება)- 6,0 მგ/ლ.

შეწონილი ნაწილაკების **ზღვრ**-ის ნორმატივების გაანგარიშებისათვის კი, გამოყენებული იქნება გამწმენდი ნაგებობების ტექნიკური დოკუმენტაციით განსაზღვრული გაწმენდის ეფექტურობის მაჩვენებლები, კერძოდ: ბიოლოგიური გამწმენდი ნაგებობისათვის 35 მგ/ლ და საწარმოო-სანიაღვრე ჩამდინარე წყლებისათვის 40 მგ/ლ.

### ყურძნის გადამუშავების პროდუქტების მეორადი მატერიალური რესურსების გამოყენებისათვის

ყურძენი და მისი გადამუშავების შედეგად მიღებული სხვადასხვა სახის პროდუქტი გამოიყენება როგორც ხილი (სუფრის ყურძენი), მისგან მზადდება ქიშმიში, ჩამიჩი, ყურძნის წვენი, ბადაგი, ჩურჩხელა, ტკბილიკვერი, ფელამუში, კომპოტი, მურაბა, ხილფაფა, ჯემი, ცუკატი, მარინადი, ღვინო (სუფრის, შემაგრებული, ცქრიალა, შუშხუნა), საკონიაკესპირტი, ეთილისსპირტი, ღვინისძმარი, წიპწისზეთი, ღვინომჟავა, საკვები საღებავები (ენოსაღებავები), ენოტანინი, ენანტისეთერი, მედიკამენტები, საკვები საფუარები, საკვები ფქვილი, სასუქი, ხოლო ანასხლავებიდან ქაღალდის ნედლეული, მეცხოველეობის საკვები ფქვილი, სამშენებლო თუ პლასტმასის ნაკეთობანი და ბოლოს, სათბობი. **ყურძნის** გადამუშავების პროდუქტების მიღება ყურძნის მტვენიდან იწყება. ყურძნის მტვენის შემადგენელი ნაწილებია: ყუნწი, კლერტი, მარცვლის ღერუკა და მარცვლები. მარცვალი, თავის მხრივ, შეიცავს კანს, წიპწას და რბილობს, წვენთან ერთად. ყურძნის გადამუშავების პროდუქტების მეორადი რესურსების ძირითადი სახეობებია: კლერტი, ჭაჭა (კანი, წიპწა და რბილობის ნაშთი), ლექი, ღვინის ქვა და ბუყი.

ერთმანეთისაგან განასხვავებენ აგრეთვე სხვადასხვა ტექნოლოგიური ციკლის დროს წარმოქმნილ მეორად მატერიალურ რესურსებს, ასეთებია:

- მეღვინეობის სეზონზე უშუალოდ ყურძნის გადამუშავების და ტკბილის მიღების პროცესში მიიღება ისეთი ნარჩენები: როგორცაა კლერტი, დურდოს გამოწნევის შედეგად დარჩენილი ჭაჭა - დაწვდომის დროს გამოყოფილი სულფიტირებული ლექი;

- ღვინის დაყენების დროს გამოყოფილი ნარჩენები: ტკბილი, სპირტული დუდილის პროცესში წარმოქმნილი საფუარის ლექი, კახური ტიპის სუფრის თეთრი და ევროპული ტიპის სუფრის წითელი ღვინოების დაყენების დროს მიღებული ჭაჭა, მოდულარი ტკბილის და სპირტვის დროს გამოყოფილი ლექი, სადუღარი ჭურჭლის შიგა ზედაპირზე გამოკრისტალებული ღვინის ქვა;
- ღვინის დამუშავებისა და დავარგება-დამველების პროცესების დროს გამოყოფილი ნარჩენები, ღვინის გაწებვის დროს გამოყოფილი ლექი, ღვინის კალიუფერი ციანიდით (სისხლის ყვითელი მარილი) დამუშავების დროს გამოყოფილი ლექი ე. წ. „ბერლინის ლაჟვარდი“, ღვინის სიცივით დამუშავების დროს გამოყოფილი ღვინომჟავა მარილები;
- ღვინის გამოხდის პროცესში გამოყოფილი ნარჩენები: საკონიაკე ღვინო მასალებისა და ასევე დეფექტური ღვინოების გამოხდის დროს დარჩენილი ბუცი;
- ყურძნის უალკოჰოლო პროდუქტების წარმოების დროს გამოყოფილი ნარჩენები: ყურძნის წვეწვების შენახვისა და სიცივით დამუშავების დროს წარმოქმნილი ლექი და გამოკრისტალებული ღვინომჟავა მარილები, ტკბილის განეიტრალების შედეგად გამოყოფილი კალციუმტარტრატი (ღვინომჟავა კალციუმის საშუალო მარილი), ტკბილის მოხარშვის შედეგად დარჩენილი ნალექი.

ყურძნის გადამუშავების მეორადი მატერიალური რესურსების ნუსხა საკმაოდ დიდია, ზოგი მათგანი დიდი რაოდენობით წარმოიქმნება, მათი გადამუშავებით კი სახალხო მეურნეობისათვის მთელი რიგი ძვირფასი პროდუქტები მიიღება.

### მეღვინეობის ნარჩენების გადამუშავებით მიღებული პროდუქტები

მეღვინეობის ნარჩენები	მეღვინეობის ნარჩენების გადამუშავებით მიღებული პროდუქტები
კლერტი	ტანინი, სასუქები
ჭაჭა	ეთილის სპირტი, ღვინომჟავა მარილები, პოლიფენოლური კონცენტრატები, სახმელები
წიპწა	ზეთი, საფურაჟე, საკვები ფქვილი, ტანინი
კანი	სასუქები, ხაღუბავი ნივთიერებები
ლექი	სპირტი, B-ჯგუფის ვიტამინების ბიოკონცენტრატები, ცილები, უნაჩის ეთერი
ღვინის ქვა	ღვინომჟავა მარილები

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ყურძნის ღვინოდ გადამუშავებისას წარმოიქმნება ე. წ. მეორადი პროდუქტები (ნარჩენები): კლერტი და ყურძნის ჭაჭა, რომელთა წილი 10-20 %-ს შეადგენს, ასევე საფუარის ლექი, ღვინის ქვა, საკონიაკე ბუცი და სხვ. რაციონალური გადამუშავებით შესაძლებელია ეთილის სპირტის, ღვინომჟავას, წიპწის ზეთის,

უალკოჰოლო და მცირე ალკოჰოლიანი სასმელების, პოლიფენოლური და პოლივიტამინური კონცენტრატების, საკვები, კოსმეტიკური და ფარმაცევტული დანიშნულების სხვადასხვა პროდუქტების მიღება.

**დღევანდელ მსოფლიოში ყურძნის გადამუშავების მეორადი პროდუქტების საწარმოო პრობლემა გადაჭრილია.**

მწარმოებლები საფრანგეთში, იტალიაში, შვეიცარიაში და სხვა ქვეყნებში ყურძნის წიპწიდან იღებენ **საფურაჟე საკვებს**, საკვებ ფხვნილს, ენოტანინს და წიპწის ზეთს. წიპწის ზეთის ულტრაიისფერი დასხივებით იღებენ **ვიტამინ D-ს**, ენოტანინის საფუძველზე ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს, მედიკამენტოზურ პრეპარატებს, კოსმეტიკურ საშუალებებს, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდის მასტიმულირებელ პროდუქტებს ამზადებენ.

უკანასკნელ წლებში, მეღვინეობის მეორადი პროდუქტებისადმი ინტერესი გაიზარდა პოსტსაბჭოთა სივრცის სახელმწიფოებში. მაგალითად, მოლდოვაში ფუნქციონირებს სახელმწიფო პროგრამა - მეღვინეობის მრეწველობის მეორადი პროდუქტების გამოყენებასა და გადამუშავებაზე. მოლდოვის მეცნიერებათა აკადემიის ქიმიის ინსტიტუტში ყურძნის ჭაჭიდან მიღებულია **ენოქსილი**. მის საფუძველზე დამზადებული პრეპარატები საინტერესოა მედიცინისათვის, ვეტერინარიისათვის და სოფლის მეურნეობისათვის. ენოქსილის ანტიმიკრობული თვისებების გამოკვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ მისი **აქტივობა ბაქტერიების** მიმართ უფრო მაღალია, ვიდრე ისეთი ანტიბიოტიკის, როგორცაა **ლევომიციტინი**. მეღვინეობის ნარჩენების გადამუშავების საკითხს დიდ ყურადღებას აქცევენ რუსეთშიც. სახელმწიფოში მოქმედებს დარგობრივი მიზნობრივი პროგრამა, რომლის მნიშვნელოვან პუნქტს მეღვინეობის მეორადი რესურსების მაღალეფექტური კომპლექსური გადამუშავების უზრუნველყოფა წარმოადგენს. კვების პროდუქტების უმრავლესობა არ შეიცავს კომპონენტების სრულ ნაკრებს, კერძოდ, ორგანული მჟავების, რომელიც აუცილებელია სრულფასოვანი კვებისათვის. საკონდიტრო წარმოებაში, ასევე წვენების და სასმელების წარმოებისას ძირითადად მხოლოდ ლიმონისმჟავას იყენებენ, მაშინ როდესაც, დაბალანსებული კვებისათვის აუცილებელია სხვადასხვა მჟავების შეთანადება. მაგალითად, ლიმონის, ღვინის, ასკორბინისმჟავების ოპტიმალური ნაკრები საბოლოო პროდუქტს უფრო სრულფასოვანს ხდის როგორც გემოვნებითი თვისებებით, ისე მისი ფუნქციონალური სარგებლიანობით. ლიმონმჟავას წარმოება ფაქტობრივად აკმაყოფილებს მოთხოვნილებას, მაშინ, როდესაც **ღვინომჟავას** წარმოება არ არსებობს. ცნობილია მეღვინეობის ნარჩენებიდან **ნატურალური ღვინომჟავას** მიღების რამდენიმე მეთოდი. ყველა ეს მეთოდი ითვალისწინებს პირველ სტადიაზე ღვინომჟავა კალციუმის მარილის მიღებას, შემდეგ მის გადამუშავებას სპეციალიზებულ ქარხნებში. მიზანშეწონილია მცირე და საშუალო სიმძლავრის ქარხნების მშენებლობა ღვინომჟავას მიღების შესაძლებლობით უშუალოდ მეღვინეობის საწარმოებში. ამ შემთხვევაში

ღვინომჟავას ადრინდელი ტექნოლოგიის გამოყენება პრაქტიკულად შეუძლებელია. პერსპექტიულ მიმართულებას წარმოადგენს იონცვლადი ტექნოლოგიის გამოყენება ღვინომჟავას მიღებით უშუალოდ მეღვინეობის ნარჩენებიდან. როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, მეღვინეობას საქართველოს ეკონომიკაში ერთ-ერთი წამყვანი ადგილი უკავია. მას ნედლეულის დიდი პოტენციალი აქვს. აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნათელია, თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს ყურძნის გადამამუშავების პროდუქტების ნარჩენებსა და მისი გადამამუშავების ორგანიზაციას.

სადღეისოდ არ არის შექმნილი მეღვინეობის ნარჩენების გადამამუშავების საწარმოები, რაც მიუთითებს როგორც რესურსების გამოყენების არაეკონომიურობაზე, ასევე მატერიალური სახსრების დიდ დანაკარგზე. მაგალითად, ყურძნის ჭაჭა საშუალოდ ყურძნის პოლიფენოლების 2,4 %-ს შეიცავს, რომლებიც მცენარეული წარმოშობის მძლავრი ანტიოქსიდანტებია. მსოფლიო ბაზარზე 1 გ პოლიფენოლების ფასი 2 აშშ დოლარია. ადვილია ვიანგარიშოთ, თუ რა სახსრები იკარგება, თუ გავითვალისწინებთ ყურძნის გადამამუშავების წლიურ მოცულობას, რომელიც 100 ათას ტონას აღემატება.

დიდი რეზერვებია ჩადებული მეღვინეობის მეორადი პროდუქტების უტილიზაციის ინოვაციური ტექნოლოგიების შემუშავებასა და დანერგვაში. ასე მაგალითად, ყურძნის წიპწიდან საზღვარგარეთის ქვეყნებში ზეთის გამოწვლილვისათვის დაწნეხვის და ექსტრაქციის მეთოდებს იყენებენ. ექსტრაგენტის სახით გამოიყენებენ პეტროლეინის ეთერს, ბენზინს და ტრიქლორეთილენს. ამჟამად შემუშავებულია წიპწის ზეთის ექსტრაგირების მეთოდი თხევადი ქლადონით.

დამზოგველი ტემპერატურული რეჟიმების გამოყენება ტექნოლოგიური პროცესების რეალიზაციისას საშუალებას იძლევა მივიღოთ ზეთი მისი ბიოლოგიურად აქტიური თვისებების მაქსიმალური შენარჩუნებით. ასეთი ზეთის გამოყენება პერსპექტიულია კოსმეტიკაში და ფუნქციონალურ კვებაში. გარდა ამისა, მიღებულია და რეალიზდება მეღვინეობის ნარჩენების გადამამუშავების ტექნოლოგიის განვითარების ახალი მიმართულება დაკავშირებული ბიოლოგიურად აქტიური პროდუქტების მიღებით, რომელთა წარმოების რენტაბელობა 100 %-ზე მეტია. ასეთებია: პოლიფენოლური კონცენტრატები, მცირე ალკოჰოლიანი და უალკოჰოლო სასმელები, საკვები, კოსმეტიკური, ფარმაცევტული დანიშნულების პროდუქტები, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები საფუარის ლექის საფუძველზე და სხვ.

როგორც თანამედროვე გამოკვლევების შედეგები აჩვენებს, საფუარები შეიძლება გამოყენებული იქნას ვიტამინების ბიოკონცენტრატების წარმოებისათვის, რომლებიც სხვადასხვა ფერმენტულ სისტემებში კოფერმენტების სახით უშუალო მონაწილეობას იღებენ საკვების დაშლაში და ორგანიზმისათვის აუცილებელი ადვილად შესათვისებელი საკვები ნივთიერებების სინთეზში, რაც უზრუნველყოფს ენერგიით

საკმარისად მომარაგებას და განაპირობებს ორგანიზმის გაზრდილ მდგრადობას გარემო არეს არასასურველი ფაქტორების ზემოქმედებისაგან.

მოსახლეობის მაღალი ხარისხით სიცოცხლის და შრომისუნარიანობის შენარჩუნების მიზნით განსაკუთრებით აქტუალობას იძენს ნატურალური საკვები ვიტამინების კომპლექსით გამდიდრებული მცენარეული კონცენტრატების გამოყენება. წინასწარი გამოთვლებით ვიტამინური კონცენტრატის წარმოების რენტაბელობა 70 %-ს შეადგენს<sup>257</sup>.

#### **ჩამოყალიბებულ რეალობაში გადაუდებლად აუცილებელია:**

- გადაუდებლად აუცილებელია მევენახეობა-მელვინეობის სექტორის სამეცნიერო-ტექნიკურ სფეროში დაფინანსების ახალი ხერხების დანერგვისთვის ხელშეწყობა;
- უნდა შეიქმნას მელვინეობის ნარჩენების გადამუშავების და უტილიზაციის საწარმოები;
- უნდა განხორციელდეს მელვინეობის საწარმოების თანამშრომლობა სამეცნიერო-კვლევით ცენტრებთან, შემუშავებული ტექნოლოგიების შემდგომი დანერგვით.

ამ ღონისძიებების რეალიზაციით მელვინეობის დარგი გადავა ხარისხობრივად უფრო მაღალ დონეზე. ყურძნის გადამუშავების უნარჩენო ტექნოლოგიების დანერგვა საშუალებას მოგვცემს მივიღოთ სახალხო მეურნეობის სხვა დარგებისათვის საჭირო რიგი პროდუქტები, გავზარდოთ მელვინეობის საწარმოების ეფექტურობა, სტიმული მივცეთ მათ საექსპორტო ორიენტაციას. მნიშვნელოვანია ასევე საზღვარგარეთის ქვეყნების გამოცდილებაც. მათი გამოყენება ეროვნული თავისებურებების გათვალისწინებით საშუალებას მოგვცემს მელვინეობის საწარმოები გახდეს უფრო კონკურენტუნარიანი და გააუმჯობესონ მოღვაწეობის მაჩვენებლები, მიუახლოვონ ისინი მსოფლიო დონეს.

---

<sup>257</sup> გიორგი გრიგორაშვილი, აელიტა ხოტივარი, ელენე კალატოზიშვილი. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია „მევენახეობა და მელვინეობა ევროპის ქვეყნებში - ისტორიული ასპექტები და პერსპექტივები“. <https://agrokavkaz.ge/dargebi/mevenakheoba/meghvineobis-narchenebis-ratsionaluri-gamoqhenebis-perspeqtiviuli-mimarthulebebi.html>



ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით; ბუნებრივი ნივთიერებები; ვიტამინები; ქოლესტერინის ბიოსინთეზი; ადამანტანის სინთეზი; ფერმენტები; ცოცხალი უჯრედი და ბუნებრივი ნივთიერებები; უჯრედის ციკლი; სიმსივნური უჯრედების ინვაზია და მეტასტაზირება; სიმსივნური წარმონაქმნების ფოტოქიმიო- და ფოტოთერმოთერაპიის თანამედროვე პრობლემები; მცენარეთა მინერალური კვების ელემენტები - ნორმალური კვება ყველა ცოცხალი ორგანიზმის ზრდისა და განვითარების საფუძველი.

---

**ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით**

**ბუნებრივი ნივთიერებები**

XIX საუკუნის დასაწყისში, ცოცხალი ორგანიზმების შემცველი ნივთიერებების შესწავლამ განაპირობა ორგანული ქიმიის წარმოშობა, მაგრამ შემდგომ ეს მეცნიერება ორიენტირდა, ძირითადად, ნახშირბადის მრავალრიცხოვანი ნაერთების კვლევებისაკენ.

დაახლოებით ამავე პერიოდში აღმოცენდა ბიოქიმია, რომელმაც ძირითადად ყურადღება დაუთმო, რთულ მაკრომოლეკულებს, რომლებიც თავიანთი შემადგენლობითა და თვისებებით მკვეთრად განსხვავდებოდა მარტივი ნივთიერებებისაგან, რომლებიც, როგორც წესი იყო ქიმიის შესწავლის ობიექტები. ამავე დროს არსებობს ცოცხალ ორგანიზმებში სინთეზირებადი, ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები, რომელთაც მოგვიანებით ბუნებრივი ნივთიერებები<sup>258</sup> ეწოდათ.

დღეისათვის მრავალმა ცნობილმა მკვლევარმა თვალნათლივ დაადასტურა ბუნებრივი ნივთიერებების განსაკუთრებული დანიშნულება ადამიანისათვის. გასული საუკუნის ბოლოსათვის დაიწყო შესწავლა ალიციკლური ნაერთების (ციკლური აგებულების ორგანული მოლეკულები) დიდი ჯგუფისა. ერთ-ერთი პიონერი ასეთი კვლევებისა იყო გერმანელი ქიმიკოსი ოტო ვალაჰი, რომელმაც დიდ წარმატებას მიაღწია ტერპენების შესწავლაში. ამ ნივთიერებებს (ტერპენებს) შეიცავს მრავალი მცენარე და ისინი შედიან ეთერზეთების შედგენლობაში.

ქიმიური ტექნოლოგიის განვითარების შედეგად შესაძლებელი გახდა ასეთი ნაერთების, მნიშვნელოვანი რიცხვის, გამოყოფა თავისუფალი სახით.

---

<sup>258</sup>მ. მაცაბერიძე. ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით. სტუ, 2009; 128 გვ.

**ო. ვალაჰამდე**, რომელმაც დაიწყო ამ საკითხებზე მუშაობა 1884 წელს, აღწერილი იყო ასზე მეტი სხვადასხვა **ტერპენი**, ხოლო ექვსი წლის შემდეგ გამოუკვლეველი დარჩა მხოლოდ 8 **ტერპენი**; შემდგომ მათ დაემატა რამდენიმე ახლად აღმოჩენილი **ტერპენი**.

**ო. ვალაჰმა** დაადგინა, რომ აღწერილ ტერპენტთა უმრავლესობა ქიმიურად იდენტურია. მუშაობდა რა მათ გამოყოფაზე, **ო. ვალაჰმა** გამოიკვლია ტერპენტთა როგორც ქიმიური თვისებები, ასევე მათი გარდაქმნის პირობები ერთი სახიდან მეორეში. აღმოჩნდა, რომ თითოეული სახის ტერპენებს გააჩნიათ განსაკუთრებული არომატი, რაც მათ აქცევს ძალზე მნიშვნელოვან კომპონენტად პარფიუმერულ წარმოებაში. **ოტო ვალაჰის** ნაყოფიერი მცდელობით ჩამოყალიბდა ახალი მიმართულება ქიმიაში. ტერპენების დარგში კვლევებისათვის მას 1910 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია ქიმიაში.

**უმაღლესი ტერპენების** კვლევისა და კლასიფიკაციის საქმეში დიდია დამსახურება ციურიჰის ფედერალური ტექნიკური ინსტიტუტის პროფესორ **ლეოპოლდ რუჟიჩკისა**. მისმა სამუშაოებმა მიიპყრეს სუნამოთა მწარმოებელთა ყურადღება. **რუჟიჩკას** ძირითადი აღმოჩენები დაკავშირებული იყო **მუსკუსისა** და **ციბეტინის** კვლევებთან, ეს ნივთიერებები მძაფრი სუნისაა და მას გამოყოფენ ზოგიერთი ცხოველები, განსაკუთრებით მამრები. 1926 წელს რუჟიჩკამ დაადგინა **მუსკონის** აგებულება და დაასინთეზა **ციბეტინი**, პირველი წარმოადგენს ბირთვის 15, ხოლო მეორე - 17 ნახშირბადის ატომისაგან, იმ დრომდე, არსებობა მდგრადი ნაერთებისა ასეთი დიდი ბირთვებით შეუძლებლად ითვლებოდა. **რუჟიჩკა** გაცილებით შორს წავიდა და უფრო დიდი ბირთვები დაასინთეზა, რომლებიც ნახშირბადის 34 ატომისაგან შედგებოდნენ. ამასთან მან დაადგინა ძალზე საინტერესო ფაქტი: ბირთვის გადიდებისას იცვლებოდა არომატი. 5-8 ნახშირბადის ატომებიანი ბირთვებისათვის შეიგრძნობოდა შესაბამისად, ნუშის, ძირასა და პიტნის არომატი. 10-12 - ქაფურის, ხოლო 14-18-ისათვის მუსკუსის.

უმაღლესი ტერპენებისა და პოლიმეთილენების დარგში ნაშრომებისათვის **ლ. რუჟიჩკა** 1939 წელს დაჯილდოვდა ნობელის პრემიით ქიმიაში, მასთან ერთად პრემია მიიღო გერმანელმა ბიოქიმიკოსმა **ადოლფ ბუტენანდტმა** - სასქესო ჰორმონების კვლევისათვის, რაც დაკავშირებული იყო რუჟიჩკას შრომებთან.

არსებობს მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნივთიერებების დიდი ჯგუფი, რომელთა სტრუქტურა შეიცავს ცნობილ **ციკლოპენტანპერჰიდროფენანტრენულ ბირთვს**, ესენია სტეროიდები. აღნიშნული სტრუქტურა გვხვდება სხვადასხვა **ბიოლოგიურად აქტიურ** ნივთიერებებში: **ვიტამინებში**, **ნაღვლის მჟავებში**, **სასქესო ჰორმონებში**, **მცენარეულ შხამებში**, **ალკალოიდებში** და სხვა მრავალში. ამ დიდ სფეროში **ბიოორგანული ქიმიისა** მოღვაწეობს მრავალი ცნობილი მეცნიერი, რომელთა შორის ბევრია ნობელის პრემიის ლაურეატი.

1928 წელს, ორ მეცნიერს, სტეროიდთა კვლევების პიონერებს, მიენიჭათ ნობელის პრემია ქიმიაში: **ჰენრიხ ვილანდს** - **ნაღვლის მჟავების** და მათთან დაკავშირებული ნივთიერებების აგებულების კვლევებისათვის და **ადოლფ ვინდაუსს** - **სტერინებისა** დამათთან დაკავშირებული **D ჯგუფის ვიტამინების** კვლევებისათვის.

**ნაღვლის მჟავებს** იკვლევდნენ XIX საუკუნის დასაწყისიდან, ისინი (ნაღვლის მჟავები) არიან ღვიძლის გამონაჟონის/“სეკრეტის“ ნაწილი, რომელიც ჩაედინება საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში. **ვილანდის** კვლევებამდე არაფერი არ იყო ცნობილი მათ სტრუქტურაზე და სხვადასხვა მჟავებს შორის კავშირზე. **ვილანდმა** ამ პრობლემების კვლევა დაიწყო 1912 წელს, ხოლო დაამთავრა 1932 წელს; მთლიანად გამოიკვლია რა მათი სტრუქტურა დაადგინა, რომ ნაღვლის მჟავებს აქვთ სტეროიდული ხასიათის ნახშირბადოვანი ჩონჩხი.

**ვილანდი** პოულობდა ძალზე მოულოდნელ ობიექტებს კვლევებისათვის, მაგალითად მან შეისწავლა **პიგმენტი**, რომელიც განაპირობებს პეპელას ფრთის შეფერილობას და ამით აღმოაჩინა საინტერესო ჯგუფი **პტერინული ნაერთებისა**. ბაყაყის ტყავში აღმოაჩინა ძლიერი მხამი **ბუფოტალინი** (ნაღვლის მჟავების მონათესავე ნივთიერება), რომელიც აღმოჩნდა ძვირფასი სამკურნალო პრეპარატი.

XX საუკუნის დასაწყისში **ადოლფ ვინდაუსმა** დაიწყო ქოლესტერინის კვლევა, რის შესახებაც იმ დროს მცირე რამ იყო ცნობილი. ეს ნივთიერება მიეკუთვნება სტერინების ჯგუფს, რომლებიც რთული აგებულების სპირტებს წარმოადგენენ. დასახელება „სტერინები“ წარმოიშვა ბერძნული ფუძისაგან და თარგმანში ნიშნავს „მაგარს“. კვლევებით დადგინდა, რომ სტერინები სტრუქტურულად დაკავშირებულია ნაღვლის მჟავებთან. ორივე ჯგუფის ნაერთები შეიცავენ **ფენანტრენს** და **ციკლოპენტანონს**, რომლებიც ქმნიან ბირთვის; ამ ბირთვის უერთდებიან სხვადასხვა ჯგუფის ნაერთები; შედეგად იქმნება სტრუქტურათა მდიდარი სახესხვაობა.

**ვინდაუსი** სწავლობდა ასევე მცენარულ **გლიკოზიდებს**, რომლებიც შედიან მრავალი წამლის შედგენლობაში, პირველყოვლისა გულის სტიმულატორებში. მან აჩვენა, როგორ გარდაიქმნება **ერგოსტერინი** (ნივთიერება, რომელსაც შეიცავენ საფუვრები) „**უი**“<sup>259</sup>-სხივების მოქმედებისას, **ვიტამინ D-ში**. ამ აღმოჩენას ქონდა დიდი მნიშვნელობა არა მარტო ამ ვიტამინის სტრუქტურის დასადგენად, არამედ მისი (ვიტამინი D) წარმოების ორგანიზებისათვისაც.

**ბუნებრივი ნაერთების** ყველაზე გამორჩეული ჯგუფია **ნახშირწყლები**; ამ დასახელების ქვეშ აერთიანებენ სხვადასხვა შაქრებს და მათ პოლიმერებს. 1925 წელს ბირმინჰემის (დიდი ბრიტანეთი) უნივერსიტეტის პროფესორმა **უოლტერ ნორმენ ჰოუორსმა**, მრავალწლიანი კვლების შედეგად დაადგინა, რომ **მონოსაქარიდებს** (უმარტივესი შაქრები) აქვთ ციკლური აგებულება. მათი ამოსავალი სტრუქტურების ტიპებად შეიძლება განხილული იყოს პირანისა და ფურანის რგოლები. **პირანის რგოლი** – ექვსატომიანია და შედგება ნახშირბადის 5 ატომისა და ჟანგბადის 1 ატომისაგან.

---

<sup>259</sup> ულტრა იისფერი სხივები ანუ UV-ს მზე ასხივებს რაც დედამიწის ზედაპირამდე აღწევს. არსებობს მზის „უი“ გამოსხივების ორი ტიპი: UV-A და UV-B. პირველი ტიპის - UV-A სხივმა შეიძლება ღრმად შეაღწიოს კანში და შეუძლია გამოიწვიოს კანის კიბო. UV-B-სხივების შემთხვევაში, ისინი იწვევენ კანის სიწითლეს და დაზიანებას, რაც იწვევს მზის მიერ წარმოქმნილ ცნობილ დამწვრობას.

ფურანის ხუთ ატომიან რგოლში არის 4 ნახშირბადის და 1 ჟანგბადის ატომი. ამ რგოლური ციკლების სტრუქტურებს თუ „დავუმატებთ“ ჰიდროქსილურ ჯგუფებს და ნახშირბადის ატომებს, შესაძლებელია ძირითადი მონოსაქარიდების მიღება.

1928 წელს უნგრელმა ქიმიკოსმა **ალბერტ სენტ-დეორდმა**, იკვლევდა რა მცენარეებისაგან გამოყოფილ ექსტრაქტებს, მიიღო ნივთიერება, რომელსაც დაარქვა **ჰექსურონის მჟავა**. ეს ნივთიერება ჰგავდა ნახშირწყლებს და ამიტომაც, ეწვია რა ბირმინჰემის უნივერსიტეტს, **სენტ-დეორმა შესთავაზა ჰოუორსს** ჩართულიყო ამ ნივთიერების კვლევებში. ეს ნივთიერება იყო **ვიტამინი C**. რენტგენოსტრუქტურული კვლევების მეთოდებით და სხვა საშუალებებით ინგლისელმა მეცნიერმა დაადგინა აღნიშნული ნივთიერების სტრუქტურა და დაასინთეზა იგი.

**ჰოუორსმა, რენტგენოსტრუქტურული კვლევების მეთოდი** გამოიყენა ასევე სხვა მონოსაქარიდების შესწავლისას - შედეგად დადგინდა, რომ მათ გააჩნიათ სწორედ ისეთი სტრუქტურა, როგორც ჰოუორსმა იწინასწარმეტყველა. **მონოსაქარიდთა** ციკლური აგებულების განსაზღვრამ საშუალება გააჩინა ახსნილიყო მათი **დისაქარიდებში** გაერთიანების პროცესი, რომელთაც (ანუ დისაქარიდებს) მიეკუთვნებიან: **ჩვეულებრივი შაქარი, რძის შაქარი** და სხვა ნაერთები.

აღნიშნულის შემდგომ ინგლისელმა ქიმიკოსმა აჩვენა, თუ როგორ ერთიანდებიან მონოსაქარიდები გრძელ ჯაჭვებში, ქმნიან რა ისეთ **ბიოპოლიმერებს**, როგორებიცაა: **სახამებელი, გლიკოგენი, ცელულოზა** და სხვა. ჰოუორსის კვლევებმა ნახშირწყლებისა და **C ვიტამინის** განხრით უდიდესი როლი ითამაშა ამ ნაერთების ქიმიის განვითარებაში, რამაც ინგლისელ მეცნიერს მოუტანა დიდი აღიარება სამეცნიერო წრეებში და ნობელის პრემია ქიმიაში 1937 წელს, რომელიც მან გაიყო შვეიცარიელ, ვიტამინების მკვლევარ, **პაულ კარერთან**.

არსებობს ჯგუფი ორგანული ნივთიერებებისა სახელწოდებით „**ალკალოიდები**“. მათი უმრავლესობა შხამია და იწვევენ ნარკოტიკულ ზემოქმედებას. **ალკალოიდების** შემცველი მცენარეები ცნობილია უძველესი დროიდან. პირველი ასეთი ნივთიერებები, გამოყვეს, კრისტალური ფორმით XIX საუკუნის დასაწყისში; ქიმიური თვისებების შესაბამისად მათ **ალკალოიდები** ე.ი. „**ტუტისმაგვარნი**“ უწოდეს. პირველი ცდები ტარდებოდა **ოპიუმზე** და 1817 წელს მისგან გამოყოფილი იქნა **მორფინი**; ამის შემდეგ აღმოჩენილ იქნენ: **სტრიქნინი, ქინაქინა, კოფეინი, კოკაინი** და ა. შ., დღეისათვის ცნობილია დაახლოებით 1000 ალკალოიდი, რომლებიც თავისი შემადგენლობის გამო იყოფიან რამდენიმე ჯგუფად.

**ალკალოიდების** კვლევასთან დაკავშირებულია ინგლისელი მეცნიერის **რობერტ რობინსონის** სახელი. კერძოდ, მან შეისწავლა შედარებით რთული აგებულების ალკალოიდები: **მორფინი** და **სტრიქნინი**. მათი მოლეკულები შეიცავენ შესაბამისად 40 და 47 ატომს; ამიტომ მითი სტრუქტურის განსაზღვრისათვის რობინსონს დასჭირდა დიდი მოცულობის კვლევითი სამუშაოების ჩატარება. შემდგომ მან დაიწყო სხვა ალკალოიდების შესწავლაც. ჩატარებული ფართო მასშტაბიანი სამუშაოების

საფუძველზე **რობინსონმა შეიმუშავა მცენარეულ უჯრედებში მყოფი ალკალოიდების თეორია.**

ინგლისელი ქიმიკოსი ატარებდა კვლევებს სხვა მიმართულებებითაც. სწავლობდა რა **სასქესო ჰორმონების** სტრუქტურას, **რობინსონმა** დაასინთეზა ნივთიერებები, რომლებიც ბუნებრივი ნივთიერებების მსგავსად მოქმედებდნენ. **რობერტ რობინსონის** მრავალმხრივი სამეცნიერო მოღვაწეობა (რომელიც ძირითადად ოქსფორდის უნივერსიტეტში მიმდინარეობდა) 1947 წელს აღინიშნა ნობელის პრემიის მინიჭებით ქიმიაში. ეს ჯილდო მან მიიღო მცენარეული წარმოშობის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების, კერძოდ, ალკალოიდების კვლევებისათვის.

გარდა აღნიშნულისა, კიდევ ორი მეცნიერი დაჯილდოვდა ნობელის პრემიით, ბუნებრივ ნივთიერებათა დარგში კვლევებისათვის, ესენი იყვნენ: **ჯონ უორკაპ კორნფორტი** (რობინსონის თანამშრომელი) და **ვლადიმირ პრელოგი**, ციურიჰის ფედერალურ ტექნიკურ ინსტიტუტში **რუჟიკვას** თანამშრომელი და საქმის გამგრძელებელი.

**ჯ. კორნფორტის** ძირითადი სამუშაოები დაკავშირებული იყო **ქოლესტერინის ბიოსინთეზის** პრობლემატიკასთან. ეს ნივთიერება ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ადამიანის ორგანიზმში ნივთიერებათა ცვლისა და **ჰორმონალური მოწესრიგებულობის** განხორციელებისათვის. მოხერხებულად იყენებდა რა **ნიშანდებულ ატომთა მეთოდს**, მეცნიერმა დაადგინა რთული ნაერთის სინთეზის პირობები შედარებით პრიმიტიულ ორგანიზმში. ასეთი ურთულესი კვლევების ჩატარებისათვის კორნფორტი 1975 წელს დაჯილდოვდა ნობელის პრემიით ქიმიაში. ამავე წლის სხვა ლაურეატი **ვლადიმერ პრელოგი** ცნობილია კვლევებით ორგანული ნაერთების სტერეოქიმიის დარგში. სხვა მეცნიერებთან ერთად მან შეიმუშავა **სტერეოქიმიური ნომენკლატურა**, რომელიც დღეს მიღებულია მთელ მსოფლიოში. მის უმნიშვნელოვანეს მიღწევად ითვლება **ადამანტანის** სინთეზი, რომელიც თავისი სტრუქტურით გვაგონებს ალმასის კრისტალურ მესერს. მე-20 საუკუნის 60-იან წლებში **პრელოგმა** დაიწყო მიკროორგანიზმებში ნივთიერებათა ცვლისა და ამ პროცესში მონაწილე ნაერთების შესწავლა. მან ახსნა რიგი **ანტიბიოტიკების** მოქმედების მექანიზმი, რომლებიც ბლოკირებას უკეთებენ რა ზოგიერთი ნივთიერების მოქმედებას, არღვევენ ცვლის რეაქციათა თანამიმდევრობას. **პრელოგმა** გამოყო მთელი რიგი ურთულესი ორგანული ნაერთები, რომელთა საშუალებითაც მიკროორგანიზმები გარემოდან იღებენ სასიცოცხლო პროცესებისათვის ისეთ საჭირო ელემენტებს, როგორებიცაა: **კალიუმი, რკინა, ბორი** და სხვა.

1975 წელს **ვ. პრელოგი** დაჯილდოვდა ნობელის პრემიით ქიმიაში, ფიზიოლოგიურად აქტიური დაბალმოლეკულური ნაერთების კვლევისათვის. **ჯ. კორნფორტის** და **ვ. პრელოგის** ნობელის პრემიით დაჯილდოება სიმბოლიზირდება, როგორც მორიგი აღიარება **ბუნებრივ ნივთიერებათა ქიმიისა, როგორც დამაკავშირებელი**

რგოლისა თანამედროვე ქიმიასა და ბიოლოგიას შორის<sup>260</sup>, რაც თანამედროვე მეცნიერების უმნიშვნელოვანესი სფეროა.

## ვიტამინები

XIX საუკუნის 80-იანი წლებიდან იწყება ინტენსიური მუშაობა ისეთი ნივთიერებების იდენტიფიკაციისათვის, რომლებიც გარდა საკვები პროდუქტებისა, შეუცვლელნი არიან ადამიანისა და ცხოველების სიცოცხლისუნარიანობის შესანარჩუნებლად. როგორც მოგვიანებით გაირკვა, ამ ნივთიერებების ნაკლებობასთან იყო დაკავშირებული რიგი დაავადებებისა, რომელთა მკურნალობის პროცესიც, გასული საუკუნის ბოლოს, აწყდებოდა სერიოზულ სირთულეებს. ასეთ სირთულეებს მიეკუთვნებოდა პრობლემები, რომლებიც წარმოიშვა სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიის ქვეყნებში გავრცელებული დაავადება „ბერი-ბერი“-სთან დაკავშირებით. ამ მხრივ განსაკუთრებით მძიმე მდგომარეობა შეიქმნა ინდონეზიაში, რომელიც იმ დროს ჰოლანდიის კოლონიას წარმოადგენდა.

1886 წელს ჰოლანდიის მთავრობამ კუნძულ იავაზე გააგზავნა ცნობილი პათოლოგანატომი კორნელის პეკელჰარინგი და ნევროლოგი კლემენსვინკლერი, უტრეხტის უნივერსიტეტიდან. მათ თანაშემწედ დანიშნული იქნა სამხედრო ექიმი ქრისტიან ეიკმანი, რომელსაც ჰქონდა ტროპიკულ რეგიონებში მუშაობის გამოცდილება. ამ დროს ბაქტერიოლოგია განიცდიდა აღმავლობის პერიოდს და ბუნებრივია ჰოლანდიელი მეცნიერები შეუდგნენ ბერი-ბერის გამომწვევი მიკრობის ძიებას.

პეკელჰარინგმა და ვინკლერმა, ვერ აღმოაჩინეს რა ვერაფერი, რაც მიიქცევდა მათ ყურადღებას, გადაწყვიტეს დაბრუნებულიყვნენ ჰოლანდიაში და ადგილზე დაეტოვებინათ ეიკმანი სამუშაოთა გასაგრძელებლად. მან იქ 10 წელი დაჰყო, ჩაატარა მრავალრიცხოვანი კვლევები - დაკავშირებული ტროპიკულ მედიცინასთან და აგრძელებდა დაავადება ბერი-ბერის გამომწვევი მიზეზების ძიებას. მისი კვლევები დასრულდა საინტერესო აღმოჩენით. ამ დაავადებასთან დაკავშირებული საიდუმლოება სრულიად შემთხვევით გაიხსნა.

ლაბორატორიას, სადაც ეიკმანი მუშაობდა, ჰქონდა პატარა მეურნეობა ქათმების მოსაშენებლად. ფრინველები იმყოფებოდნენ ერთფეროვან, ბრინჯის დიეტაზე და თანდათანობით მსხვერპლად ეწირებოდნენ დაავადებას, რომელიც თავისი კლინიკური სურათით ძალზე ჰგავდა დაავადება ბერი-ბერის. ეიკმანმა მალე შეამჩნია ეს მსგავსება და დაიწყო კვლევები. მან დაუმატა ქათმების საკვებში ბრინჯის გადამუშავების ნარჩენი მასა და ქათმები სწრაფად გამოჯანმრთელდნენ. აღმოჩნდა, რომ ბრინჯის მარცვლების გარსისაგან განთავისუფლებისას იკარგება ძალზე ძვირფასი ნივთიერება და ამის გამო ადგილობრივი მცხოვრებნი, რომლებიც უპირატესად ბრინჯით იკვებებოდნენ, ხდებოდნენ დაავადება ბერი-ბერის მსხვერპლნი.

<sup>260</sup> მ. მაცაბერიძე. ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით. სტუ, 2009; გვ. 10.

XIX საუკუნის 90-იან წლებში ეიკმანმა აღმოაჩინა დაავადების მიზეზი, მაგრამ ამით არავინ დაინტერესებულა. დაავადება ბერი-ბერი რჩებოდა სერიოზულ პრობლემად. რუსეთ-იაპონიის ომის დროს ამ დაავადებამ მწყობრიდან გამოიყვანა იაპონიის არმიის პირადი შემადგენლობის მეექვსედი ნაწილი. პრობლემა რომ გადაწყვეტილიყო, საჭირო იყო სხვაგვარი მიდგომა. ერთერთი მეცნიერი, რომელმაც ამ პროცესებს შეუწყო ხელი, იყო ფრედერიკ გოულენდ ჰოპკინსი; ადრე დაინტერესდა რა ქიმიით, ჰოპკინსი მუშაობდა სხვადასხვა ფირმებში და მხოლოდ 28 წლის ასაკში დაკავდა მედიცინით. 32 წლის ასაკში მან მიიღო დიპლომი და დაიწყო სწავლება ფიზიოლოგიური ქიმიისა - ასე უწოდებდნენ გასული საუკუნის ბოლოს ბიოქიმიას.

ქიმიისა და მედიცინის ცოდნამ, საშუალება მისცა ჰოპკინსს ჩაეტარებინა საინტერესო კვლევები. პირველ ყოვლისა, მან აღმოაჩინა, რომ ცილოვანი ნივთიერებანი განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან საკვები ფასეულობის თვალსაზრისით, რომელიც მათი შემადგენლობით განისაზღვრება. ჰოპკინსმა აღმოაჩინა შეუცვლელი ამინომჟავები, რომლებიც არ სინთეზირდებიან ორგანიზმში და ისინი უნდა მიეწოდებოდნენ საკვებთან ერთად. მეცნიერი ლაბორატორიულ ცხოველებს კვებავდა ყველაზე სრულფასოვანი ცილით - კაზეინით (რძის ცილით). მიუხედავად ამისა, ლაბორატორიული ცხოველების მდგომარეობას კარგს ვერ უწოდებდნენ. ჰოპკინსმა დაადგინა, რომ კაზეინის გაწმენდის ხარისხზე დამოკიდებული მისი (კაზეინის) სხვადასხვა მოქმედება, მაშინ მეცნიერმა გადაწყვიტა დაემატებინა ცხოველთა საკვებში მცირე რაოდენობით რძე - ეფექტი იყო წარმოუდგენელი, ცხოველთა მდგომარეობა მკვეთრად გაუმჯობესდა.

1910 წელს ჰოპკინსმა შეაგროვა საკმარისი მონაცემები და 1911 წელს სამეცნიერო საზოგადოებას (ბრიტანეთის ბიოქიმიური საზოგადოების კრება) წარუდგინა თეორია „დამატებით“ საკვებ ნივთიერებათა შესახებ, რამაც დიდი ხმაური ატეხა როგორც სამეცნიერო წრეებში ასევე პრესაშიც და სწრაფად გავრცელდა არა მარტო ევროპის, არამედ ამერიკის კონტინენტებზეც. შეიქმნა სიტუაცია, როცა ვიღაცას უნდა გადაედგა დამამთავრებელი ნაბიჯი. ეს გააკეთა პოლონელმა მეცნიერმა კაზიმეჟ ფუნკმა, რომელიც 1911 წელს მუშაობდა ლონდონში. მან გამოაქვეყნა შედეგები ბრინჯის ექსტრაქტების კვლევისა, გამოყო რა ნივთიერება კრისტალურ მდგომარეობაში და დაარქვა მას ვიტამინი. მოგვიანებით გაირკვა, რომ ყველა ასეთი ნივთიერება ვიტამინი არაა, მაგრამ ის რომ ისინი სიცოცხლისათვის აუცილებელნი არიან ეჭვს არ იწვევდა.

კ. ფუნკმა შემოიტანა ახალი ცნება - ავიტამინოზი, დაამუშავა ამ მოვლენის თეორია, რომელიც ძალზე ჰგავდა ჰოპკინსის იდეებს. მეცნიერთა შორის დაიწყო დავა პრიორიტეტებზე. ეიკმანისა და ჰოპკინსის კანდიდატურები არა ერთხელ იქნა წარდგენილი ნობელის პრემიაზე - და ბოლოს ექსპერტებმა დაასკვნეს, რომ მათი კვლევების შედეგები უკვე მომველებულია.

მოულოდნელად 1929 წელს ვიტამინების საკითხმა ახალი კუთხით წამოიწია; აღმოჩნდა, რომ ვიტამინები დაკავშირებულია ფერმენტებთან - წარმოადგენენ მათ კოფაქტორებს. მაშინ კაროლინის სამეფო მედიკო-ქირურგიულმა ინსტიტუტმა (ნობელის პრემიის მიმნიჭებელი ორგანო) მიიღო გადაწყვეტილება დაეჯილდოებინა ვიტამინების

კვლევის დარგის ორი პიონერი **ქ. ეიკმანი** და **ფ. ჰოპკინსი** ნობელის პრემიით მედიცინასა და ფიზიოლოგიაში.

ვიტამინების კვლევის დარგში ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი მეცნიერია შვეიცარიელი ქიმიკოსი **პაულ კარერი**, ექსპერიმენტებში იგი ძირითადად იყენებდა **ვილშტეტერის** სელექციური აბსორბციის, **სვედბერგის** ულტრაცენტრიფუგირების და ქრომატოგრაფიის მეთოდებს. კარერმა დაიწყო ვიტამინების კვლევა მას შემდეგ, რაც 1929 წელს შეედმა ბიოქიმიკოსმა ჰანს ფონ ეილერ-ჰელპინმა აჩვენა რომ **პიგმენტიკაროტინი** ახდენს იგივე ზემოქმედებას, რასაც **ვიტამინი A**.

1930 წელს შვეიცარიელმა მკვლევარმა უკვე იცოდა რა **ბეტაკაროტინის** სტრუქტურა, შეძლო დაესაბუთებინა **A ვიტამინის** წარმოქმნის მექანიზმი; რასაც დიდი მნიშვნელობა ქონდა ნივთიერების, როგორც ფიზიოლოგიური ზემოქმედების შესასწავლად, ასევე მისი წარმოებისათვის საჭირო მეთოდების შემუშავებისათვის.

**პაულ კარერის** სხვა აღმოჩენებიც დაკავშირებულია პიგმენტებთან. მუშაობდა რა **ოტო ჰენრიჰ ვარბურგის** და **ვალტერ ქრისტიანის** მიერ აღმოჩენილ „ყვითელ ფერმენტებზე“ აჩვენა, რომ მათი ფერი განპირობებულია განსაკუთრებული ნაერთებით, რომელთაც ეწოდათ „ფლავინები“ (ლათინურად „**Flavyc**“ ნიშნავს ყვითელს). შემდგომში კარერმა დაადგინა, რომ ნივთიერება **რიბოფლავინი** იდენტურია ფიზიოლოგებისათვის კარგად ცნობილი **ვიტამინ B<sub>2</sub>**-ისა, მან დაადგინა ამ ვიტამინის სტრუქტურა, გააგრძელა რა კვლევები **ვიტამინ C**-ზე, დაამტკიცა **ალბერტ სენტ-დიორდის** დასკვნები **ვიტამინ C**-ს სტრუქტურაზე. კარერმა გამოიკვლია ასევე ვიტამინები **E** და **K**, მრავალრიცხოვანი **კოფერმენტები**, **ალკალოიდები**, **მცენარეული პიგმენტები** და სხვა მრავალი ორგანული ნაერთები. მისი კვლევების შედეგები წარმოდგენილია ათასზე მეტ პუბლიკაციაში, კაროტინოიდების, ფლავინების, ვიტამინების **A** და **B<sub>2</sub>**-ის წარმატებული კვლევისათვის 1937 წელს კარერს მიენიჭა ნობელის პრემია ქიმიაში.

შემდგომ 1938 წელს ნობელის კომიტეტმა ქიმიაში პრემია მიანიჭა კვლავ **კაროტინოიდებისა** და **ვიტამინების** მკვლევარს, ეს იყო გერმანელი მეცნიერი **რიჰარდ კუნი**, ჰეიდელბერგის უნივერსიტეტის პროფესორი. მისი მოღვაწეობის დასაწყისი დაკავშირებული იყო **ფერმენტების** შესწავლასთან, შემდგომ მან დაიწყო **შეუღლებული, ორმაგმებიანი ნაერთების ე. წ. პოლიენების** კვლევა, რამაც **რ. კუნი** მიიყვანა **კაროტინოიდების** შესწავლამდე. ამ ნაერთების შემადგენლობა, რომელთა მოლეკულებიც შეიცავენ ნახშირბადის 40 და წყალბადის 56 ატომს, დაადგინა **რიჰარდ ვილშტეტერმა**.

1930 წელს კარერმა ციურიჰში და **ზიგმუნდ ოტო როზენჰეიმმა** ლონდონში გამოყვეს **ალფა-** და **ბეტა-** **კაროტინი**. 1933 წელს **რ. კუნმა** აღმოაჩინა **გამა-კაროტინი**, რის შემდეგაც განახორციელა ფართო კვლევა კაროტინოიდების და მათი გავრცელების შესახებ მცენარეულ და ცხოველურ სამყაროში.

მისი (**რ. კუნი**) სამუშაოების მეორე დიდ სფეროს შეადგენდა **BB** ჯგუფის ვიტამინები. კუნმა 5300 ლიტრი ცხიმოცილებული რძიდან, თანამშრომლებთან ერთად, გამოყო ერთი გრამი **ყვითელი ნივთიერება**, რომელსაც ეწოდა **ლაქტოფლავინი**; მისგან გამოყვეს **ლუმინოფლავინი**, რომელსაც აღმოაჩნდა იგივე თვისებები, რაც ქონდა საფუფრების



“ყვითელი ფერმენტის” კოფაქტორს, არკვევდა რა ამ ნივთიერების სტრუქტურას, **რ. კუნმა** ამავე დროს განსაზღვრა **ლაქტოფლავინის** აგებულება, რომელიც ასევე ცნობილი იყო “**რიბოფლავინის**” სახელწოდებით - ესაა **ვიტამინი B<sub>2</sub>**.

1939 წლის დასაწყისში, მას შემდეგ, რაც **რ. კუნმა** დაიმსახურა ნობელის პრემია ქიმიაში **კაროტინოიდებისა და ფლავინების** კვლევისათვის, თანამშრომლებთან ერთად გამოყო **ვიტამინი B<sub>6</sub>** და მოკლე დროში განსაზღვრა მისი შედგენლობა და სტრუქტურა. ეს ნაერთი აღმოჩნდა **პირიდინის** წარმოებულად.

1929 წელს აღმოჩენილი იქნა კიდევ ერთი ვიტამინი. **ჰენრიკ დამი**, კოპენჰაგენის უნივერსიტეტიდან, ატარებდა კლასიკურ ცდებს ხელოვნური საკვების ნარევებით. წიწილებს, რომელთაც შეგნებულად აკლებდნენ ცხიმებს, მოულოდნელად ეწყებოდათ მძიმე სისხლჩაქცევები. სისხლის ანალიზმა აჩვენა კოაგულაციის შეყოვნება - სისხლის შედედების პროცესები ძალზე გართულებული იყო. 1931-33 წლებში მსგავს მოვლენებს აკვირდებოდნენ ამერიკელი მკვლევარებიც. ამავე დროს **ჰ. დამი**, ამატებდა რა საკვებ ნარევებში სხვადასხვა ნივთიერებებს დაადგინა, რომ კანაფის თესლის დამატება იწვევს სისხლჩაქცევების გაქრობას და სისხლის ფორმულის აღდგენას, რადგანაც ეს იყო ეპოქა ვიტამინების დიდი პოპულარობისა, ფორმირდებოდა დასკვნა, რომ მოცემულ შემთხვევაში მოქმედებს ამ ჯგუფის (ვიტამინების) უცნობი წარმომადგენელი.

ახალი ვიტამინი აღნიშნეს ასო **K**-თი (სიტყვა “კოაგულაციასაგან”). **ვიტამინი K** აღმოჩენილი იქნა კომბოსტოში, პომიდორში, სოიაში, ლუცერნაში, ასევე ცხოველთა ღვიძლის ქსოვილში. უკანასკნელი დაკვირვება მიანიშნებდა ამ ვიტამინის მოქმედების მექანიზმზე. აღმოჩნდა, რომ ღვიძლი შეიცავს ფერმენტს, რომელიც მონაწილეობს სისხლის კოაგულაციაში. **ვიტამინ K-ს** გარეშე ფერმენტი არ მუშაობს და ამით ირღვევა მთელი ჯაჭვი რეაქციებისა, რომლებიც იწვევენ სისხლის შედედებას.

**ჰ. დამი** იყო მაღალი კვალიფიკაციის ბიოქიმიკოსი. 1925 წელს ის მუშაობდა მიკროქიმიურ ანალიზზე **ფრანც პრეგლთან** ავსტრიაში. ათი წლის შემდეგ ის თანამშრომლობდა რა **პაულ კარერთან** გადაწყვიტა გაერკვია ახლადაღმოჩენილი **ვიტამინ K-ს** სტრუქტურა. მაგრამ პირველმა ეს ამოცანა გადაწყვიტა **ედუარდ ადელბერტ დოიზმა**, სენტლუსისის (მისურის შტატი, აშშ) უნივერსიტეტის ბიოქიმიის პროფესორმა, ე. **დოიზმა** ლუცერნის თესლისგან და თევზის ფქვილისაგან გამოყო ორი ნივთიერება კრისტალური სახით: **K1** და **K2**, განსაზღვრა მათი სტრუქტურები: ისინი აღმოჩნდნენ **ნაფტოქინონის** წარმოებულები. ამას მოჰყვა მათი სინთეზი და ასევე აღმოაჩინეს ანალოგიური ნივთიერებები, შემადგენლობით მარტივი და უფრო ძლიერმოქმედი.

**ვიტამინ K-ს** სამრეწველო მიღება დიდი საჩუქარი იყო მედიცინისათვის. დაიწყო მისი ფართო გამოყენება სისხლდენების შესაჩერებლად, ქირურგიული ოპერაციებისას, ღვიძლის დაავადების მკურნალობისას და ა.შ. **ვიტამინ K-ს** გამოყენება ახალშობილთა მკურნალობისას, რომელთანაც ავიტამინოზი ძალზე ხშირია, საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად შემცირდეს ბავშვთა სიკვდილიანობა.

1944 წელს ნობელის ფონდმა განაახლა პრემიების გადაცემა, რომელიც II მსოფლიო ომის გამო შეწყვეტილი იყო სამი წლით (1940-1942). რადგანაც ფონდის წესდება

ითვალისწინებს პრემიის შეჩერებას ერთი წლით, ფონდს საშუალება მიეცა 1944 წელს გადაეცა პრემიები 1943 წლის ლაურეატებისათვის. მედიცინის დარგში ნობელის პრემიის ლაურეატები გახდნენ **ჰ. დამი და ე.ა. დოიზი - ვიტამინ K-ს** აღმოჩენისათვის და მისი ქიმიური სტრუქტურის განსაზღვრისათვის. **ვიტამინები**, როგორც შედარებით დაბალმოლეკულური ნაერთები, შესაძლებელი იყო წარმატებით ეკვლიათ ორგანული ქიმიის მეთოდებით. მაგრამ მათ შორის ყველაზე რთული, ვიტამინ **B<sub>12</sub>**-ის შესწავლისას საჭირო გახდა, იმ დროისათვის, უფრო მოწინავე საშუალებების გამოყენება. რვაწლიანი, ურთულესი კვლევების შემდეგ **დოროთი კროუფუტ-ჰოჯკინმა**, ოქსფორდის უნივერსიტეტიდან, რენტგენოსტრუქტურული კვლევების გამოყენებით განსაზღვრა ვიტამინ **B<sub>12</sub>**-ის აგებულება.

ვიტამინი **B<sub>12</sub>** აღმოჩენილი იქნა 1948 წელს. მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ის სინთეზირდება სხვადასხვა მიკროორგანიზმებით, პირველ ყოვლისა მცობნავი ცხოველების ნაწლავებში. ადამიანი ასევე ღებულობს ამ ნივთიერებას (მის) საჭმლის მომნელებელ ტრაქტში მყოფი მიკროორგანიზმებისაგან. მაგრამ ზოგჯერ ეს ძალზე ფაქიზი პროცესი ირღვევა და იწყება მწვავე **ავიტამინოზები**. ვიტამინ **B<sub>12</sub>**-ის აღმოჩენიდან მცირე დროში მისი სტრუქტურის დადგენაზე მუშაობა დაიწყო **დოროთი კროუფუტ-ჰოჯკინმა**. რვა წლის შემდეგ 1956 წელს, ვიტამინ **B<sub>12</sub>**-ის აგებულება ცნობილი გახდა, რაც ჩაითვალა რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მეთოდის ნამდვილ ტრიუმფად. პირველად მეცნიერების ისტორიაში ამგვარი მეთოდით დადგენილი იქნა ასეთი რთული ნივთიერების (**B<sub>12</sub>**) სტრუქტურა. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ უკვე იმ დროისათვის სხვა მეცნიერები ემზადებოდნენ უფრო რთული გამოკვლევებისათვის. **მაქს ფერდინანდ პერუციმ** და **ჯონ კოუდერ კენდრიუმ** განსაზღვრეს სტრუქტურა ისეთი რთული ცილებისა, როგორებიცაა **ჰემოგლობინი** და **მიოგლობინი**, რისთვისაც 1962 წელს მიიღეს ნობელის პრემია ქიმიაში.

მათი სენსაციური შედეგები მიღწეულ იქნა რენტგენოსტრუქტურული კვლევების კომპიუტიზირებული ვერსიის საშუალებით. აღსანიშნავია, რომ 1964 წელს ნობელის კომიტეტმა ქიმიაში, გამოხატა რა პატივისცემა ამ სფეროს პიონერების მიმართ, მიიღო გადაწყვეტილება - მიენიჭებინა ნობელის პრემია **დოროთი კროუფუტ-ჰოჯკინისათვის**, რომელმაც დაადგინა პენიცილინისა და ვიტამინ **B<sub>12</sub>**-ის სტრუქტურები კომპიუტერული ტექნიკის გარეშე.

## ფერმენტები

**ბიოკატალიზი** არის ერთ-ერთი უმთავრესი სასიცოცხლო პროცესი. ადამიანს მასთან საქმე ჰქონდა უძველესი დროიდან, როდესაც დაიწყო ალკოჰოლიანი სასმელების დამზადება. XVIII საუკუნეში **ანტუან ლორან ლავუაზიემ** გამოიკვლია ფერმენტაცია სპირტების მიღებისას და დაასკვნა, რომ ამ პროცესის მსვლელობისას შაქარი იხლიჩება სპირტად და ნახშირორჟანგად.

**ჟოზეფ ლუი გეი-ლუსაკმა**, ჩაატარა რა ზუსტი რაოდენობითი ანალიზი, დაასკვნა, რომ სპირტისა და ნახშირორჟანგის მასა, ერთად აღებული, ტოლია შაქრის საწყისი მასისა. ეს ამტკიცებდა ლავუაზიეს დასკვნას. ამ პროცესის მიზეზი **დაადგინა ენტონი ვანლევენჰუკმა**, ჯერ კიდევ 1860 წელს, აკვირდებოდა რა საფუვრებს მიკროსკოპში.

გავიდა კიდევ 150 წელი, ვიდრე განვითარდებოდა უჯრედოვანი თეორია და მეცნიერები დაასკვნიდნენ, რომ ფერმენტაცია არის ცოცხალი უჯრედების ფუნქცია.

XIX საუკუნის პირველ ნახევარში დაგროვდა საინტერესო მონაცემები კატალიზის პროცესის შესახებ, კერძოდ ბიოკატალიზზე. 1814 წელს **კონსტანტინე კირხჰოფმა** ქერის მარცვლებში აღმოაჩინა ნივთიერება, რომელსაც სახამებელი გადაჰყავდა შაქარში. ეს იყო ფერმენტი **ამილაზა**. 1833 წელს **ამილაზა** გამოჰყვეს ფრანგმა ქიმიკოსებმა **ანსელ მჰაიენმა** და **ჟან პერსომ**. იმავე პერიოდში **იენს იაკობ ბერცელიუსმა** წამოაყენა წინადადება, რომ ის ნივთიერებები, რომლებიც იწვევენ ფერმენტაციას, შეიძლება მიღებულ იქნან ცოცხალი უჯრედებიდან. მათი ფხვნილად ქცევის შემდეგ. ასეთი ექსპერიმენტი 1846 წელს ბერლინში ჩაატარა **ფრიდრიჰ ლუდენსდორფმა** - მინაზე გახეხა რა საფუვრის უჯრედები, დაუმატა მას შაქრის სიროფი. არავითარი ფერმენტაცია არ მოხდა. ასეთმა ექსპერიმენტებმა სერიოზული დარტყმა მიაყენეს **იენსენ ბერცელიუსის, იუსტუს ლიბიჯის** და **ფრიდრიჰ ველერის** თვალსაზრისს, რომლებიც თვლიდნენ, რომ **ბიოკატალიზი** და **ფერმენტაცია** - ჩვეულებრივი ქიმიური პროცესები იყო. იმავე დროს სხვა მეცნიერები თვლიდნენ, რომ „ცოცხალ ნივთიერებაში“ მიმდინარეობენ განსაკუთრებული პროცესები, რომლებიც არ არიან სუფთა ქიმიურნი.

გავრცელდა იდეები რაღაც საიდუმლოებით მოცულ „სასიცოცხლო ძალის“ შესახებ, რომელიც არის განმასხვავებელი ცოცხალისა და არაცოცხალისა. იმ დროს ეს იდეა ძალზე მიმზიდველად გამოიყურებოდა. ყველაფერ ამას, ბოლო მოუღო **ლუი პასტერმა**, რომელმაც ორიგინალური ცდებით აჩვენა, რომ **ფერმენტაცია** შესაძლებელია მხოლოდ ცოცხალი უჯრედების მონაწილეობით. უდიდესი ფრანგი მეცნიერის ექსპერიმენტები უნაკლო იყო, ამავე დროს ისინი არ უარყოფდნენ ფერმენტთა მოქმედების შესაძლებლობას ცოცხალი უჯრედების გარეშე:

მანამდე ხომ ვერავინ შეძლო გამოეყო ეს ნივთიერებები მდგრადი სახით. ასეთი ამოცანა დასვა 1893 წელს **ედუარდ ბუჰნერმა**, მიუნჰენის პოლიტექნიკური ინსტიტუტიდან. **ადოლფ ბაიერის** დახმარებით ინსტიტუტში შეიქმნა ლაბორატორია ფერმენტების გამოსაკვლევად.

**ბუჰნერი** აპირებდა ჩაეტარებინა ექსპერიმენტები უჯრედების დაშლისა და იქიდან **ბიოკატალიზატორების** მიღების მიზნით. ხელმძღვანელობამ ჩათვალა, რომ ასეთი ექსპერიმენტებისაგან, რომლებიც არაერთხელ ჩატარდნენ ათწლეულებით ადრე, არაფერი გამოვიდოდა და დაავალა ბუჰნერს სხვა თემით დაკავებულიყო. მაშინ იგი იძულებული გახდა სხვადასხვა უნივერსიტეტებისათვის მიემართა. ბუჰნერი გაემართა კილში, შემდეგ ტიუბინგენში და ბოლოს 1896 წელს, ზაფხულის შვებულებისას შეძლო ჩაეტარებინა ჩაფიქრებული ექსპერიმენტები თავისი ძმის, მიუნჰენის ჰიგიენის ინსტიტუტის ცნობილი ბაქტერიოლოგის, ჰანსის ლაბორატორიაში. ბუჰნერი ურევდა

საფუვრებს კვარცის ქვიშაში და ძლიერი დაქნევით აღწევდა უჯრედების მთლიანობის დარღვევას. მან გამოიყენა, მაღალი წნევის ქვეშ თხელი ჰომოგენური მასით ფილტრაციის მეთოდი; ისე რომ საფუვრებისაგან მიღებული იქნა წვენი, რომელსაც ჰქონდა მაღალი ფერმენტაციული უნარი. მასში არ იყო არც ერთი ცოცხალი ნაწილაკი, მაგრამ მიუხედავად ამისა, შაქარი იშლებოდა. ამ ცდებმა, რომლებიც წარმატებით დამთავრდნენ 1897 წელს, დაუდეს სათავე თანამედროვე **ენზიმოლოგიას**.

1907 წელს **ედუარდ ბუჰნერი** დაჯილდოვდა ნობელის პრემიით ქიმიაში, უუჯრედო ფერმენტაციის აღმოჩენისათვის. ე. ბუჰნერის მიერ რთული ბიოკატალიზატორების კვლევის ჩატარების შემდეგ, რომელთაც (ბიოკატალიზატორებს) ცნობილმა ბიოქიმიკოსმა ვილი კიუნმა უწოდა „**ენზიმები**“ ანუ **ფერმენტები**, შესაძლებელი შეიქმნა მათი შესწავლა ქიმიური მეთოდებით.

ბუჰნერის ცდები გააფართოვა და დახვეწა ინგლისელმა ბიოქიმიკოსმა **არტურ გარდენმა**.

XX საუკუნის დასაწყისში ცნობილი გახდა, რომ ფერმენტები გახურებისას აქტივობას კარგავენ. 1906 წელს **გარდენმა** და **უილიამ იუნგმა** ჩაატარეს საინტერესო ექსპერიმენტი. ცოცხალი საფუვრის წვენს დაამატეს გადადუღებული საფუვრის წვენი, ამ შემთხვევაში შეინიშნებოდა ფერმენტაციის მკვეთრი გაძლიერება. ამან მკვლევარები მიიყვანა იმ აზრამდე, რომ ფერმენტი შედგებოდა რომელიღაც ორი ნივთიერებისაგან, რომელთაგანაც ერთი თერმულად მდგრადი იყო. ბუჰნერმა მის მიერ აღმოჩენილ ფერმენტს უწოდა „**ზიმაზა**“ - საფუვრების ბერძნული დასახელებიდან (Zimaz). გარდენმა შემოიტანა ცნება „**კოზიმაზა**“, რომლითაც მან აღნიშნა ფერმენტის მდგრადი კომპონენტი.

ჟელატინის ფილტრით ულტრაფილტრაციის მეთოდის შემუშავებამ, მკვლევარებს გაუჩინა ახალი შესაძლებლობები. ამ მეთოდით გარდენმა დაყო **ზიმაზა** შემადგენელ ნაწილებად: ფილტრში გადიოდა მხოლოდ **კოენზიმი**, რომელიც აღმოჩნდა საკმაოდ დაბალმოლეკულური ნაერთი. გარდენმა დაადგინა, რომ შაქრის დაშლაში განსაზღვრულ როლს ასრულებს **ფოსფორმჟავა**, რომელიც უერთდება რა მას, წარმოქმნის **გლუკოზოდიფოსფატს**. ამით გარდენმა გამოყო ნახშირწყლების ბიოლოგიური დაშლის შუალედური პროდუქტი.

ამ სფეროს შემდგომი კვლევები დაკავშირებულია სტოკჰოლმის უნივერსიტეტის პროფესორის **ჰანს ფონ ეილერ-ჰელპინის** მოღვაწეობასთან. 1906 წელს მან **კარლ მიურბეკთან** ერთად დაიწყო ფერმენტთა კვლევა. აწარმოებდნენ რა **ფერმენტის კოფერმენტისაგან** დაცალკევებას გარდენის მეთოდით, ხანგრძლივი ექსპერიმენტების შემდეგ დაადგინეს, რომ **კოზიმაზა** - ეს არის ნივთიერება ნუკლეოტიდების (ადენინის პენტოზასთან ნაერთი) ჯგუფიდან მოლეკულური წონით 490.

**ჰ. ეილერ-ჰელპინმა** დაადგინა, რომ ეს კოფერმენტი გვხვდება სხვა მრავალ ბიოკატალიზატორებში, რომლებიც სულ სხვადასხვა ფუნქციებს ასრულებენ. ამან დიდი სტიმული მისცა კოფერმენტების კვლევებს. ეს ნივთიერებები შედარებით მარტივნი არიან და მათი სტრუქტურის განსაზღვრამ საშუალება მისცა მკვლევარებს

გამოყენებინათ ორგანული ქიმიის მეთოდები ნივთიერებათა ცვლის პროცესების კვლევისათვის, რომლებიც დაკავშირებულნი იყვნენ წყალბადის გადატანასთან.

**გარდენისა და ეილერ-ჰელპინის** გამოკვლევები ძალზე მნიშვნელოვანი ეტაპი იყო ენზიმოლოგიის განვითარებაში. 1929 წელს ორივე მეცნიერი დაჯილდოვდა ნობელის პრემიით ქიმიაში დუდილის მექანიზმის გახსნისათვის და ამასთან დაკავშირებული ფერმენტების კვლევისათვის.

ჯერ კიდევ გასულ საუკუნეში ზოგიერთი მეცნიერი ცდილობდა გამოეყო სუფთა სახით და შეესწავლა ნივთიერებები, რომლებიც იწვევდნენ ბიოლოგიურ კატალიზს. 1896 წელს **კორნელის პაკელჰარინგმა** გამოჰყო კუჭის წვენისაგან ცილა, მაგრამ ვერ დაამტკიცა, რომ ეს ის ფერმენტია, რომელიც ააქტივებს საჭმლის მონელების პროცესს.

ფერმენტთა სუფთა სახით გამოყოფის დარგში დიდი სამუშაოები ჩაატარა გერმანელმა ქიმიკოსმა რიჰარდ მარტინ ვილშტეტერმა თანამშრომლებთან ერთად; მათ გარკვეულ წარმატებებს მიაღწიეს ამ მიმართულებით და ვილშტეტერმა გამოთქვა ვარაუდი, რომ ფერმენტები არ მიეკუთვნებიან არც ცილებს და არც ნახშირწყლებს, არამედ წარმოადგენენ ნივთიერების რომელიღაც ახალ ტიპს უცნობი სტრუქტურით.

ასეთი ბუნდოვანი მსჯელობა გაგრძელდა 1926 წლამდე. იმ დრომდე, ვიდრე **ჯეიმს ბეტჩელერ სამნერმა** არ შეძლო ფერმენტ ურეაზის კრისტალების მიღება და დამტკიცება, რომ ეს ცილაა. **სამნერმა** კვლევები დაიწყო 1917 წელს და გადაიქცა დაცინვის ობიექტად თავისი კოლეგების მხრიდან, რომლებიც ვილშტეტერის იდეების გავლენის ქვეშ იმყოფებოდნენ. თავად სამნერის სიტყვებით, მას ბედმა გაუღიმა ფერმენტის არჩევაში, რადგან აირჩია მცენარე, რომლის თესლშიც იყო დიდი რაოდენობით **ფერმენტი ურეაზა**. მრავალწლიანი ექსპერიმენტების შედეგად სამნერმა მიიღო ეს ნივთიერება კრისტალური ფორმით, მცენარეული უჯრედების ჰომოგენატის გაცივებისა და ცენტრიფუგირების გზით. მეორე ბიოქიმიკოსი, რომელმაც შეძლო მიეღო ფერმენტები კრისტალური სახით, იყო **ჯონ ჰოუარტ ნორტროპი** (პრინსტონი, აშშ), ამერიკელი ბიოქიმიკოსი იკვლევდა კუჭის წვენს. ჯერ კიდევ მე-19 საუკუნის ბოლოს აღიძრა ეჭვი, რომ ეს ცილოვანი ნივთიერებაა.

**პეკელჰარინგი** მიუახლოვდა აღმოჩენის ზღურბლს, 1920 წელს ჯ. ნორტროპმა, გაიმეორა რა სამნერის ექსპერიმენტები, მნიშვნელოვნად დახვეწა ისინი და 10 წლის შემდეგ შეძლო კუჭის წვენისაგან სუფთა **პეპსინის** გამოყოფა. შემდგომში ნორტროპმა და მისმა თანამშრომლებმა, ხვეწდნენ რა თავიანთ მეთოდებს, მიიღეს კიდევ ხუთი ფერმენტი. ეს იყო უმნიშვნელოვანესი აღმოჩენები ფერმენტების ქიმიის სფეროში და საერთოდ, ცილების დარგში.

**ვირუსები** აღმოჩენილი იქნა რუსი მეცნიერის **დიმიტრი ივანოვსკის** მიერ 1892 წელს. ექვსი წლის შემდეგ ვირუსების კვლევა დაიწყო **მარტინ ბეიერნიკმა**, რომელმაც პირველმა გამოთქვა აზრი, რომ ეს იყო განსაკუთრებულად მცირე ზომების, მიკროსკოპში უხილავი, ახალი ტიპის დაავადების გამომწვევი.

**უ. სტენლიმ** მიიღო ვირუსები კრისტალური ფორმით და ამით დაადასტურა მათი ცილოვანი ბუნება, აჩვენა, რომ ისინი (ვირუსები) იკავებენ გარდამავალ მდგომარეობას ცოცხალ და არაცოცხალ სამყაროს შორის.

ამ რთული ნივთიერებების, კრისტალური ფორმით გამოყოფის საშუალებებს ჰქონდათ განსაკუთრებული მნიშვნელობა მათი კვლევისათვის. განსაკუთრებით რენტგენოსტრუქტურული ანალიზის მეთოდით. ამ კვლევათა მწვერვალი გახდა თამბაქოს მოზაიკის და პოლიომიელიტის ვირუსების კრისტალური სახით მიღება, რომელიც პრინსტონში (აშშ) განახორციელა **უენდლ მერედიტ სტენლიმ** 1932 წელს.

**სამნერის, ნორტროპის და სტენლის** გამოკვლევებმა მე-20 საუკუნის 30-იან წლებში მთელ მსოფლიოში მოიპოვეს დიდი აღიარება. 1946 წელს ეს მეცნიერები დააჯილდოვეს ნობელის პრემიით ქიმიისში. **ჯ. სამნერმა** მიიღო პრემიის ნახევარი (ფერმენტთა ცილოვანი ბუნების დამტკიცებისათვის და მათი გამოყოფისათვის კრისტალური სახით); მეორე ნახევარი ნობელის პრემიისა გაიყო **ჯ. ნორტროპსა** (ფერმენტთა კრისტალური სახით გამოყოფისათვის) და **უ. სტენლის** (ვირუსების მიღებისათვის კრისტალური სახით) შორის.

კოფერმენტების კვლევამ აჩვენა, რომ მრავალი მათგანი მიეკუთვნება **ნუკლეოტიდებს**. ეს ნივთიერებები წარმოადგენენ სამი ერთმანეთთან დაკავშირებული ნაერთისაგან შემდგარ კომპლექსებს შედგენლობით: ა) **ფოსფორმჟავას ნარჩენი**; ბ) **შაქარი (პენტოზა)**; გ) **პურინი ან პირიმიდინი**.

XX საუკუნის 40-იან წლებში, როცა ინგლისელმა მეცნიერმა **ალექსანდერ ტოდმა** დაიწყო ნუკლეოტიდთა კვლევა, მათი შემადგენლობის ზოგადი მახასიათებლები ცნობილი იყო, მაგრამ გაუგებარი რჩებოდა, როგორ უკავშირდებოდნენ ერთმანეთს სხვადასხვა სუბსტრუქტურები.

1949 წელს **უოლდო კონმა** განსაზღვრა შაქრის ხუთატომიანი რგოლის რომელ ადგილზე ხდება სხვა ნაერთების მიერთება. **ა. ტოდმა** განავითარა ეს იდეები და დაადგინა ნუკლეოტიდის ზუსტი სტრუქტურა. მისმა შედეგებმა შეასრულეს განსაკუთრებული მისია არა მარტო ენზიმოლოგიაში, არამედ საფუძველი ჩაუყარეს დნმ-ს სტრუქტურის კვლევას, რომელიც განახორციელეს **ფრენსის ჰარი კომპტონ კრიკმა, ჯეიმს დიუი უოტსონმა** და სხვა მეცნიერებმა. **ა. ტოდი** ცნობილია ასევე ვიტამინებისა და მთელი რიგი სხვა ბიოლოგიურად აქტიური ბუნებრივი ნივთიერებების კვლევებით. მან სამეცნიერო მოღვაწეობა დაიწყო **რობერტ რობინსონთან**, XX საუკუნის 30-იან წლებში, მცენარულ პიგმენტებზე - ანტოციანებზე ცდებით. მისი შრომებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია **ნუკლეოტიდებისა და ნუკლეოტიდ-კოფერმენტების** კვლევები, რისთვისაც 1957 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია ქიმიისში.

XX საუკუნის 50-იან წლებში, ნიუ-იორკის როკფელერის უნივერსიტეტში მუშაობდა ორი მკვლევარი, **სტანფორდ მური** და რომელთაც შეიტანეს უზარმაზარი წვლილი ფერმენტთა სტრუქტურის განსაზღვრაში.

ბიოკატალიზატორები წარმოადგენენ ცილოვან სხეულებს და მათი კვლევა წარმოადგენს ცილების ქიმიის სფეროს. დიდი მიღწევები ამ დარგში ეკუთვნით: **ემილ**

**ფიშერს**, რომელმაც დაადგინა როგორ უკავშირდებიან ამინომჟავები ერთმანეთს; ინგლისელმა მეცნიერმა **ფრედერიკ სენგერმა** 50-იან წლებში შეიმუშავა ცილებში ამინომჟავების განლაგების განსაზღვრის მეთოდი. მან განსაზღვრა ჰორმონ **ინსულინის** სტრუქტურა, რისთვისაც 1958 წელს მიენიჭა ნობელის პრემია ქიმიაში.

ამავე პერიოდში **ს. მურმა** და **უ. სტაინმა** დახვეწეს მეთოდი და შექმნეს ავტომატური დანადგარი პოლიპეპტიდური ჯაჭვების კვლევებისათვის. 1960 წელს ამ ორმა მკვლევარმა განსაზღვრა პირველადი სტრუქტურა, ამინომჟავური ფერმენტების შეერთების მორიგეობითობა **პანკრეასის რიბონუკლეაზაში**. პარალელურად გააუმჯობესეს თავიანთი მეთოდიკა, განავითარეს რა **სენგერის** მეთოდი: გამოსაკვლევი ცილის მოლეკულები ფერმენტების საშუალებით იხლიჩებოდნენ ცალკეულ ფრაგმენტებად.

ბიოქიმიაში კარგადაა ცნობილი, რომ სხვადასხვა ფერმენტები ცილის მოლეკულებს ხლეჩენ სხვადასხვა ადგილებში, მიიღებოდა ცილის ფრაგმენტების ნაკრები, რომელთა დაყოფა ხდებოდა იონგაცვლითი ფისით და ანალიზირდებოდნენ. ეს ფრაგმენტები ნაწილობრივ ურთიერთიფარებოდნენ, რაც იძლეოდა, მათი ურთიერთშედარების გზით, ამინომჟავათა საერთო თანამიმდევრობის განსაზღვრის საშუალებას.

**სტაინმა** და **მურმა** ასევე დაადგინეს სხვა ფერმენტების პირველადი სტრუქტურები, პარალელურად მათთან მუშაობდა **ქრისტინ ბემერ ანფინსენი**, რომელიც სწავლობდა კავშირს პირველად და მესამეულ სტრუქტურებს შორის. ფერმენტთა მეორეული სტრუქტურა გამოკვლეული იქნა **ლაინუს კარლ პოლინგის** მიერ მე-20 საუკუნის 40-იანი წლების ბოლოს. მან დაადგინა, რომ რამდენიმე პოლიპეპტიდური ჯაჭვი იხვევა და ქმნის სხვადასხვა სახის სპირალს. თავის მხრივ, სპირალები ასევე დეფორმირდება განსაზღვრული სახით და ქმნის მესამეულ სტრუქტურას.

ცილის მოლეკულების ყველაზე ზოგადი აგებულების (რომელიც განსაზღვრავდა მის ფორმასა და ფუნქციას) კვლევა დაიწყო **ქ. ანფინსენმა** ჯანდაცვის ნაციონალურ ინსტიტუტში, ბეტესდაში (აშშ, ვაშინგტონის შტატი); მან დაადგინა, რომ ცილის დენატურაციისას (როცა პოლიპეპტიდური ჯაჭვის გორგალი იხსნება) შესაძლებელია სივრცული სტრუქტურის სპონტანური აღდგენა. ეს ხდება იმ შემთხვევაში, თუ თავად ჯაჭვები არაა დაზიანებული. ამ შედეგებმა **ქ. ანფინსენი** მიიყვანა დასკვნამდე, რომ ცილის პირველად სტრუქტურაში ჩადებულია მთელი ინფორმაცია მისი მოლეკულის სივრცული აგებულების შესახებ. ეს იყო ძალზე მნიშვნელოვანი დასკვნა, რაც ნიშნავდა, რომ საკმარისია მხოლოდ სწორად განლაგდეს (მოწესრიგდეს) ამინომჟავები ჯაჭვში - და შესაძლებელია ხელოვნური გზით დასინთეზდეს ცილის მოლეკულა, რომელიც არაფრით არ განსხვავდება ბუნებრივისაგან.

**სტაინის**, **მურის** და **ანფინსენის** გამოკვლევებმა დიდი გავლენა მოახდინეს ცილის ქიმიის და განსაკუთრებით ფერმენტთა კვლევაზე, რომელნიც (ფერმენტები) ითვლებიან ყველაზე უფრო საინტერესო ცილოვან მოლეკულებად. 1972 წელს ფუნდამენტალური

წვლილისათვის ფერმენტთა ქიმიამი, ეს სამი მეცნიერი დაჯილდოვდა ნობელის პრემიით ქიმიის დარგში.

### ცოცხალი უჯრედი და ბუნებრივი ნივთიერებები უჯრედის ციკლი

რამდენიმე წლის წინ უჯრედის ციკლის დარგში ჩატარებულმა კვლევებმა მეცნიერები განსაცვიფრებელ აღმოჩენამდე მიიყვანა - აღმოჩნდა, რომ ეუკარიოტებისათვის (რომელთაც მიეკუთვნება ყველა ცოცხალი ორგანიზმი, ბაქტერიებისა და ვირუსებისგარდა) უჯრედის ციკლი ძირითადად განპირობებულია ერთადერთი ცილის (**cdc 2**), აქტივობის ცვლილებებით.

მე-20 საუკუნის 70-იანი წლების დასაწყისში **ი. მასიუმ** იელის უნივერსიტეტიდან (აშშ) და **ლ. სმიტმა** არგონის ნაციონალური ლაბორატორიიდან(აშშ), ერთმანეთისაგან დამოუკიდებლად გააკეთეს იდენტიფიცირება ნივთიერებებისა რომელზეცაა დამოკიდებული მიტოზისა და მეიოზის დასაწყისი. **ი. მასიუმ** ამ ნივთიერებას **მომწიფების ფაქტორი** უწოდა – **MPF (Maturation Promoting Factor)** შემდგომში სხვა მკვლევარებმაც აჩვენეს, რომ **MPF**, რომლის გამოყოფაც შეძლეს 1988 წელს, არის როგორც მიტოზის ასევე მეიოზის მთავარი რეგულატორი.

უჯრედის ციკლის გენეტიკური კვლევები დაიწყო მე-20 საუკუნის 70-იან წლებში **ლ. ჰარტუელის** სამუშაოებით (ვაშინგტონის უნივერსიტეტი, აშშ). შემდგომში აღმოჩენილი იქნენ უმნიშვნელოვანესი გენები საერთო სახელწოდებით **cdc 2 (cell-division cycle - უჯრედის დაყოფის ციკლი)**.

**პ. ნერსმა** ედინბურგის უნივერსიტეტიდან (დიდი ბრიტანეთი) 1975 წელს გააკეთა იმ მუტაციათა იდენტიფიცირება, რომლებიც ახდენენ უჯრედის ციკლის ბლოკირებას სხვადასხვა სტადიებზე და განსაზღვრა ნორმაში **cdc** გენების აქტივაციის მორიგეობითობა. ერთი ასეთი გენის, **cdc 2** -ის შემთხვევაში გენის განსაზღვრული მუტაციებისას წარმოიქმნება **არააქტიური ცილა** და უჯრედის დაყოფა ჩერდება. ამავე გენის სხვა მუტაციები, პირიქით, იწვევენ იმას, რომ უჯრედი შედის მიტოზის ფაზაში ნორმაზე ადრე.

**cdc 2** ცილა - პროდუქტების ამინომჟავური თანამიმდევრობა დადგენილი იქნა 1987 წელს. დღეს ცნობილია, რომ ეს ცილა ასრულებს საკვანძო როლს ყველა ეუკარიოტის მიტოზში. მის ყველა ვარიანტს ქვია **cdc 2** მიუხედავად იმისა, რომელ ორგანიზმს მიეკუთვნებიან.

**cdc 2** ცილები მიეკუთვნებიან პროტეინკინაზებს - ფერმენტებს, რომელთაც გადააქვთ ფოსფატური ჯგუფები ადენოზინტრიფოსფატიდან (**ATP**) ცილის მოლეკულებზე. უკანასკნელ წლებში ცხადი გახდა, რომ ფოსფატის მიერთება ან ჩამოშორება არის უჯრედის ცილების აქტივობის ძირითადი რეგულაციის საშუალება (ფოსფატური ჯგუფის ჩამოშორება ხორციელდება ფერმენტებით, რომელთაც **ფოსფატაზები** ეწოდებათ). გენეტიკური კვლევების პარალელურად გრძელდებოდა თავად **MPF-ის** შესწავლა.



1988 წელს **მ. ლოკემ** და **ჯ. მალერმა** კოლორადოს უნივერსიტეტის სამედიცინო სკოლიდან (აშშ) გამოყვეს ეს ნივთიერება და აჩვენეს, რომ მისი მოლეკულა შედგება ორი სუბერთეულისაგან.

მე-20 საუკუნის 80-იანი წლების დასაწყისში **ტ. ჰანტმა**, კემბრიჯის უნივერსიტეტიდან, დაადგინა, რომ **MPF**-ის მეორე კომპონენტი (**cdc**-ს გარდა), არის უჩვეულო ცილა **ციკლინი** - რომელიც ქრება მიტოზის ბოლოს სწრაფი დეგრადაციის შედეგად და გროვდება ინტერფაზაში, რადგანაც იშლება ამ დროს გაცილებით ნელა, ვიდრე სინთეზირდება.

1987 წელს **ენდრიუ უ. მიურერმა** და **მარკ უ. კირშნერმა**, ასევე დამოუკიდებლად **კ. ფორდმა** და მისმა კოლეგებმა სასეკის უნივერსიტეტიდან, უჯრედის ციკლის ექსპერიმენტალური გამოკვლევებით დაადგინეს, რომ ერთი მხრივ, უჯრედთა ციკლები გრძელდებიან, მიუხედავად ყველა ცილის სინთეზის (გარდა ციკლინის) ბლოკირებისა, მეორე მხრივ **ტ. ჰანტმა** ექსპერიმენტალურად დაამტკიცა, რომ ციკლინის სინთეზის შერჩევითი ბლოკირებისას (სხვა ცილების წარმოქმნა გრძელდებოდა), უჯრედის ციკლი ჩერდებოდა ინტერფაზაზე.

**ე. მიურერმა** და **მ. კირშნერმა** ცდებით დაადგინეს, რომ **ციკლინი** გროვდება ინტერფაზაზე და სწრაფად იშლება მიტოზის დროს. დეგრადაციის სისწრაფემ, ისინი მიიყვანა დასკვნამდე, რომ უჯრედები ვერ დაამთავრებენ მიტოზს მანამ, სანამ შენარჩუნებულია **ციკლინი**, და როცა უჯრედებში გააკეთეს ციკლინის დამოკლებული მოლეკულების სინთეზის ინდუცირება (რომელთაც შეეძლოთ მიტოზის ინდუცირება და რომელნიც დეგრადაციას არ ექვემდებარებოდნენ) ბირთვების გაყოფა არ მთავრდებოდა და უჯრედის ციკლი მუხრუჭდებოდა მიტოზზე. თავად ციკლინის მიერთება ცილა **cdc 2**-თან არასაკმარისია **MPF** კომპლექსის აქტივაციისათვის. **MPF**-ის ფუნქციონირებისათვის, აუცილებელია, რომ როგორც **cdc 2**, ასევე **ციკლინი** უნდა განიცდიდნენ განსაზღვრულ მოდიფიკაციებს სხვა რეაქციების შედეგად. თუმცა ცილა **cdc 2** არის უჯრედის ციკლის მთავარი რეგულატორი ეუკარიოტ უჯრედებში და ცილები, რომლებიც მას ამოდიფიცირებენ, ერთნაირნი არიან ყველა უჯრედში. ამ **პროტეინკინაზის** რეგულაცია შეიძლება განსხვავდებოდეს, დეტალებში, სხვადასხვა ორგანიზმებისათვის და ერთი და იმავე ორგანიზმის უჯრედთა სხვადასხვა ტიპებისათვის.

ერთ შემთხვევაში, კომპლექსის **cdc 2** -ციკლინი აქტივაცია ხორციელდება ცილა **cdc 25**-ით, მეორე შემთხვევაში - თავად ციკლინით, მესამეში - სხვა მოდულატორებით. ცილა **cdc 2**-ის კონცენტრაცია, მთელი ამ დროის განმავლობაში, შენარჩუნებულია მუდმივ დონეზე. **ციკლინიც** სინთეზირდება მუდმივად, მაგრამ მისი კონცენტრაცია იზრდება ინტერფაზის დროს და მცირდება მიტოზის მსვლელობისას. ინტერფაზის დროს დაგროვებული ციკლინი უკავშირდება **cdc 2**-ის მოლეკულებს და ქმნის ე.წ. **პრე-MPF**-ს. **MPF**-ის ეს ფორმა ჯერ კიდევ არაა აქტიური: მას არ შეუძლია ფოსფატური ჯგუფები გადაიტანოს ცილის მოლეკულებზე და არ შეუძლია მიტოზის ინდუცირება. შემდეგ **cdc 25**-ის მსგავსი ფერმენტების მოქმედებით, **პრე-MPF**-იგარდაიქმნება აქტიურ **MPF**-ად და

ახდენს მიტოზის მოვლენების პირდაპირ და ირიბ ინიცირებას. აქტიური **MPF**-ი არა მხოლოდ მართავს პროცესებს, რომლებსაც მიყვავართ ბირთვისა და დანარჩენი უჯრედის ფიზიკურ გაყოფამდე, იგი ასევე ააქტივებს ფერმენტებს, რომელთა მონაწილეობითაც ხდება ციკლინის დეგრადაცია. მიტოზი მთავრდება, როცა ციკლინის კონცენტრაცია ეშვება გარკვეულ ზღვარს ქვემოთ. ციკლინის გარეშე ცილა **cdc 2** და შედეგად **MPF**-ი ვერ დარჩებიან აქტიურნი.

დღეს ცნობილია, რომ ემბრიონის სომატურ უჯრედებში, მისი განვითარების გვიან სტადიებზე **დნმ**-ის რეპლიკაციის დასაწყისი ინტერფაზაში ისევე მკაცრად რეგულირდება, როგორც მიტოზში შესვლა; ეს მეორე (მიტოზის შემდეგ) უმთავრესი საკონტროლო მომტენტი პირველად დაადგინა **ლ. ჰარტუელმა** და დაარქვა მას „**სასტარტო გადასასვლელი**“. ჩვეულებრივად, აუცილებელ კვებას მოკლებული უჯრედები, აჩერებენ უჯრედის ციკლს სასტარტო გადასასვლელზე.

სასტარტო გადასასვლელის რეგულაცია ბევრი რამით გვაგონებს მიტოზის რეგულაციას. მთელი პროცესი, ასევე განპირობებულია ცილა **cdc 2**-ის აქტივაციით, რისთვისაც, თავის მხრივ, საჭიროა **ციკლინის** დაგროვება. მაგრამ სასტარტო გადასასვლელზე მონაწილე ციკლინი, არაა იდენტური იმ ციკლინისა, რომელსაც მნიშვნელობა აქვს მიტოზისათვის. არსებობს **ციკლინის** ორი კლასი: ერთზე დამოკიდებულია უჯრედის შესვლა **მიტოზში** და **მეიოზში**, ხოლო მეორეზე, რომელიც სტრუქტურით ძალზე ახლოს დგას პირველთან, დამოკიდებულია **დნმ-ის რეპლიკაცია**.

ბოლო ათწლეულების და განსაკუთრებით უკანასკნელი წლების წარმატებებმა კვლევებში დაამტკიცეს, რომ უჯრედის ციკლის რეგულატორები - ცილა **cdc 2**, **ციკლინი** და **cdc 25**-ის მსგავსი მოდულატორები, არიან ყველა ეუკარიოტ ორგანიზმის უჯრედის ციკლის ძირითადი რეგულატორები.

### სიმსივნური უჯრედების ინვაზია და მეტასტაზირება

ტერმინი „**მეტასტაზი**“ შემოიტანა ფრანგმა ექიმმა **ჟოზეფ კლოდ რეკამიემ**<sup>261</sup>, 1829 წელს გამოქვეყნებულ მონოგრაფიაში „**Recherches du cancer**“ (სიმსივნის კვლევა). მან პირველმა წარმოადგინა ანატომიური მტკიცებულებები იმისა, რომ მეტასტაზების გამომწვევი მიზეზი არის სიმსივნური უჯრედები, რომლებიც მოხვდებიან რა სისხლის მიმოქცევის სისტემაში გადაიტანებიან პირველადი სიმსივნის მდებარეობის ადგილიდან მოშორებით. ჯერ კიდევ რეკამიემდე ქირურგებმა და ანატომებმა შეამჩნიეს, რომ

---

<sup>261</sup> **Professor J.C.A. Récamier** (1774-1852), the undisputed founder of modern gynecologic surgery, had also excelled in the field of oncology. In particular, he performed the first successful vaginal hysterectomy for cancer; he conducted extensive research on cancer metastatic process and he was the proponent of a cancer treatment method by compression. **Joseph-Claude-Anthelme Récamier (1774-1852): forerunner in surgical oncology** // G. Androustos<sup>1</sup>, M. Karamanou<sup>1</sup>, E. Lykouras<sup>2</sup>, E. Stamboulis<sup>3</sup>, G. Tsoucalas<sup>1</sup>, A.A. Kousoulis<sup>1</sup>, D. Mandelenaki<sup>1</sup> [1] Department of History of Medicine, Medical School, University of Athens, Athens; [2] Second Department of Psychiatry, Attikon hospital, Medical School, University of Athens, Athens; [3] Second Department of Neurology, Attikon hospital, Medical School, University of Athens, Athens, Greece // Journal of BUON 16: 572-576, 2011 © 2011 Zerbinis Medical Publications. Printed in Greece.

სიმსივნის საზღვრები შესაძლებელია გაფართოვდნენ, მეზობელი ქსოვილების და ლიმფოკვანძების უჯრედთა კოლონიზაციის გზით; მაგრამ ითვლებოდა, რომ სიმსივნური უჯრედების კოლონიები, ორგანიზმის სხვადასხვა, მოშორებულ უბნებში წარმოიშვებიან დამოუკიდებლად.

**რეკამიემ** აღწერა ადგილობრივი ინფილტრაცია, სიმსივნური ქსოვილების ინვაზია ვენების კედლებში. **მეტასტაზირების** უახლესმა გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ ეს პროცესი წარმოადგენს ურთულეს გარდაქმნათა მრავალეტაპიან მოვლენათა ჯაჭვს, რომლის დროსაც პირველადი სიმსივნიდან გამომავალი (მომწყდარი) კიბოს უჯრედების მხოლოდ უმცირესი ნაწილი - ერთზე ნაკლები 10 ათასი უჯრედიდან, გადარჩება და სათავეს უდებს ახალ, ავთვისებიან კოლონიას. ამავე დროს სწრაფად მზარდი უჯრედთა მასის კვებისათვის სიმსივნი ინდუცირებას უკეთებს თვითუზრუნველყოფას ახალი სისხლძარღვებით, ეს პროცესი იწოდება **ანგიოგენეზად**<sup>262</sup>.

სიმსივნეებში ახლადწარმოქმნილი სისხლძარღვების კედლები ნაწილობრივ შეღწევადია, ისე რომ, ავთვისებიანი უჯრედები შედარებით ადვილად გააღწევენ სისხლძარღვთა სანათურში. სიმსივნურ ქსოვილში სისხლძარღვთა ნებისმიერი განტოტვა არის სისხლის ნაკადში მისი უჯრედების პოტენციურად შეღწევადი ადგილი. ლიმფური არხები ასევე შეღწევადია სიმსივნური უჯრედებისათვის, მაგრამ სიმსივნეები არ აინდუცირებენ ლიმფური არხების საკუთარი ქსელის შექმნას. ლიმფური არხები ნორმაში გამოტუმბავენ ქსოვილებიდან ზედმეტ უჯრედგარეშე სითხეს, ისე რომ სიმსივნეებში ლიმფური სისტემის არ ქონა განაპირობებს სიმსივნურ ქსოვილში ჰიდროსტატიკურ დაწნევას. პირველად ეს აჩვენა **პ. გულინომ** ტურინის (იტალია) პათოლოგიური ანატომიის ინსტიტუტში. ამ შიდა დაწნევამ შეიძლება დააზიანოს სიმსივნი და ამით მიეხმაროს ორგანიზმს იმით, რომ ავიწროებს რა სუსტ სისხლძარღვებს, სიმსივნურ ქსოვილებს აკლდებათ ჟანგბადი და კვებიან. შიდა სიმსივნური ლიმფური არხების არ არსებობა ნიშნავს იმას, რომ კიბოს უჯრედებს შეუძლიათ შეაღწიონ ორგანიზმის ლიმფურ სისტემაში მხოლოდ სიმსივნური და ნორმალური ქსოვილების საზღვარზე. კიბოს უჯრედები გადაადგილდებიან ვენებით ან ლიმფური სადენებით მანამ, სანამ არ გაიჭედებიან დინების ქვედა ნაწილში ან ლიმფურ კვანძში არხის შევიწროების გამო და სანამ არ მიემაგრებიან მის შიდა ამონაფენს.

უმრავლეს შემთხვევაში **მეტასტაზირებადი** უჯრედის მიმაგრება ხდება სადმე, მას შემდეგ, რაც იგი გაივლის გულს. ანატომიური თვალსაზრისიდან გამომდინარე, შესაძლებელია წინასწარ განისაზღვროს თუ სად ფორმირდება პირველადი სიმსივნის მეტასტაზთა 60%. ასე რომ, მრავალი სახის სიმსივნის მეტასტაზთა ჩვეულებრივი ადგილია ფილტვები, რადგანაც გულიდან მთელი სისხლი, სანამ გადანაწილდება ორგანიზმის დანარჩენ ქსოვილებში, გადაიქაჩება ფილტვების კაპილარების გავლით.

მსხვილი ნაწლავის კიბოს დროს ხშირად მეტასტაზები ჩნდებიან ღვიძლში, რომელიც მსხვილი ნაწლავიდან ღებულობს ვენური სისხლის პირდაპირ ნაკადს.

<sup>262</sup> The Vascularization of Tumors, by J. Folkman. "Scientific American", May 1976.

როდესაც მეტასტაზები ჩნდება არა იმ ორგანოებში, სადაც მოსალოდნელი იყო, ეს როგორც წესი დაკავშირებულია იმასთან, რომ ცირკულირებადი სიმსივნური უჯრედები პოულობენ იქ განსაკუთრებით ხელსაყრელ „ნიადაგს“ სიცოცხლისა და ზრდისათვის, სადაც ხდება სიმსივნური უჯრედების შერჩევითი სტიმულაცია.

განსაზღვრული ცილების კონცენტრაციულ გრადიენტებს, რომლებსაც გამოყოფენ ორგანოები - სამიზნეები, ასევე შეუძლიათ „მიიზიდონ“ სიმსივნური უჯრედები და აიძულონ ისინი განახორციელონ მიგრაცია სისხლძარღვებიდან. სიმსივნური უჯრედების აბსოლუტური უმრავლესობა, ყოვნდებიან რა კაპილარებში ან ლიმფურ კვანძებში, იღუპებიან იქ იმ მექანიკური დაზიანებების გამო, რომლებიც წარმოიშვებიან სისხლის ნაკადის დინამიური დატვირთვებით ან ორგანიზმის დამცველი ძალების შეტევის შედეგად. მიუხედავად ამისა გადარჩენილი სიმსივნური უჯრედების ნაწილი 8-დან 24 საათის განმავლობაში იწყებენ ჩანერგვას სისხლძარღვების კედლებში და საბოლოოდ ტოვებენ სისხლის ნაკადს.

ნორმალურ ქსოვილში შეღწეული სიმსივნური უჯრედებიდან, ყველას როდი შეუძლია იცოცხლოს და დასაწყისი მისცეს ავთვისებიან ზრდას. ახალ კოლონიებს ქმნიან მხოლოდ ის სიმსივნური უჯრედები, რომლებიც ჩაჯდებიან რა ქსოვილში, იწყებენ **პროლიფერაციას** (გამრავლებას); ეს შეიძლება სტიმულირდებოდეს სხვადასხვა ზემოქმედებით, ორგანიზმის მიერ წარმოებული ზრდის ადგილობრივი ფაქტორებისა და ჰორმონების ჩათვლით, ასევე თავად სიმსივნური უჯრედების მიერ წარმოებული აუტოსტიმულირებადი ზრდის ფაქტორებით.

ახლადწარმოქმნილი **მეტასტაზური კოლონიები** შეიძლება გავრცელდნენ მხოლოდ იმ პირობებში, როცა სიმსივნური **ანგიოგენეზით** მიიღწევა საკვებით საკმარისი უზრუნველყოფა. მთლიანად ჩამოყალიბებულ მეორად სიმსივნეებს აქვთ საკუთარი სისხლმომარაგება, რაც ნიშნავს, რომ შეუძლიათ გახდნენ ცირკულირებადი სიმსივნური უჯრედების ახალი წყაროები; ე.ი. მეტასტაზურ კოლონიებს თავად შეუძლიათ მეტასტაზირება და აქედან ავადმყოფის მდგომარეობის მკვეთრი გაუარესება და ლეტალური შედეგის დაჩქარება.

აშშ-ის კიბოს ნაციონალურ ინსტიტუტში მე-20 საუკუნის 90-იანი წლების დასაწყისიდან **ლანს ა. ლიოტი** და მისი თანაშრომლები შეუდგნენ კვლევებს სიმსივნის ინვაზიისა და მეტასტაზირების ფუნდამენტალური საფუძვლების გარკვევისათვის, ორ დონეზე: ა) ინვაზიის ბიოქიმიური მექანიზმები, რომლებიც მოქმედებენ უჯრედის ზედაპირზე და ბ) გენეტიკური მექანიზმები სიმსივნური უჯრედის შიგნით, რომლებიც შესაძლებელს ხდიან მეტასტაზირებას. მათ შეძლეს იდენტიფიცირება გაეკეთებინათ მთელი რიგი გენებისა და ცილებისა, რომლებიც არეგულირებენ ინვაზიისა და მეტასტაზირების ზოგიერთ მხარეებს.

**ლ. ა. ლიოტის მეტასტაზირების შემსწავლელმა კვლევითმა ჯგუფმა** დაამუშავა მეტასტაზირებადი სიმსივნის უჯრედები სპეციალური აგენტებით - უჯრედის გაყოფის ბლოკატორებით და შემდეგ გააანალიზა ამ უჯრედების უნარი გადალახონ ქსოვილური ბარიერები. აღმოჩნდა, რომ უჯრედის გაყოფის ჩახშობა არ მოქმედებს ინვაზიის

პროცესზე. მათ დაასკვნეს, რომ დაწინევა, რომელიც წარმოიშობა სიმსივნის ზრდის შედეგად, არ არის საჭირო სიმსივნური უჯრედების ქსოვილურ ბარიერში გაღწევისათვის. სიმსივნური უჯრედების ინვაზია წარმოადგენს ძალზე აქტიურ პროცესს. ავთვისებიანობისათვის, სიმსივნის მეტასტაზირება უნარიანობისათვის აუცილებელია ინვაზია. სიმსივნის „ხარისხი“ განისაზღვრება, პათოლოგანატომიური ანალიზისას, მისი პერიფერიების მიხედვით. **კეთილთვისებიანი სიმსივნეები**, რომლებ-  
თაც არ გააჩნიათ ინვაზიური თვისებები, **ხასიათდებიან მკვეთრად შემოფარგლული საზღვრებით**, რაც განპირობებულია სიმსივნის მხრიდან დაწინევით და გარშემომყოფი ქსოვილების წანაცვლებით;

და პირიქით, **ავთვისებიანი სიმსივნეები ხასიათდებიან სუსტად გამოხატული საზღვრებით** - წოდებული „**ინვაზიის ფრონტად**“ სადაც ინდივიდუალური სიმსივნური უჯრედები აქტიურად მიგრირებენ პირველადი სიმსივნური მასიდან. ინვაზიის ფრონტში მიმდინარე, ურთულეს ბიოქიმიურ მოვლენებში მონაწილეობენ როგორც სიმსივნური, ასევე ნორმალური ქსოვილის უჯრედები.

სიმსივნურ უჯრედებს პირველ ბარიერს უქმნიან ენდოთელიუმის უჯრედები, რომლითაცაა შიგნიდან გამოგებული სისხლძარღვები და ლიმფური კვანძები.

**გ. ნიკოლსონის** (ანდერსონის სახ. საავადმყოფო, ჰიუსტონი, აშშ) გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ სიმსივნურ უჯრედებს შეიძლება ახასიათებდეთ, სპეციალური ადგეზიური თვისებები, ენდოთელიუმის ზედაპირის მიმართ.

სიმსივნური უჯრედების დაკავშირება, ენდოთელიუმის უჯრედთა შრესთან იწვევს ამ უკანასკნელთა შემცირებას და მის ქვემოთ მდებარე ქსოვილის გაშიშვლებას. აღნიშნულიდან გამომდინარე, სიმსივნური უჯრედები „აიძულებენ“ ენდოთელიუმის უჯრედებს ჩაერთონ „კოოპერირებაში“, ინვაზიის პროცესის მსვლელობისას.

ენდოთელიუმის უჯრედების ქვეშ მდებარეობს უფრო მტკიცე ბარიერი - **უჯრედშორისი მატრიქსი**. **ბაზალური მემბრანა** წარმოადგენს ამ მატრიქსის ერთ-ერთ სპეციალიზირებულ ფორმას, რომლითაც გარშემოვლებულია სისხლძარღვები, კუნთების უჯრედები და ნერვული ბოჭკოები. უჯრედშორისი მატრიქსის როლი ნაწილობრივ მდგომარეობს, ქსოვილების ზრდისას საყრდენის შექმნაში. მატრიქსი ასევე უზრუნველყოფს შერჩევით შეღწევადობას, ცილებისა და სხვა ნივთიერებების უჯრედშორისი ტრანსპორტისათვის, სისხლძარღვების კედლების გავლით და თირკმელებში ფილტრაციის პროცესისას. გარდა ამისა, ის ასრულებს მექანიკური ბარიერის როლს სიმსივნური უჯრედების ინვაზიისას.

უჯრედთა პოპულაციები, ნორმაში, უჯრედშორისი მატრიქსის სხვადასხვა მხარეს არ ირევიან ერთმანეთში ჭრილობის შეხორცების დროსაც კი ან ემბრიოგენეზის დროს ორგანოთა განვითარებისას. მიუხედავად ამისა, ავთვისებიანი უჯრედები ადვილად გააღწევენ უჯრედშორის მატრიქსს, გადაკვეთენ ქსოვილთა გამყოფ საზღვრებს და სახლდებიან ახალ ადგილზე.

ბაზალური მემბრანის დარღვევა არის ინვაზიის ფრონტის დამახასიათებელი ნიშანი ადამიანის ავთვისებიანი სიმსივნის ყველა შემთხვევისათვის. მეტასტაზირებადი

სიმსივნური უჯრედები განისაზღვრებიან, მათთვის დამახასიათებელი ტენდენციით, დაარღვიონ უჯრედშორისი მატრიქსით შექმნილი საზღვრები და შეერიონ ისეთი ტიპის უჯრედებს, რომლებიც განსხვავდებიან, პირველადი სიმსივნეების უჯრედებისაგან. ერთიან ბაზალურ მემბრანას, რომელიც გარს აკრავს სისხლძარღვებს ჩვეულებრივ არ გააჩნია ფორები ან არხები, საკმარისი მასში სიმსივნური უჯრედების პასიური გავლისათვის.

ამრიგად, მეტასტაზირებადი სიმსივნური უჯრედები, ტოვებენ რა სისხლის ნაკადს, პოულობენ სხვა გზას ბაზალურ მემბრანაში გაღწევისა. ამ პროცესის შესასწავლად მეტასტაზირებადი უჯრედები მოათავსეს წინასწარ დაგებულ ბაზალურ მემბრანაზე. ისინი დაუყოვნებლივ მიემაგრნენ ბაზალურ მემბრანას.

მიმაგრებული სიმსივნური უჯრედების ქვეშ ჩამოყალიბდა **ლიზისის** (დეგრადაციის/რღვევის) ზონა, სადაც ხდებოდა ბაზალური მემბრანის ცილათა ფრაგმენტაცია. საბოლოოდ სიმსივნური უჯრედები ჩაინერგებოდნენ და გააღწევდნენ **ბაზალური მემბრანის** დაზიანებული ადგილებიდან.

კვლევებით დადგინდა, რომ სიმსივნური უჯრედების გაღწევა<sup>263</sup> ბაზალური მემბრანის ბარიერში ხორციელდება **სამ ეტაპად. პირველ ეტაპზე** ხორციელდება უჯრედთა მიმაგრება ბაზალურ მემბრანაზე. ეს განისაზღვრება უჯრედის ზედაპირზე განლაგებული სპეციფიური რეცეპტორებით, რომლებიც აღიქვამენ ბაზალური მემბრანის კომპონენტებს. **მეორე ეტაპზე** აქტივიზირდებიან დესტრუქციის ფერმენტები, რომლებიც არღვევენ ან გარდაქმნიან ბაზალური მემბრანის მოლეკულებს უშუალოდ სიმსივნური უჯრედების ქვეშ. **მესამე ეტაპზე** სიმსივნური უჯრედები გამოწეულავენ ფსევდოპოდიებს (ამების მსგავსი ცრუფეხები) ლიზისის ზონაში და ეს პროცესი მიმდინარეობს თავად უჯრედთა მიგრაციით.

სიმსივნური უჯრედების ინვაზიის სამი ეტაპი - **ადგეზია, ბაზალური მემბრანის ფერმენტაციული მოდიფიკაცია და მიგრაცია** – კარგად კოორდინირებული და მოწესრიგებულია დროში. სანამ გადაადგილებადი ფრონტი უჯრედის ზედაპირისა ააქტივებს ფერმენტებს შემაფერხებელი მოლეკულების დასაშლელად, უჯრედის უკანა მხარე უნდა რჩებოდეს მტკიცედ მიმაგრებული მატრიქსზე. როგორც კი გაიხსნება გზა წინ, უნდა მოხდეს აქტივობათა გადართვა იმისათვის, რომ დესტრუქციის ფერმენტებმა შეწყვიტონ მოქმედება და უჯრედმა შეძლოს წინ წაწევა. ასეთი „გადართვა“ აუცილებელია, რადგანაც წინ წაწევისათვის ქსოვილში ჩაზრდილ სიმსივნურ უჯრედს ჭირდება, რომ ჩაეჭიდოს მატრიქსს მოძრაობის მიმართულებით, გადაადგილდეს წინ და ლიკვიდაცია გაუკეთოს ყველა კავშირს მატრიქსთან უჯრედის უკანა მხარეს. სხვა სიტყვებით, სიმსივნური უჯრედი ერთდროულად უნდა „თხრიდეს გვირაბს“, „ებლაუჭებოდეს გვირაბის“ შიდა კედლებს და გაადგილდებოდეს წინ.

ასეთი უცნაური ქმედება გვხვდება არა მხოლოდ სიმსივნურ უჯრედებში. დრო და დრო ნორმალური უჯრედები ასევე იძენენ ინვაზიის უნარს გარშემორტყმულ

<sup>263</sup> Andrew W. Murray, Marc W. Kirschner. What controls the Cell Cycl. Scientific American, Vol. 264, №3 March 1991.

ქსოვილებში; **ნორმალური ინვაზიური ქმედება** დამახასიათებელია მაგალითად: პლაცენტის იმპლანტაციისას საშვილოსნოს კედლებში და ორგანოთა ფორმირებისას ემბრიონალური განვითარების დროს. **ლეიკოციტებს** შეუძლიათ გააღწიონ სისხლძარღვების კედლებში და მიაღწიონ ანთებითი პროცესების უბნებს.

სისხლძარღვთა ქსელი ყალიბდება ენდოთელიუმის უჯრედების მიგრაციის და ინვაზიის საშუალებით, რომლებიც (ენდოთელიუმის უჯრედები) გადიან უჯრედშორისი მატრიქსის ბარიერებში და განლაგდებიან ქსოვილების იმ ადგილებში, რომლებიც საჭიროებენ კვებასა და ჟანგბადს. ყველა ამ შემთხვევაში ინვაზიის მექანიზმი ნორმალური უჯრედებისათვის თითქმის ისეთივეა, როგორც სიმსივნური უჯრედებისათვის.

მიუხედავად ამისა, არსებობს კრიტიკულად მნიშვნელოვანი განსხვავება ამ პროცესების რეაგულაციისას. ნორმალური უჯრედების ინვაზია წყდება გამომწვევი სტიმულების გაქრობისას, ხოლო ავთვისებიან უჯრედებს შეუძლიათ შეუჩერებლად მიგრირებდნენ და გადაკვეთდნენ ქსოვილურ ბარიერებს იქ და იმ დროს, სადაც და რა დროსაც ეს ყოველმხრივ მიუღებელია ნორმალური უჯრედებისათვის.

ნეგატიური მოქმედების რეგულატორული ცილები (ნორმალური და კიბოს უჯრედების ინვაზიური ქმედებების დამთრგუნველი) შეიძლება იყვნენ ასევე მნიშვნელოვანი უჯრედთა აგრესიულობის შესანარჩუნებლად, როგორც პოზიტიურად მოქმედი ფაქტორები. ამან საშუალება მისცა მკვლევარებს დაეშვათ მეტასტაზირების გენსუპრესორთა არსებობა, ე.ი. არსებობა გენებისა, რომლებიც აკოდირებენ მეტასტაზირების საკვანძო ეტაპების ჩამხშობ ცილებს.

მეტასტაზირების ჩამხშობ გენთა კონცეფციები მტკიცდებიან კვლევებით, რომლებიც ჩაატარა **რ. ვაინბერგმა** უაიტჰედის ინსტიტუტში (აშშ) და **ბ. ფოგელშტეინმა** ჯონ ჰოპკინსის სახელობის უნივერსიტეტში (აშშ), მათ აჩვენეს **კიბოს უჯრედთა ზრდის ჩამხშობი გენების** მნიშვნელობა. **ვაინბერგმა** და **ფოგელშტეინმა** დაადგინეს, რომ განსაზღვრული რეგულატორული გენების დაკარგვა ან მუტაცია (ისეთების როგორებიცაა გენი **P53** ან რეტინობლასტომის განმაპირობებელი გენი) იწვევს უჯრედთა ანომალურ, არაკონტროლირებად ზრდას - კიბოს განვითარების პირველ ეტაპს. შემდგომ კრიტიკულ ეტაპს წარმოადგენს სიმსივნის გადასვლა ჩვეულებრივი ზრდის ფაზიდან, ინვაზიასა და მეტასტაზირებაში.

სიმსივნური უჯრედების ზრდიდან, ინვაზიასა და მეტასტაზირებაში გადასვლის პროცესისას, გენეტიკური მოვლენების გამო, კიბოს უჯრედებში მატულობს მიგრაციის მასტიმულირებელი ცილებისა და უჯრედშორისი მატრიქსის გამხლეჩი ფერმენტების წარმოქმნის ინტენსივობა.

იმავე უჯრედებში წყდება მეტასტაზირების დამთრგუნველი ცილების ექსპრესია, რომლებიც ნორმაში ბლოკირებას უკეთებენ კეთილთვისებიანი სიმსივნის უჯრედების გარდაქმნას ავთვისებიან მეტასტაზირებად უჯრედებში.

გამოკვლევებისას დადგინდა, რომ ინვაზიისადმი გამოხატული მიდრეკილება ასოცირდება ცილების გამხლეჩი ფერმენტების წარმოქმნის გაძლიერებასთან, ეს

ფერმენტები მიეკუთვნებიან მეტალოპროტეინაზებს. ადამიანის უჯრედების გამოკვლევისას აღმოჩნდა, რომ მეტალოპროტეინაზების აწეული დონე სიმსივნეებში კორელირებს ინვაზიისა და მეტასტაზირების განვითარებასთან, ეს შეინიშნებოდა სარძევე ჯირკვლის, მსხვილი ნაწლავის, კუჭის, ფარისებრი ჯირკვლის, ფილტვების და ღვიძლისკიბოს შემთხვევებში.

დღეისათვის ცნობილია გენთა ოჯახის ათამდე წარმომადგენელი, რომლებიც კოდირებას უკეთებენ მეტალოპროტეინაზებს. ყველა ამ ფერმენტს აქვს მსგავსი სტრუქტურა, მაგრამ მნიშვნელოვნად განსხვავდებიან იმ ცილათა ტიპების მიხედვით, რომელთაც ხლეჩენ. ერთ-ერთი იმ მნიშვნელოვანი ცილებიდან, რომელთაც ხლეჩენ მეტალოპროტეინაზები არის კოლაგენი - ჩხირისებური, სამსპირალიანი მოლეკულები, რომლებიც აყალიბებენ უჯრედშორისი მატრიქსის კარკასს. ამ ცილის სახეცვლილება, წოდებული კოლაგენ IV-ად, წარმოქმნის ბაზალური მემბრანის სტრუქტურულ ჩონჩხს.

სხვადასხვა ქსოვილებისათვის დამახასიათებელია კოლაგენის სხვა სახეცვლილებები. სიმსივნურ უჯრედებს, სხვადასხვა ქსოვილური ბარიერების გადალახვისათვის, ჭირდებათ არა ერთი მეტალოპროტეინაზა, არამედ მთელი რიგი ასეთი ფერმენტები სხვადასხვა სპეციფიკაციით; იგივე ეხება დესტრუქციის ფერმენტთა სხვა კლასებსაც.

იმის დასადგენად, მართლა აუცილებელია თუ არა მეტალოპროტეინაზები ინვაზიისათვის<sup>264</sup>, კიბოს ნაციონალურ ინსტიტუტში (აშშ) ლ. ლიოტმა თანამშრომლებთან ერთად დაამუშავა სიმსივნური უჯრედები იმ ანტისხეულებით, რომლებიც შერჩევით უკეთებენ ბლოკირებას განსაზღვრულ ფერმენტებს. ამ ცდებისას შეინიშნებოდა სიმსივნური უჯრედების ინვაზიური ქმედებების მთლიანი ჩახშობა.

ყველა მეტალოპროტეინაზა იქმნება საწყის არააქტიურ ფორმაში, ის სრულიად არაქმედითუნარიანია გახლიჩოს რომელიმე ცილის მოლეკულა. აქტივობის არ ქონა აქ განპირობებულია ცხრა ამინომჟავის მაღალკონსერვატიული თანმიმდევრობით, მეტალოპროტეინაზების ყველა მოლეკულის ერთ-ერთ ბოლოზე, ამ თანმიმდევრობაში არის არაჩვეულებრივად რეაქციაუნარიანი ცისტეინის ნარჩენი. არააქტიურ ფორმაში მოლეკულის ბოლო ისეა ორიენტირებული, რომ ცისტეინის ეს ნარჩენი ურთიერთქმედებს მეტალის იონთან ფერმენტის აქტიურ ცენტრში და ბლოკირებას უკეთებს ცილა-სამიზნეთა გახლეჩის უნარს ე. ი. მეტალოპროტეინაზები იმთავითვე ატარებენ საკუთარ სტრუქტურაში ჩაშენებულ ინჰიბიტორს.

მეტალოპროტეინაზა იძენს აქტივობას, როცა მისი მოლეკულის ფორმა იცვლება ისე, რომ პეპტიდი, რომელიც შეიცავს რეაქციაუნარიან ცისტეინის ნარჩენს, შორდება მეტალის იონს აქტიურ ცენტრში, შემდეგ მოცემული პეპტიდი მოწყდება და ფერმენტი რჩება მუდმივად აქტიური.

ლ. ლიოტმა და მისმა კოლეგებმა ადამიანის სიმსივნის ნიმუშებში, მეტალოპროტეინაზების კონფორმაციული ცვლილებების შესწავლისას აღმოაჩინეს, რომ

<sup>264</sup> Lance A. Liotta. Cancer Cell Invasion and Metastasis. Scientific American Vol. 266, №2, February, 1992.



ეს ფერმენტები ნამდვილად გადადიან აქტიურ ფორმაში. მაგრამ აქტიურ მეტალოპროტეინაზასაც კი არ შეუძლია გახლიჩოს თავისი სამიზნეები (ცილები) მეტალოპროტეინაზების ძლიერი ქსოვილური ინჰიბიტორის TIMP-ის (**Tissue Inhibitor of Metalloproteinase**) არსებობისას. ისევე როგორც არსებობს მეტალოპროტეინაზების მთელი კლასი, არის TIMP-ის კლასიც, რომელიც მოიცავს სულ მცირე ორ ცილას: TIMP-1 და TIMP-2. ისინი ინჰიბირებას უკეთებენ ყველა აქტიურ მეტალოპროტეინაზას; მაგრამ ამასთან ერთად TIMP-2-ს გააჩნია დამატებითი მსგავსება, ლატენტურ ანუ კოლაგენაზ IV-ის არააქტიურ ფორმასთან (მეტალოპროტეინაზები, რომლებიც ხლეჩენ კოლაგენ IV-ს).

TIMP-ი, წარმოშობილი ისეთ ნორმალურ ქსოვილებში, როგორებიცაა ხრტილი და ძვალი, ასრულებს მნიშვნელოვან როლს უჯრედშორისი მატრიქსის დაცვაში ზედმეტი რღვევებისაგან. ისინი ასევე იცავენ ნერვებს, ბაზალური მემბრანის (რომლებიც გარს ეკვრიან ნერვულ ბოჭკოებს) დაზიანებების თავიდან აცილების გზით. ამ ცილებს შეუძლიათ სისხლძარღვებში და ძვლის ტვინში უჯრედთა ზრდის რეგულაცია.

სიმსივნურ უჯრედებსაც შეუძლიათ TIMP-ის სეკრეტირება; მაგალითად TIMP-2 წარმოიქმნება მრავალ სიმსივნეში. იმავე ავთვისებიან უჯრედს, რომელიც ასინთეზირებს რომელიმე მეტალოპროტეინაზას, შეუძლია მისივე ინჰიბიტორის წარმოებაც.

ფერმენტაციული აქტივობა გამოვლინდება მხოლოდ მაშინ, როცა მეტალოპროტეინაზების მოლეკულები რაოდენობრივად გადააჭარბებენ TIMP-ის მოლეკულათა რიცხვს. შედეგად, ამ და ისევე როგორც სხვა ასპექტებში, სიმსივნური უჯრედების ინვაზია დამოკიდებულია პოზიტიურად და ნეგატიურად მოქმედ ცილათა რეგულატორების ბალანსზე. აქედან გამომდინარე, TIMP-ი წარმოადგენს მეტასტაზირების სუპრესორს<sup>265</sup>. რიგ ლაბორატორიებში დადგენილ იქნა, რომ TIMP-1 და TIMP-2 აჩერებენ სიმსივნური უჯრედების ინვაზიის პროცესს.

TIMP-2-ს შეუძლია ბლოკირება ახალი სისხლძარღვების ფორმირებისა, რომლებიც ჭირდება მზარდ მეტასტაზებს კვებისათვის. ეს იმედისმომცემი შედეგები აღნიშნავენ იმას, რომ TIMP-ი და მისი მსგავსი პრეპარატები ხსნიან ახალ გზას ინვაზიისა და მეტასტაზირების შესაჩერებლად.

1992 წელს **პ. სტიგმა (ლ. ლიოტის** კვლევითი ჯგუფიდან) აღმოაჩინა მეტასტაზირების უძლიერესი ცილოვანი სუპრესორი. ანალიზებდა რა მეტასტაზირებადი და არამეტასტაზირებადი სიმსივნეების უჯრედების გენეტიკურ აქტივობას შორის განსხვავებას, **პ. სტიგმა** აღმოაჩინა გენი, რომელიც სრულებით არ იყო ან იყო არააქტიური მეტასტაზირებადი სიმსივნეებში. ცილა - ამ გენის პროდუქტი მუდმივად არ არის, ან დეფექტურია მეტასტაზირებადი სიმსივნეების მრავალი სახის უჯრედებისათვის, ხოლო არამეტასტაზირებადი სიმსივნეების უჯრედებში იგი შედარებით დიდი რაოდენობითაა. ამ ცილას ეწოდება **nm23 (nonmetastatic)**.

**ლ. ლიოტის** ჯგუფის მიერ აშშ-ი ჩატარებული კლინიკური გამოკვლევები **კ. ჰენესის** (ნიუქასლის უნივერსიტეტი) და **ნ. კიმურას** (ტოკიოს გერონტოლოგიის ინსტიტუტი)

<sup>265</sup> დათრგუნვა ან ჩახშობა.

მონაწილეობით, იძლევიან შემდეგი დასკვნების გაკეთების საშუალებას: სარძევე ჯირკვლის პირველად სიმსივნეებში **nm23**-ის დაბალი შემცველობა აშკარად ასოცირდება მეტასტაზირებასთან და ავადმყოფთა სიკვდილიანობის დიდ ალბათობასთან;

და პირიქით, **nm23**-ის მაღალი დონე კორელირებს მეტასტაზთა არ ქონით და ავადმყოფთათვის ხელსაყრელი პროგნოზით. უფრო მეტიც, ადამიანის სარძევე ჯირკვლის კიბოს შემთხვევაში გენეტიკურ ცვლილებათა ანალიზმა აჩვენა, რომ 50 %-ზე მეტ შემთხვევაში დაკარგულია **nm23**-ის მაკოდირებელი, ორიდან ერთი გენის ასლი. სარძევე ჯირკვლის ნორმალურ ქსოვილში და მის არაინვაზიურ სიმსივნეებში ამ ცილის შემცველობა იყო მაღალი. ისე რომ ცვლილებები, რომლებიც ეხება **nm23**-ს მჭიდროდ კორელირებენ უჯრედთა გადასვლასთან ინვაზიისა და მეტასტაზირებისაკენ. ეს დამახასიათებელია არა მხოლოდ სარძევე ჯირკვლის ავთვისებიანი სიმსივნეებისათვის, არამედ კიბოს სხვა დაავადებებისთვისაც.

ცილა **nm23** შეიძლება გამოყენებული იქნას არა მარტო დიაგნოსტიკისათვის, არამედ მკურნალობისთვისაც. **პ. სტიგს**, კულტივირებად მეტასტაზირებად უჯრედებში, შეყავდა გენი **nm23**-ის კოდირებისათვის, რის შედეგადაც გაძლიერდა მისი ექსპრესია ე.ი. ცილის სინთეზი. ასეთი ინიციტირებული უჯრედები უუნარონი აღმოჩნდნენ მეტასტაზების წარმოქმნაში. მაინც რა გზით ახშობს **nm23** მეტასტაზირების პროცესს?

დადგენილია, რომ ცილა **nm23**-ს გააჩნია ფერმენტაციული აქტივობა, რომელიც მდგომარეობს ფოსფატური ჯგუფების, ცილის მოლეკულებთან მიერთებაში. ფოსფორილირებას შეუძლია ცილების აქტივობის მოდიფიცირება, მათ შორის სიგნალთა გადაცემის მარეგულირებელ უჯრედთა ზრდაზე და დიფერენცირებაზე მოქმედი ცილებისა. ასევე ცნობილია, რომ უჯრედები, რომლებიც ასინთეზირებენ **nm23**-ს არ სეკრეტირებენ ამ ცილებით.

ცილა **nm23** ავლენს განსაცვიფრებელ კონსერვატულობას მილიონი წლების განმავლობაში. ადამიანის ცილა **nm23** პრაქტიკულად იდენტურია ცილა **awd**-სი, რომელიც ეკუთვნის **ხილის ქინქლას** და რომელიც შეისწავლა **ა. შირნმა** (ჯონ ჰოპკინსის უნივერსიტეტიდან, აშშ). ამ ქინქლას, ცილა **awd** ჭირდება ყველა ორგანოს სწორი ფორმირებისათვის, რომლებიც ვითარდებიან ემბრიონის ეპიდერმიდან – ტვინი, თვალები, ფრთები, ფეხები და გენიტალიები. ანალოგიით შეიძლება ითქვას, რომ ცილა **nm23** ადამიანში ასრულებს მნიშვნელოვან როლს უჯრედშორისი კომუნიკაციის ორგანიზებისა. ნორმალურ ქსოვილთა უჯრედები, განვითარებისას, ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან და ფორმირებას უკეთებენ ორგანოთა აუცილებელ ზომებსა და ფორმებს. **nm23**-ის დაკარგვამ ან აბერაციულმა რეგულაციამ შეიძლება გამოიწვიოს უჯრედთა არამდგრადი მდგომარეობა, რაც ხელს უწყობს სიმსივნური უჯრედების ავტონომიურ ქცევას და მათ მეტასტაზირებას.

**ავთვისებიანი უჯრედის ცილის, ინვაზიის და მეტასტაზირების პროცესების ბლოკირების თვალსაზრისით ძალზე მნიშვნელოვანია შემდეგი:**

სიმსივნური უჯრედების ზედაპირზე არის შესაბამისი ანტიგენები, რომელთათვისაც შეიძლება მიღებულ იქნან ანტისხეულები (როგორც ცნობილია ანტისხეულები

წარმოადგენენ ცილებს, რომელთაც შეუძლიათ ამოიციონ განსაზღვრული სტრუქტურები - ანტიგენები).

დიდი ხანია შემუშავებულია მეთოდი საჭირო სპეციფიურობის ანტისხეულების შეუზღუდავი რაოდენობით მიღებისა. ეს მეთოდი მდგომარეობს იმაში, რომ ახდენენ სიმსივნური უჯრედების შერწყმას იმუნური სისტემის უჯრედებთან **B-ლიმფოციტებთან**, რომელთაც შეუძლიათ ანტისხეულების სინთეზირება. შედეგად მიღებულ ე. წ. ჰიბრიდომებს ზრდიან კულტურალურად და ისინი წარმოქმნიან ანტისხეულებს.

ერთი ჰიბრიდომის შთამომავლობა - კლონი იძლევა მონოკლონალურ ანტისხეულებს, სპეციფიურს ერთი განსაზღვრული ანტიგენის მიმართ. ცხადია, რომ მონოკლონალური ანტისხეულები შეიძლება გამოყენებული იქნას სიმსივნურ ქსოვილში სხვადასხვა აგენტების შეღწევისათვის, მათ შორის ანტისხეულები, რომლებიც ატარებენ უჯრედის ციკლის ძირითადი არგუმენტის - **ციკლინის ბლოკატორებს** (რომლებიც ცნობილია), რის გამოც სიმსივნურ უჯრედთა ციკლი შეჩერდება ინტერფაზაზე.

როგორც მსოფლიოს წამყვან ცენტრებში წარმოებულმა კვლევებმა და კლინიკურმა გამოცდებმა აჩვენეს, სიმსივნური უჯრედების ინვაზიის ძირითადი მიზეზი - აქტივირებული მეტალოპროტეინაზა ვერ ხლექს თავის სამიზნეებს **მეტალოპროტეინაზების ქსოვილური ინჰიბიტორების (TIMP)** არსებობისას.

ისევე როგორც ნორმალურ, სიმსივნურ უჯრედებსაც შეუძლიათ **TIMP**-ის სეკრეტირება. ავთვისებიანი უჯრედი, რომელიც ასინთეზებს რომელიმე მეტალოპროტეინაზას, აწარმოებს მის ინჰიბიტორსაც. კიბოს უჯრედების ინვაზია იწყება მხოლოდ მაშინ, როცა მეტალოპროტეინაზის მოლეკულათა რიცხვი გადააჭარბებს **TIMP**-ის მოლეკულების რიცხვს.

ინტერესმოკლებული არაა ინვაზიის ბლოკირების სქემის შემდეგი ვერსია: **TIMP**-ის გამოყოფის შემდეგ, შესაბამისი სიმსივნური უჯრედებიდან, მოხდეს მისი კლონირება და პრაქტიკაში ცნობილი უჯრედოვანი ტრანსპორტით მიტანილი იქნას სიმსივნურ უჯრედამდე, რითაც მიიღწევა ზემოთაღნიშნული დადებითი ეფექტი.

კლინიკური გამოკვლევებიდან ცნობილია, რომ ცილა **nm23**-ის დაბალი შემცველობა ასოცირებულია მეტასტაზირებასთან დალეტალური შედეგის დიდ ალბათობასთან. ასევე ცნობილია, რომ უჯრედები, რომლებიც ასინთეზებენ **nm23**-ს, ამ ცილის სეკრეციას არ ახდენენ. ამის გამო შესაძლებელია საყურადღებო იყოს: ცნობილი მეთოდიკით (ცილის პოლიმერიზაციის რეაქცია) მიღებული იქნას **nm23** შეუზღუდავი რაოდენობით და ასევე კლინიკური გამოცდებით დადგენილი სპეციალური უჯრედოვანი ტრანსპორტით გადასროლილი იქნას ავთვისებიან უჯრედებამდე.

როდესაც საუბარია ავთვისებიანი უჯრედების რეგულატორების და მოდულატორების ბლოკირების გზით მკურნალობის სტრატეგიის შემუშავებაზე<sup>266</sup>, ძალზე მნიშვნელოვანია არასასურველი გვერდითი მოვლენების და იმუნოლოგიური

<sup>266</sup> Steven A. Rosenberg. adoptive Immuno- therapy for cancer. Scientific American, May 1990. Vol. 264, №5.

თავისებურებების (განსაკუთრებით - მწვავე იმუნური რეაქცია პაციენტის ორგანიზმის მხრიდან) წინასწარი გათვალისწინება და მწვავე იმუნური რეაქციისგან დაზღვევის სტრატეგიები.

### სიმსივნური წარმონაქმნების ფოტოქიმიო- და ფოტოთერმოთერაპიის თანამედროვე რეალიზებისათვის

ბოლო პერიოდში, სამკურნალო და დიაგნოსტიკური მიზნებით მაღალი ტექნოლოგიების, კერძოდ უსისხლო ქირურგიის განვითარებასთან დაკავშირებით, თანამედროვე მედიცინის ყურადღების ცენტრში მოექცა ავთვისებიანი და სხვა სიმსივნური წარმონაქმნების ფოტოქიმიო- და ფოტოთერმოთერაპია, რომელთაგან პირველი გულისხმობს ინტერკალატორების და მეტალოინტერკალატორების ჩანერგვას დნმ-ში ავთვისებიანი უჯრედის შიგნით და მის შემდგომ დასხივებას შესაბამისი ტალღის სიგრძის სინათლით, რის შემდეგაც, სიმსივნური უჯრედი იღუპება ფოტოდინამიკური ეფექტის გამო. რაც შეეხება ფოტოთერმოთერაპიას, ის გულისხმობს უჯრედში ნანონაწილაკების შეყვანას და მათ შემდგომ დასხივებას შესაბამისი ტალღის სიგრძის სინათლით, რაც სიმსივნური უჯრედის ლიზისს(დაღუპვას) იწვევს სითბური ეფექტის გამო.

სხვა მხრივ, ცნობილია, რომ ლითონის ნანონაწილაკებს გააჩნიათ შთანთქმის სპექტრი ხილულ და ახლო ინფრაწითელ არეებში, რამაც მკვლევარებს<sup>267</sup> აფიქრებინა, რომ ბიოსტრუქტურებზე მათი ზემოქმედება მხოლოდ სითბური ეფექტით არ შემოიფარგლება და შესაძლებელია ადგილი ჰქონდეს ფოტოინდუცირებულ პროცესებსაც.

ხსენებული ტექნოლოგიების აქტუალობიდან გამომდინარე ეს საკითხი საფუძვლიანად გამოკვლევას მოითხოვს. ამასთან კავშირში და ზოგადად ახალი ბიძგი მიეცა დნმ-ის კატალიზური თვისებების კვლევას, რაც მეცნიერებისათვის განსაკუთრებით საინტერესო გახდა. კერძოდ კი დიდი ყურადღება დაიმსახურა ფოტოპროცესებმა, კერძოდ მუხტის და ენერჯის გადატანასთან დაკავშირებულმა პროცესებმა.

მკვლევართა<sup>268</sup> აზრით ნანომეცნიერული კვლევების ყველაზე უფრო ეფექტური და საინტერესო მაგალითები, მოლეკულურ ბიოლოგიაში უნდა ვეძებოთ, სადაც გენეტიკური კოდის გადამტანი მოლეკულა, დნმ-ი ტიპური ნანობიექტია მისი დიამეტრი 2 ნმ-ია, ხოლო სიგრძე კი მილიარდჯერ მეტი, რომელიც უკვე 60 წელზე მეტია

<sup>267</sup>თ. გიორგაძე. ნანოტექნოლოგიური პროცესების შესწავლა დნმ-ის კომპლექსებში ვერცხლის ნანონაწილაკებთან და ვერცხლის იონებთან, სპექტროსკოპული და თერმოდინამიკური მეთოდებით. ბიოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი. თბილისი 2014; 121 გვ.

<sup>268</sup> იქვე, გვ. 15.

მეცნიერთა კვლევის ერთ-ერთ მთავარ ობიექტს წარმოადგენს. **ნანოტექნოლოგიამ**, რომელიც მოიცავს ისეთი მასალებისა და ნაერთების კვლევასა და შექმნას, რომელთა **ზომები 1-დან 100 ნმ-მდე მერყეობს**, რევოლუცია მოახდინა მრავალ სამეცნიერო დარგში, მათ შორის ბიოლოგიასა და მედიცინაში.

**ნანომასალების** უდიდესი მნიშვნელობა ბიოლოგიაში კიდევ უფრო მეტ მნიშვნელობას იძენს იმდენად, რამდენადაც ბიოლოგიური სტრუქტურების უმეტესობის ზომები სწორედ ამ შკალით განისაზღვრება. ნანოტექნოლოგიის სწრაფმა განვითარებამ შესაძლოა შეუფასებელი პროგრესი შეიტანოს **სიცოცხლის შემსწავლელი მეცნიერებების** განვითარებაში, მაგრამ, ამავე დროს, შესაძლოა მის გამოყენებას ახლდეს მრავალი გვერდითი ეფექტი, რომელიც რისკის მატარებელი შეიძლება იყოს ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე.

იმისათვის, რომ წარმატებით შევძლოთ შესაძლო უარყოფითი ეფექტების პროგნოზირება და პროფილაქტიკა, აუცილებელია ნანომასალების თვისებების და მათი ზემოქმედების მექანიზმების დაწვრილებითი შესწავლა იმ პირობებში, რომლებიც მაქსიმალურად ახლოს იქნება მათი გამოყენების პირობებთან, ანუ ბიოლოგიურ გარემოსთან. ყოველივე ზემოაღნიშნული მიუთითებს, რომ სხვადასხვა სახის **ნანონაწილაკების** ბიოლოგიური აქტივობის შესწავლა უაღრესად აქტუალურია. ნახსენები დარგის და კვლევების მეცნიერული სიახლე<sup>269</sup> უპირველეს ყოვლისა დაკავშირებულია ორიგინალურ მიდგომასთან, რომელიც იხილავს **დნმ-ის მაკრომოლეკულის ნანოთვისებებს**, კერძოდ:

- ა) დნმ-ის ბაზისურ წყვილებში ორმაგი პროტონული გადასვლის უნარს;
- ბ) დნმ-ის ორმაგ სპირალზე წყლის მოლეკულების და გარდამავალი ლითონის იონების მრავალი სახის ურთიერთქმედებას;
- გ) დნმ-ის ზედაპირზე H<sup>+</sup> იონის მობილურ ადსორბციას;
- დ) ინტერკალაციას.

**ეს თვისებები დნმ-ის ორმაგ სპირალს ანიჭებენ უნარს იყოს:**

- 1) კატალიზატორი ჟანგვა-აღდგენით რეაქციებში;
- 2) მედიატორი ელექტრონული აღზნების ენერჯის რეზონანსულ გადატანაში, დონორიდან აქცეპტორზე;
- 3) ჯაჭვებშორის კროსლინკის წარმომქმნელი;
- 4) ფოტოდინამიკური ეფექტის განმახორციელებელი;
- 5) მედიატორი ლითონის ნანონაწილაკებში ფოტონდუცირებულ კონფორმაციულ გადასვლებში.

ეს თვისებები ანიჭებენ **დნმ-ის მაკრომოლეკულას** იყოს ერთ-ერთი მთავარი ობიექტი - სამიზნე ფოტო-, ქიმიო-, თერმოდერაპიაში. ამგვარი კვლევების მიღებული შედეგების პრაქტიკაში დანერგვა საშუალებას იძლევა გაკეთდეს პროგნოზი/შეფასება და

<sup>269</sup> იქვე, გვ.16.

თავიდან ავიცილოთ ნანონაწილაკების შესაძლო მავნე გავლენა ცოცხალ ორგანიზმებზე, რაც ცხადია, მოგვცემს როგორც სოციალურ, ისე ეკონომიკურ ეფექტს.

**დნმ**-თან მეტალის იონების ურთიერთქმედება - ადსორბცია **დნმ**-ის ზედაპირზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული დნმ-ის სტრუქტურაზე, პოლიელექტროლიტურ და დინამიკურ მახასიათებლებზე. მოკლედ განვიხილოთ **დნმ**-ის (**ნუკლეოტიდების**) დონორულ-აქცეპტორული თვისებები და **დნმ**-ის მოლეკულის ბუნება ხსნარში.

**დეოქსირიბონუკლეინის მჟავა (დნმ)**, წარმოადგენს ორგანიზმის მემკვიდრეობითი ინფორმაციის ძირითად მატარებელს. **დნმ**-ის მოლეკულა აგებულია ოთხი ძირითადი მონონუკლეოტიდური ერთეულისგან, რომლებიც ერთმანეთთან სხვადასხვა თანმიმდევრობით არიან დაკავშირებულნი და ერთმანეთში ფოსფოდიეთერულ კავშირებს ქმნიან.

**მონონუკლეოტიდები** შედგება სამი მთავარი კომპონენტისგან: 1) აზოტოვანი ფუძისგან; 2) პენტოზისგან; 3) ფოსფორმჟავისგან.

**ნუკლეოტიდები** შეიცავენ აზოტოვან ფუძის ორ კლასს - **პირიმიდინის და პურინის წარმოებულებს**. **დნმ**-ის შემადგენლობაში შედის ორი პირიმიდინული - თიმინი (T) და ციტოზინი (C) და ორი პურინული - ადენინის (A) და გუანინის (G) ფუძე<sup>270</sup>.

**დნმ**-ის მოლეკულა შედგება ორი კომპლემენტარული პოლინუკლეოტიდური ჯაჭვისგან, რომლებიც ერთმანეთთან ურთიერთქმედებით წარმოქმნიან ორმაგ სპირალს.

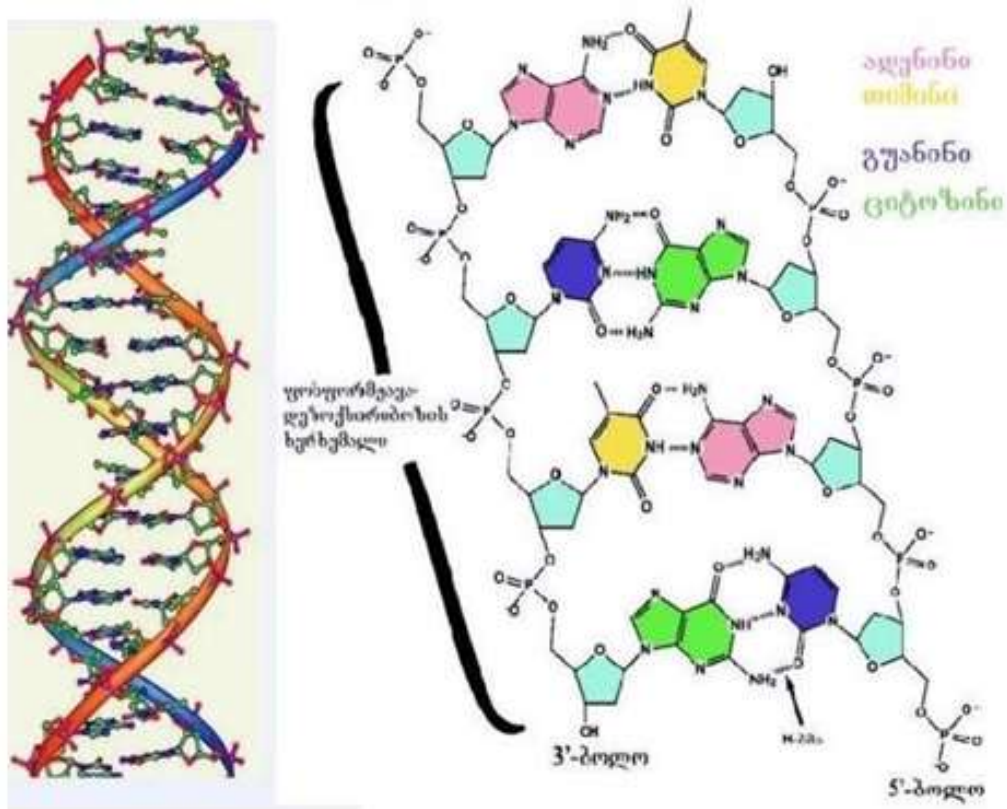
პურინული და პირიმიდინული ჯგუფები სპირალის შიგნით არიან მოთავსებული. ისინი განლაგებულნი არიან იმგვარად, რომ მათი სიბრტყეები ერთმანეთის პარალელურია და სპირალის ჯაჭვის ღერძის პერპენდიკულარული. ერთი ჯაჭვის ყოველი ფუძე წყალბადური ბმებით უკავშირდება მეორე ჯაჭვის ფუძეს, რომელიც მოთავსებულია იმავე სიბრტყეში.

მხოლოდ გარკვეული ფუძეთა წყვილებს შორის შესაძლებელია წყალბადური კავშირების წარმოქმნა, ესენია A-T და G-C წყვილები<sup>271</sup>, რაც გამოხატავს კომპლემენტარობის წესს (იხ. სურათი 1<sup>272</sup>).

<sup>270</sup> Watson J. & Crick F.H. Molecular structure of nucleic acids in Nature Vol 171, (1953) p.737.

<sup>271</sup> ა). Seeman N.C., Rosenberg J.M., Suddath F.L., Kim J.J.P., Rich A. RNA double-helical fragment at atomic resolution. I. The Crystal and molecular structure of sodium adenylyl<sup>3',5'</sup>-uridine hexahydrate, J. Mol. Biol. 104, (1976) p.109-144. ბ). Rosenberg J.M., Seeman N.C., Day R.O., Rich A. RNA double-helical fragment at atomic resolution. II. The Crystal structure of guanylyl adenylyl-<sup>3',5'</sup>- cytidine nonahydrate, J. Mol. Biol. 104, (1976) p.145-167.

<sup>272</sup> სურათი ნაშრომიდან: თ. გიორგაძე. ნანოტექნოლოგიური პროცესების შესწავლა დნმ-ის კომპლექსებში ვერცხლის ნანონაწილაკებთან და ვერცხლის იონებთან, სპექტროსკოპული და თერმოდინამიკური მეთოდებით. ბიოლოგიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი სადისერტაციო ნაშრომი. თბილისი 2014; გვ. 20.



**სურ.1** დნმ-ის ორმაგი სპირალის ფრაგმენტი

ნახსენები კვლევის ჩამტარებელი სამეცნიერო ჯგუფის მიერ, შექმნილია ისეთი, მრავალ მოდალური, უნივერსალური ოპტიკური სისტემა, რომელიც იძლევა საშუალებას დროის მცირე მონაკვეთებში განხორციელდეს შესასწავლი ბიოლოგიური ობიექტების განსხვავებული ოპტიკური თვისებების კვლევები. ამგვარი ოპტიკური სისტემის ორგანიზების გამოყენებითი ასპექტი მდგომარეობს იმაში, რომ ერთ დგარზე აიწყო ბიოლოგიური ობიექტების ოპტიკურ-სპექტრომეტრული კვლევის სისტემა, რომელსაც შეუძლია რამოდენიმე სპექტრომეტრული მოდალობის ერთდროული კვლევა, მიღებული ფოტოელექტრონული სიგნალების ერთდროული ანალოგურ-ციფრული დამუშავებით და ამ შედეგების ციფრულ ფორმატში წარმოდენით.

აღნიშნულის დამატებით შედეგს წარმოადგენს ისიც, რომ ამით მკვეთრად მცირდება ძვირადღირებული, დასამზადებლად შრომატევადი და სტანდარტიზაციის კუთხით მწელად უზრუნველსაყოფი საექსპერიმენტო ბიოლოგიური ობიექტების ხარჯი და ამავე დროს იზოგება არანაკლებ ძვირად ღირებული ადამიური რესურსები.

დაზუსტებისათვის, ოპტიკური სისტემის ბლოკ-სქემა სქემატურად შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც სისტემა, რომელიც შედგება ურთიერთინტეგრირებული რამდენიმე ძირითადი მოდულისგან. ესენია:

- შთანთქმის მოდული;
- ლუმინესცენციის მოდული;

- ფოტორეაქციების მოდული (ფოტორეაქტორი);
- სითბური მოდული;
- რეგისტრაციისა და მონაცემთა დამუშავების მოდული.

თითოეული აქ ჩამოთვლილი მოდული თავის მხრივ მრავალ კომპონენტანია. მათში შედის ისეთი ოპტიკური კომპონენტები, როგორებიცაა: სინათლის წყაროები, მიმღებები, საკვლევი ობიექტის სამაგრი მაგიდა, კიუვეტები, ოპტიკური რელსები, რეიტერები, ლინზები, ოპტიკური ფილტრები, მონოქრომატორი, ფოტორეაქტორი, დიაფრაგმები, სპექტროგრაფი, შუქმტარი ბოჭკო, კომპიუტერი და სხვა.

ლაბორატორიული ოპტიკური სისტემის მრავალმოდულურობა განისაზღვრება მისი ფუნქციონალური შესაძლებლობებით. კერძოდ, ხსენებული ოპტიკური სისტემის საშუალებით შესაძლებელია სხვადასხვა რაობის ოპტიკური სპექტრებისა და მათი მონოქრომატული კომპონენტების ერთდროულად გაზომვა.

ოპტიკურ სპექტრებში იგულისხმება შთანთქმის, გაბნევის და ფლუორესცენციის სპექტრები. ხსენებული ოპტიკური სისტემა შეიძლება გამოყენებულ იქნას სხვადასხვა მასალებისა და ნივთიერებების კომპლექსური სპექტრალური ანალიზისთვის. ოპტიკურ სისტემაში გამოყენებულია აგზნების ორი არხი, რომელიც საკვლევ თხევად (კიუვეტაში მოთავსებულ) ან მყარ ნიმუშს განჭოლავს, ეს არხები სივრცულად ერთმანეთისგან აცილებულია, თუმცა ერთი არხის სიბრტყის პროექცია მეორეზე - არხების ურთიერთმართობულ კონფიგურაციას ქმნის. თითოეულ არხს ქმნის კოლიმირებული სინათლის სხივი, რომელიც ლაზერის ან სითბური წყაროს გამოსხივებით მიიღება.

შთანთქმისთვის გამოიყენება თეთრი სინათლის წყარო. რაც შეეხება გაბნევის და ფლუორესცენციის სპექტრებს, აქ სინათლის კვაზიმონოქრომატული წყაროები გამოიყენება (ლაზერი, LED - შუქდიოდის ნათურები). შთანთქმის, ფლუორესცენციისა და გაბნევის სპექტრების გაზომვა ხორციელდება ორი გზით. ერთ შემთხვევაში გამოიყენება მონოქრომატორი და **ფოტოელექტრონების გამამრავლებელი (ფეგ)** ხოლო, მეორე შემთხვევაში გამოიყენება სპექტროგრაფი და **მკხ დეტექტორი (მკხ - მუხტით კავშირიანი ხელსაწყო, ინგლისური აბრევიატურა - CCD, Charge-Coupled Device).**

რეგისტრაციის ყველა შემთხვევაში ხორციელდება დეტექტორის სიგნალის ციფრულ ფორმატში გადაყვანა და პერსონალურ კომპიუტერში სპექტრალური ფორმების ვიზუალური და მისი შემადგენელი მონოქრომატული კომპონენტების ამპლიტუდების ციფრული გამოსახვა. სხვადასხვა მოდალობის გაზომვები ტარდება, პრაქტიკულად ერთდროულად.

ამგვარი შედეგი მიიღწევა იმით, რომ ერთ სისტემაში ერთიანდება, როგორც შთანთქმა-გაბნევის და ლუმინესცენციის გამომწვევი სხვადასხვა წყაროები, ასევე ამ პროცესებით მიღებული ფოტოსიგნალების აღმრიცხავი დეტექტორები. აღნიშნული გაზომვებისთვის, ბიოლოგიური ობიექტით შევსებული სპექტროსკოპიული კიუვეტა განლაგდება ისე, რომ შთანთქმის სიგნალის მისაღებად, მის ერთ წახნაგს დაეცემა თეთრი სინათლე ან ამ სინათლის რომელიმე (სპეციალური ფოტორეაქტორის გამოყენებით



გამოყოფილი) მონოქრომატული შემადგენელი, ხოლო კიუვეტის ზედა მხრიდან დაეცემა ასევე მონოქრომატული ტალღა ლუმინესცენციის აღსაძვრელად. ზემოდან დაცემული მონოქრომატული ტალღის მისაღებად შეიძლება გამოყენებულ იქნას, თეთრი სინათლიდან გამოყოფილი სინათლის რომელიმე ფერი, შუქდიოდი და ასევე სხვადასხვა ტალღის სიგრძის როგორც უწყვეტი, ისე იმპულსურ რეჟიმში მოქმედი ლაზერი.

ოპტიკურ სისტემაში გათვალისწინებულია აგრეთვე ნიმუშების ოპტიკური თვისებების ტემპერატურული დამოკიდებულების კვლევის შესაძლებლობაც. ამ მიზნის განსახორციელებლად გამოყენებულია ელექტრო-მაგნიტური ველის ზემდალი სიხშირის გენერატორი, რომელიც იძლევა კიუვეტაში მოთავსებული საკვლევი ნივთიერების ტემპერატურის მართვისა და იმავდროულად ოპტიკური მანიპულაციების ჩატარების შესაძლებლობას. კერძოდ, სპეტროსკოპიული კიუვეტა, რომელშიც მოთავსებულია ნიმუში, ისე თავსდება ელ. მაგ. გენერატორის ხვებში, რომ ოპტიკური სისტემის სხივთა სვლას ხელი არ ეშლება და შედეგად ვიღებთ ნიმუშის სპექტრალური მახასიათებლების სრული სპექტრის მიღების შესაძლებლობას ნიმუშის მართვადი ტემპერატურის ფონზე.

აღწერილი ოპტიკური კვლევის სისტემა წარმოადგენს ბიოლოგიური და არა მარტო ბიოლოგიური ობიექტების ოპტიკური თვისებების კვლევის მძლავრ და მეტად მოსახერხებელ ინსტრუმენტს. სამეცნიერო კვლევებში მისი გამოყენება ბევრად ზრდის ექსპერიმენტების წარმადობას და ამცირებს გაზომვების შესაძლო უზუსტობების ალბათობას, რასაც განაპირობებს ბიოლოგიური საკვლევი ობიექტებისთვის დამახასიათებელი დროის ფაქტორის შედეგზე ორიენტირებული მსაზღვრელობა.

### **მცენარეთა მინერალური კვების ელემენტები - ნორმალური კვება ყველა ცოცხალი ორგანიზმის ზრდისა და განვითარების საფუძველია**

ნიადაგში საკვები ნივთიერებების ნაკლებობა ან სიჭარბე იწვევს მცენარის განსაზღვრული ფუნქციების დარღვევას, რომელიც ვლინდება სხვადასხვა პათოლოგიურ პროცესში.

**საკვები ნივთიერებების ნაკლებობის ან სიჭარბის გავლენა განისაზღვრება ორი გარემოებით:**

1) ერთი საკვები ელემენტის ნაკლებობაც კი გავლენას ახდენს მცენარის ნორმალურ ზრდაზე და სხვა რომელიმე ელემენტის სიჭარბე ვერ შეცვლის მის ფუნქციას;

2) ყველა საკვები ელემენტი უნდა იყოს არამარტო საკმაო რაოდენობით, არამედ მათ შორის უნდა იყოს განსაზღვრული თანაფარდობა.

მცენარისათვის მნიშვნელობა აქვს აგრეთვე იმას, თუ რა ფორმით იმყოფება ნიადაგში საკვები ნივთიერებები, რადგან დადგენილია, რომ მცენარე შეითვისებს მხოლოდ განსაზღვრულ ფორმაში მყოფ საკვებ ნივთიერებებს. თუ ისინი არსებობენ სხვა ფორმით, მაშინ ისინი მცენარისათვის მიუწვდომელია მანამ, სანამ ისინი ნიადაგის მიკროორგანიზმების ან სხვა ფაქტორების მოქმედებით არ გადავლენ შესათვისებელ ფორმაში. ამიტომ, მცენარემ აუცილებელი ელემენტის ნაკლებობის სიმპტომი შეიძლება გამოავლინოს მაშინაც, როდესაც ეს ელემენტი არის ნიადაგში მცენარისათვის მიუწვდომელი ფორმით. მცენარის ფესვების მიერ მინერალური კვების ელემენტების შთანთქმის უნარზე გავლენა შეიძლება მოახდინოს ნიადაგის ხსნარის pH-ის ცვლილებამ, ასევე ელემენტთა ანტაგონიზმმა, რომლის დროსაც ერთი ელემენტი ამუხრუჭებს სხვა ელემენტის შთანთქმას (მაგ. კალციუმი ამუხრუჭებს კალიუმის შთანთქმას).

მინერალური კვების ნივთიერებები ფესვების მიერ შთანთქმება წყალში გახსნილი სახით, წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლებელია ტოქსიკური ეფექტი. საკვები ნივთიერებების დეფიციტი წარმოიშვება ზოგჯერ სხვადასხვა ტიპის ნიადაგებში, განსაზღვრული ამინდის პირობებში. მაგალითად, ადვილად ხსნად ფორმაში მყოფი ელემენტები სილნარი ნიადაგებიდან ძლიერი წვიმების დროს ირეცხება.

ნიადაგის მიკროორგანიზმებმა, განსაკუთრებით ბაქტერიებმა, შეიძლება შეცვალონ მცენარისათვის საკვები ნივთიერებების შეთვისების უნარი. საერთოდ ბაქტერიები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მთელი რიგი ელემენტების შეთვისების საქმეში.

მინერალური კვების ამა თუ იმ ელემენტის ნაკლებობის სიმპტომები შეიძლება გამოვლინდეს მცენარის ყველა ორგანოზე. უმეტესად ისინი ტიპიურია, მაგრამ ზოგჯერ განსხვავებული (ამ შემთხვევაში დაავადების მიზეზის დადგენა რთულია). ხშირად ასეთი სიმპტომები ჰგავს სხვა არაპარაზიტული ფაქტორებით გამოწვეულ ან სოკოებით, ბაქტერიებით და ვირუსებით გამოწვეულ სიმპტომებს. ზოგჯერ ერთმანეთის მსგავსი სიმპტომები შეიძლება გამოწვეული იყოს მინერალური კვების სხვადასხვა ელემენტების დეფიციტით. ამავე დროს, ერთი და იგივე ელემენტის ნაკლებობამ შეიძლება გამოიწვიოს მცენარის სხვადასხვა სახეობაზე სხვადასხვა სიმპტომები.

აზოტის, ფოსფორის და მაგნიუმის ნაკლებობა საწყის ეტაპზე ვლინდება მცენარის ქვედა ფოთლებზე და ვრცელდება შემდგომ ზევით მაშინ, როდესაც კალციუმის, სპილენძისა და ბორის ნაკლებობის სიმპტომები იწყება მცენარის ახალგაზრდა ნაწილებიდან და ვრცელდება ხნიერ ნაწილებზე<sup>273</sup>.

---

<sup>273</sup>მაქრო ყანჩაველი. მცენარეთა პათოლოგიის საფუძვლები. <https://agrokavkaz.ge/fermerta-skola/mtsenaretha-mineraluri-kvebis-elementebi.html>

ამ ელემენტების მოთხოვნილების შესაბამისად, სხვადასხვა ელემენტების ნაკლებობამ შეიძლება გამოიწვიოს ქლოროზი, დაწინწკვლა, არანორმალური პიგმენტაცია, ნაადრევი დაბერება, ნეკროზი, ტოტებისკვდომა, ფოთლებისა და ფესვების ზრდის შეჩერება, დეფორმაცია, მარცვლოვანთა ჩაწოლა და სხვ.

მთლიანობაში, შეიძლება ითქვას, რომ მინერალური კვების ელემენტების ფუნქციები დაკავშირებულია უჯრედის შიგთავსის ოსმოსური წნევის, მისი pH-ის და ციტოპლაზმატური მემბრანის გამჭოლვადობის ცვლილებებთან. ეს ელემენტები შედიან ასევე უჯრედის კედლისა და პროტოპლაზმის შემადგენლობაში. გარდა ამისა, ისინი თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს ფერმენტების აქტივობაში.

**მცენარის ნორმალური ზრდა - განვითარებისთვის, გარდა ნახშირბადის (C), წყალბადის (H) და ჟანგბადისა (O), საჭიროა მაკრო- და მიკროელემენტები:**

მცენარეს ესაჭიროება დიდი რაოდენობით **მაკროელემენტები**: აზოტი (N), ფოსფორი (P), კალიუმი (K), კალციუმი (Ca) და სხვა; ხოლო **მიკროელემენტებზე**: მაგნიუმი (Mg), რკინა (Fe), სპილენძი (Cu), თუთია (Zn), მოლიბდენი (Mo), ბორი (B), მანგანუმი (Mn), ნატრიუმი (Na) და სხვა, მცენარის მოთხოვნილება მცირეა.

თითოეული ელემენტის ნაკლებობას შეუძლია გამოიწვიოს მცენარის შესაბამისი დაავადება. დაავადების გამოძწვევი მიზეზი შეიძლება იყოს აღნიშნული ელემენტების სიჭარბეც. მცენარის ოპტიმალური განვითარებისათვის აუცილებელია საკვები ნივთიერებების განსაზღვრული ბალანსი. ბალანსის პირობების გარკვევა წარმოადგენს მემცენარეობის ერთ-ერთ ძირითად პრობლემას.

სხვადასხვა სახეობის მცენარეები მნიშვნელოვნად განსხვავდება ერთმანეთისაგან თავისი მოთხოვნილებით მაკრო- და მიკროელემენტების მიმართ, ასევე მათ მიმართ ამტანობით. ამიტომ, თუ მცენარის ერთ სახეობაზე ამა თუ იმ ელემენტის ნაკლებობა ან სიჭარბე შესამჩნევია, სხვა სახეობაზე ის არ აღინიშნება.

მცენარის არაბალანსირებული კვება შეიძლება გახდეს მისი პარაზიტული დაავადებისადმი მიმდებარეობის გაზრდის მიზეზი. მაგ., **ფიტოფტოროზი** ძლიერ აავადებს კარტოფილს მაგნიუმით ღარიბ ნიადაგებზე **აზოტის** სიჭარბის პირობებში.

მინერალური კვების ელემენტების ნაკლებობის შევსება ნიადაგში ხდება სასუქების შეტანით. მაკროელემენტები შეაქვთ საკმაო რაოდენობით, ხოლო მიკროელემენტები მცირე რაოდენობით (რამდენიმე კილოგრამი 1 ჰა-ზე), ამ უკანასკნელს ურევინ ჩვეულებრივ სასუქებს ან თესლს, ან ვეგეტაციის განმავლობაში ხდება ფესვგარეშე გამოკვება შესხურების გზით. შესხურების შემთხვევაში დაცული უნდა იქნას სამუშაო ხსნარის განსაზღვრული კონცენტრაცია. ამისათვის აუცილებელია ნიადაგისა და მცენარეული მასალის წინასწარი ანალიზი. შესხურების დროს აუცილებელია

სიფრთხილზე, რომ არ მოხდეს ფიტოტოქსიკური ეფექტი, რომელიც შეიძლება გამოწვეული იყოს სამუშაო ხსნარის მაღალი კონცენტრაცია თან შეუფერებელ დროს შეწამვლით. აღნიშნული ღონისძიებები მაღალეფექტური რომ იყოს, ამისათვის საჭიროა ვიცოდეთ, თუ რა რაოდენობით იმყოფება მცენარისათვის აუცილებელი ელემენტები ნიადაგში. აქვე, უნდა აღინიშნოს, რომ მინერალური კვების ელემენტების სიჭარბე იშვიათად აღინიშნება და პრაქტიკულად გვხვდება კვების ან მისი ცალკეული ელემენტების ნაკლებობა.

## თავი 12

ფაუნის როლი სამკურნალო საშუალებების წარმოებისათვის და ცხოველთა სამყაროს მნიშვნელობა თანამედროვე მედიცინისა და ფარმაცოლოგიისათვის; ზღვის ბიოლოგია; სამკურნალო პრეპარატების ერისა ზღვის ნედლეულიდან; რიბოზა; არაბინოზა; ციტოზინარაბინოზა; სპონგინი და სპონგინინი; ნატრიუმის ფტორსილიკატი ( $\text{Na}_2\text{SiF}_6$ ); „ეპტატეტრინი“; ტეტროდონინი და ტეტროდონინის მჟავა; ტეტროდოტოქსინი; სიმსივნეების დამთრგუნველი სფირნოსტანინები; კატრექსი; თევზისაგან „პელამიდა“ გამოყოფილი ნივთიერება 6-ჰიდროქსიპურინ-5-მონონუკლეოტიდი; გოლოტურინი; წებოვანი ნივთიერებები; ფერმენტი ქოლინესტერაზა; ეკვორინს გააჩნია უნიკალური თვისება ლუმინესცირებისა კალციუმისა და სტრონციუმის იონების თანაობისას; პროსტაგლანდინები; პოლიტოქსინის ერლიხის სიმსივნის მთლიან გაქრობის უნარი; ქიტინი ჭრილობების შესახორცებლად; კვიტინი -კანის პირგენტაციის ნორმალიზატორი; ბუფოტოქსინი; დერმორფინები; ცეტევიტოქსინი - არტერიული წნეების დამწვევი; ანტითრომბოპლასტინი; ეპილეფსიის მკურნალობისას გველის შხამები ადგზნების უბნების ჩახშობის უნარით დგანან ერთ-ერთ პირველ ადგილზე ცნობილ ფარმაცოლო-გიურ პრეპარატებს შორის; ცილოვანი ბუნების ციტოტოქსინი; აცეტილქოლინური რეცეპტორები; მსოფლიო ანტიდოპინგური კოდექსი - აკრძალული სიის საერთაშორისო სტანდარტი - 2021.

---

ფაუნის როლი ცნობილი სამკურნალო საშუალებების წარმოებისათვის და ცხოველთა სამყაროს მნიშვნელობა თანამედროვე მედიცინისა და ფარმაცოლოგიისათვის

### ზღვის ცხოველები და ფარმაცოლოგია

მსოფლიო ოკეანეში სასიცოცხლო არე 3000-ჯერ უფრო მეტია, ვიდრე ხმელეთზე. ბუნებრივ ნივთიერებებს და მათ შორის ორგანული წარმოშობის ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს დღეს სწავლობენ ეკოლოგები, ბიოქიმიკოსები, ფარმაცოლოგები და სხვა მრავალი სფეროს წარმომადგენლები; და მაინც ეს სფერო ისე ნაკლებადაა შესწავლილი, რომ თვით ზღვის ცხოველთა ბიოტოქსინების ძირითადი თვისებებიც კი არაა აღწერილი.

ამ დარგის ერთ-ერთი ფუძემდებელი, **დედამიწაზე სიცოცხლის შემსწავლელი ინსტიტუტის** დირექტორი ბრიუს უ. ჰოლსტედი (კოლტონი, კალიფორნია, აშშ) აშშ-ის მთავრობის დავალებით შედგენილ სამტომიან სახელმძღვანელოში **„ჩვენი პლანეტის შხამიანი და შხამწარმომქმნელი ზღვის ცხოველები“** აღნიშნავს: „ზღვის ტოქსინების ფარმაკოლოგიური და ქიმიური ასპექტები ძირითადად შეუსწავლელია და ეს ფაქტი არის სამწუხარო რეალობა ჩვენი ცოდნის დაბალი დონის შესახებ ამ სფეროში“.

მე-20 საუკუნის 60-იან წლებში, ზღვის ცხოველებისაგან მიღებული შხამიანი ნივთიერებებისაგან წარმოებული იქნა, რამდენიმე, ძალზე ეფექტური სამკურნალო პრეპარატი. ამან საშუალება მისცა **ზღვის ბიოლოგიის** დარგში მომუშავე სპეციალისტებს გამოეცხადებინათ ფარმაკოლოგიის **ახალი ერის დაწყება - სამკურნალო პრეპარატების ერისა ზღვის ნედლეულიდან.**

საზოგადოებას დაპირდნენ, რომ ზღვის ცხოველებიდან მიღებული ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები იქნებოდნენ, ძირითადნი სასწაულმოქმედი წამლების წარმოებისათვის; როგორც ოდესღაც **სპეციფიურმა მიკროორგანიზმებმა** ითამაშეს დიდი როლი **ანტიბიოტიკების** შექმნის საქმეში, მაგრამ დაპირებები ნაადრევნი აღმოჩნდნენ, რადგანაც უმრავლეს შემთხვევებში ერთი წამლის შექმნას ათწლეულები ჰქირდებოდა. ამ მხრივ მდგომარეობა დღეისათვის ნაწილობრივ შეიცვალა, ბოლო წლებში **ბუნებრივი ნივთიერებებისადმი** დათმობილი ყურადღების ხარჯზე, როგორც სამთავრობო ასევე საერთაშორისო ორგანიზაციების მხრიდან.

ზღვის ნედლეულიდან მიღებული სამკურნალო პრეპარატების მიღებისადმი მიძღვნილი ფარმაკოლოგების პირველი კონფერენცია ჩატარდა 1967 წელს როდ-აილენდის (აშშ) უნივერსიტეტში. მისი მონაწილენი აღვსილნი იყვნენ ენთუზიაზმით და ამავე პერიოდის პრესის პროგნოზებით რჩებოდა რამოდენიმე ნაბიჯი „კიბოსდამარცხებამდე“; მაგრამ უკვე ხუთი წლის შემდეგ აღნიშნული ენთუზიაზმიდან აღარაფერი დარჩა, რადგან კვლევები საზღვაო თემატიკისა შეჩერდა და გამოცხადდა, რომ უკვე აღმოჩენილია ნედლეულის საკმაო რაოდენობა და ახლა საჭირო იყო მათი კვლევა. ამ სფეროს მესვეურთა ძირითადი შეცდომა, სტრატეგიის ჩამოყალიბებისთვისაზრისით, ნათლად ჩანს კონფერენციის ერთ-ერთი თანათავმჯდომარის ედვარდ მილერის გამონათქვამში: „ზღვა მოგვამარაგებს არა სამკურნალო ნედლეულით, არამედ ზღვის ცხოველთა მიერ გამომუშავებული ბიოლოგიურად აქტიური ნაერთების ნიმუშებით დამეცნიერები გააანალიზებენ რა ამ ნივთიერებებს, მათ საფუძველზე დაასინთეზებენ ახალ სამკურნალო პრეპარატებს“.

დღეისათვის უკვე დამტკიცებულია ის ფაქტი, რომ შეუძლებელია ქიმიური ან ბიოლოგიური ტექნოლოგიებით ბუნებრივი ნივთიერებების აბსოლუტურად იდენტური ნივთიერებების მიღება. მიუხედავად ზღვის ცხოველებისაგან სამკურნალო პრეპარატების მიღების ყველა სირთულისა, უკვე დაგროვდა მნიშვნელოვანი სამეცნიერო მასალა და მიღებულია ორიგინალური ფარმაკოლოგიური ნივთიერებები.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ საქართველო საზღვაო ქვეყანაა, შესაძლებელია ფარმაკოლოგიის ზამთადნიშნული სფერო ინტერესმოკლებული არ იყოს ჩვენი ქვეყნის ფარმაცევტიული სფეროს წარმომადგენლებისათვის.

შენიშნული იყო, რომ ზღვის ცხოველები ნაკლებად ექვემდებარებოდნენ ინფექციებს, ვიდრე ხმელეთის ბინადარნი. დაისვა კითხვა: ხომ არ გამოიმუშავენ ზღვის ზოგიერთი მცხოვრებნი ნივთიერებებს, რომლებიც კლავენ დაავადების გამომწვევებს? და მართლაც, წყალი **ზღვის ღრუბელთა** კოლონიების გარშემო სუფთა რჩება მაშინაც კი, როცა მრავალი **ზღვის ღრუბელი** კვდება. გარდა ამისა, რამოდენიმე ათწლეულის წინ დადგინდა იქნა, რომ ზღვის ზოგიერთი ცხოველი კვდება, თუ წყალში, რომლებშიც ისინი იმყოფებიან გაიხსნება **ზღვის ღრუბლებიდან** ექსტრაგირებული ქიმიური ნივთიერებები. სხვადასხვა ღრუბლებიდან გამოყოფილი ნივთიერებების ქმედებები გამოსცადეს, ლაბორატორიის პირობებში გამოზრდილ, დაავადებების გამომწვევ მიკროორგანიზმებზე. ეს ნივთიერებები კლავდნენ მიკრობთა დიდ ნაწილს. განსაკუთრებით ეფექტურნი აღმოჩნდნენ ნივთიერებები, რომლებსაც გამოყოფს ზღვის ღრუბელი „წითელწვერა“, ისინი ტუბერკულოზის ჩხირებსაც კი ანადგურებდნენ.

მიღებული იქნა ორი პრეპარატი - წყალშიხსნადი და ცხიმში ხსნადი. პირველს იყენებდნენ ცხვირხახის და სასუნთქი გზების ინჰალაციისათვის, ხოლო მეორეს - ლორწოვანი გარსის საცხის დასამზადებლად. ორივე შემთხვევაში კლინიკური გამოცდებით დადგინდა სამკურნალო ეფექტი.

სხვადასხვა სახის ზღვის ღრუბლებისაგან მიღებული იქნა მრავალი **ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერება**. 1950 წელს დადგინდა კარიბის ზღვის, ერთ-ერთი სახის ღრუბლის უნიკალური თვისებები. მისი **ნუკლეინმჟავები** შეიცავენ არა **რიბოზას**, რომელიც არის თითქმის ყველა ნუკლეინმჟავის საკვანძო ინგრედიენტი, არამედ **არაბინოზას**. ამ ღრუბლის **ნუკლეინმჟავების** შესწავლის შედეგად სინთეზირებულია რამოდენიმე ნაერთი, რომლებიც რიბოზის ნაცვლად შეიცავენ არაბინოზას. ასე იქნა მიღებული **ციტოზინარაბინოზა**.

ლეიკოზით დაავადებული ადამიანის სისხლის უჯრედებზე მისი მოქმედების მექანიზმი მდგომარეობს შემდეგში: სისხლის დაავადებული უჯრედების რიბოზას იგი (პრეპარატი) ცვლის არაბინოზით და ამით აჩერებს მათ ზრდას და ბოლოს და ბოლოს კლავს სიმსივნურ უჯრედებს. ეს პრეპარატი აღმოჩნდა ეფექტური ლეიკოზითდაავადების შემთხვევათა დიდ ნაწილში, იგი ასევე საფუძველი გახდა უფრო ეფექტური პრეპარატების შექმნისა. მრავალი წლის წინ **ციტოზინარაბინოზა** დაშვებული იქნა მასობრივ წარმოებაში აშშ-ის ფედერალური სააგენტოს **FDA**-ს მიერ, რომელიც აკონტროლებს საკვებ, ფარმაცევტულ, პარფიუმერულ-კოსმეტიკურ და საყოფაცხოვრებო დანიშნულების პროდუქციას ამ ქვეყნის ტერიტორიაზე. ყოფილ სსრკ-ში ეს პრეპარატი გამოიყენებოდა „ციტარაბინის“ სახელწოდებით.

გავიხსენოთ მტკნარი წყლის ღრუბელი „**ბოდიაგა**“. ცოცხალ მდგომარეობაში იგი წარმოადგენს მოყვითალო-მორუხო ან მომწვანო ლორწოვან მასას. **ბოდიაგა** აღწევს 40 სმ-ს სიგრძეში და მჭიდროდ შემოეზრდება წყალში მყოფ ნივთებს დახის ტანს, რომლებიც

მისთვის არიან საყრდენნი. ის ცხოვრობს მდინარეებში, ტბებსა და ჭაობებში, ძველი დროიდან მას აშრობენ და იყენებენ ფხვნილის, სითხეების და საცხების სახით, რომელიც იწვევს კანის ძლიერ მექანიკურ გაღიზიანებას, რევმატიული დანევრალგიური ტკივილებისას. სამკურნალო მოქმედებას იგი ანხორციელებს, ძირითადად მის შემადგენლობაში მყოფი **სილიციუმის ნემსებით**, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია ორგანული ნივთიერებით - **სპონგინით** ან **სპონგინინით**. **ბოლიაგის** შემადგენლობაში შედის ასევე **კალციუმის ფოსფატები** და **კარბონატები**, რიგი ორგანული ნაერთები.

ახალი ზელანდიის აბორიგენთათვის უძველესი დროიდან ცნობილი იყო სამკურნალო თვისებები ზღვის ღრუბლისა სახელწოდებით „მარიული ჰალიჰონდრია“, რომელსაც ისინი იყენებდნენ ჭრილობების სამკურნალოდ. ჟურნალი „**Science**“ (1979, N 4422) იტყობინებოდა, რომ ამ ღრუბელში აღმოჩენილი იქნა **ფტორის** დიდი რაოდენობა - მშრალი მასის 11,5%. ღრუბელს ახასიათებს დიდი უნარი ფტორის დაგროვებისა. დადგენილი იქნა, რომ თერაპევტული ეფექტი განპირობებულია კარგად ცნობილი **ნატრიუმის ფტორსილიკატის ( $Na_2SiF_6$ )** შემცველობით, რომელიც აჩერებს ადგილობრივ ანთებით პროცესებს.

ამავე დროს აღსანიშნავია, რომ ამ საშუალების გამოყენებამედიცინაში ნაკლებად რეალურია, რადგან **ნატრიუმის ფტორსილიკატი** არის ტოქსიკური ნივთიერება და პეროს მისი მიღება არარეკომენდირებულია. ისე რომ ბუნებრივ ნივთიერებათა სამკურნალო თვისებების განსაზღვრისას განიხილება მისი, ადამიანზე ზემოქმედების ყველა ასპექტი და ამის გამო რიგ შემთხვევებში ფიზიოლოგიურად აქტიური ბუნებრივი ნივთიერებებისაგან სამკურნალო პრეპარატი არ ყალიბდება.

ხშირად სამკურნალო პრეპარატების „მომწოდებლებად“ გვევლინებიან ზოგიერთი თევზები. პროფესორი **დევიდ იენსენი**, ნიუ-იორკის დიდი აკვარიუმის ლაბორატორიაში მუშაობისას დიდიხნის განმავლობაში იკვლევდა წყნარი ოკეანის „**მიკსინს**“. ამ უნიკალურ ცხოველს გააჩნია ოთხი გული და თითოეული მათგანი მუშაობს თავის რიტმში და ემსახურება მხოლოდ განსაზღვრულ ორგანოს: ერთი - კუდს, მეორე - ღვიძლს, მესამე - კუნთებს დამეოთხე - თავს.

**მიკსინი** საინტერესოა იმითაც, რომ არა აქვსთვალები და ორიენტაციას ახდენს „რადარის“ მეშვეობით. მასისეთი ელასტიური ქედი აქვს, რომ შეუძლია შეიკრას კვანძად, ხოლო საშიშროებისას კი გამოყოფს ლორწოვანი მასის ისეთრაოდენობას, რომ წყალი მის გარშემო ჟელატინის მაგვარი ხდება, რომელშიც მისი მტერი ვერ აღწევს. ხანგრძლივი კვლევების შემდეგ შეძლეს გამოეყოთ პეპტიდი, რომელიც უზრუნველყოფს მიკსინის გულის პულსირებას. ამ პეპტიდს „**ეპტატეტრინი**“ უწოდეს. იგი ვერ აღმოაჩინეს ვერც ერთ სხვა ზღვის ცხოველში. კლინიკური გამოცდებისას დადგინდა **ეპტატეტრინის** უნარი გულის პულსაციის ნორმალიზებისა, სისხლის მიმოქცევის დარეგულირებისა, კუნთებში ბიოქიმიური პროცესების ნორმალიზებისა.

ამ პეპტიდის ქიმიური შემადგენლობა საბოლოოდ დადგენილი არაა და ამის გამო ეს ნივთიერება ითვლება ჯერჯერობით მხოლოდ პერსპექტიულად გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების მკურნალობის საქმეში.

ქიმიური, ბიოქიმიური და ფარმაკოლოგიური თვალსაზრისით ყველაზე მეტად შესწავლილია ზოგიერთი თევზების (მუცელნემსიანების ოჯახი -**Tetraodontidae**) **ბიოტოქსინები**. ცნობილია 40-მდე სახესხვაობა ამ თევზებისა.

1894 წელს იაპონელმა მეცნიერმა **იოშიზუმი ტოჰარამ** გამოყო თევზის - „ფუგუ“ შხამიდან **ტეტროდონინი** და **ტეტროდონინის** მჟავა, ხოლო 1910 წელს - **ტეტროდოტოქსინი** - შხამის მოქმედი საწყისი. 1950 წელს იაპონელმა მეცნიერებმა **აკირო იოკომ** და **კიოსუკე ტსუდემ** მიიღეს კრისტალური სახით სუფთა **ტეტროდოტოქსინი**.

სხვა თევზების შხამებისაგან განსხვავებით **ტეტროდოტოქსინი** არ მიეკუთვნება ცილოვან ნივთიერებებს; იგი წარმოადგენს ნაერთს **ამინო-პერჰიდროჰინაზოლინისა გუანიდინის** ჯგუფთან. 1972 წელს იაპონელი მეცნიერების მიერ ჩატარდა **ტეტროდოტოქსინის სინთეზი**, რომელმაც დაამტკიცა მისი სტრუქტურის შესახებ არსებული მოსაზრებები. სუფთა სახით იგი წარმოადგენს თეთრ, ამორფულ ფხვნილს ნეიტრალური რეაქციით, ადვილად ხსნადია წყალში, გლიცერინის წყალხსნარში და ფიზიოლოგიურ ხსნარში; თითქმის არ იშლება კუჭის წვენიტ და ნაღვლიტ. უძლებს (არ იშლება) ტემპერატურას + 40 °C-მდე, უკეთესად იტანს (არ იშლება) დაბალ ტემპერატურებს - 30 °C-მდე. იშლება მწვავე ტუტით, კონცენტრირებული მჟავებით, ქლორით, იოდით და მძიმე მეტალთა მარილებით.

ნერვულ ქსოვილზე **ტეტროდოტოქსინის** მოქმედების მექანიზმი გამოიხატება ნერვული იმპულსის გადაცემის შეწყვეტით, ბლოკირებას უკეთებს რა, ნერვული უჯრედების გარსის გავლიტ, **ნატრიუმის იონების** მოძრაობას, მაშინ როცა **კალიუმის იონები** ძველებურად გააღწევენ მასში. თავის სპეციფიურ მოქმედებას **ტეტროდოტოქსინი** ახორციელებს, მასში შემავალი, **გუანიდინის** ჯგუფის მეშვეობით, რომელსაც შეუძლია ნერვული დაბოლოების გარსის ფორების „ამოვსება“, რომლის საშუალებითაც უჯრედში უნდა აღწევდეს **ნატრიუმი**.

ნერვული დაბოლოებების ბლოკირების აქტიურობით **ტეტროდოტოქსინი** 160000-ჯერ სჭარბობს **კოკაინს**, ხოლო მომწამლავი მოქმედებით 10-ჯერ სჭარბობს შხამ **კურარეს**.

ნერვული იმპულსის გადაცემის შერჩევითი ბლოკირების უნარის წყალობით **ტეტროდოტოქსინს** შეუძლია გახდეს უნიკალური ტკივილგამაყუჩებელი საშუალება. იაპონიაში დღეს უკვე იყიდება ტეტროდოტოქსინი მცირე კონცენტრაციებით, როგორც ტკივილგამაყუჩებელი საშუალება. ამ პრეპარატზე, ჯერ კიდევ გაუწმენდავი სახით, 1913 წელს გაცემული იქნა აშშ-ს პატენტი, მაგრამ მისი გამოყენების შედეგები არ აღმოჩნდნენ დამაჯერებელნი, რადგან განსაზღვრულ ადგილებში შეყვანილი პრეპარატი არ ლოკალიზდებოდა და გადიოდა სხვა ქსოვილებში. შესაძლებელია ამ შხამის ფორმულა მომავალში გახდეს მოდელი ახალი მაღალეფექტური ანესტეზიური საშუალებებისათვის.



ყველაზე ეფექტური აღმოჩნდა **ტეტროდოტოქსინის** (1-3 მკგ/მლ.) ერთობლივი გამოყენება უკვე ცნობილ **ანესტეტიკებთან**. ეს საშუალებას იძლევა მნიშვნელოვნად გაძლიერდეს ტკივილგამაყუჩებელი მოქმედება (აშშ-ის პატენტი N 1970905). **ტეტროდოტოქსინის** ნერვული სიგნალების ბლოკირების უნარი გამოყენებულია ნერვული სისტემის მოქმედების პრინციპების შესასწავლად.

მეცნიერების მიერ აღმოჩენილი იქნა უმნიშვნელოვანესი ბიოლოგიური ეფექტი - თუ დააპირებენ, რომ ზოგიერთი სახის ზვიგენში გამოიწვიონ ონკოლოგიური დაავადების განვითარება, ეს მცდელობა წარუმატებლად დამთავრდება (New Scientist 1981, v. 90, N 1249, p. 836) - ასეთი თვისება შემჩნეული იქნა **ზვიგენ-უროსათვის**. თუ მას შევუშხაპუნებთ ავთვისებიან სიმსივნეს ან თუ მემკვიდრეობით აპარატში შევუყვანთ **კიბოს ვირუსს** - დაავადება არ განვითარდება. მოგვიანებით დადგინდა, რომ თევზის ქსოვილებიდან გამოყოფილი ნივთიერებები ამუხრუჭებენ ავთვისებიანი წარმონაქმნების განვითარებას, ზოგჯერ კი მთლიანად კურნავენ მათ.

**ზვიგენი - უროსაგან** გამოყოფილი ანტისიმსივნური ნივთიერებები განეკუთვნებიან **მაღალმოლეკულურ გლიკოპროტეინებს**, მათ უწოდეს **სფირნოსტანინები 1 და 2**. ისინი შედგებიან დიდი რაოდენობით **ამინომჟავური ნაშთებისაგან** (შესაბამისად 274 და 380).

**სიმსივნეების დამორგუნველი სფირნოსტანინების** მინიმალური დოზა შეადგენს 13 მგ/კგ. ასეთი ნივთიერებები აღმოჩენილნი იქნენ სხვა ზვიგენების განსაზღვრულ ქსოვილებში და ორგანოებში.

აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ზვიგენის ღვიძლისგან დამზადებულ კიბოს საწინააღმდეგო პრეპარატების შესწავლას ათწლეულების განმავლობაში და - გარდაცვალებამდე, აწარმოებდა ქართველი მეცნიერი **ალექსანდრე გაჩეჩილაძე**. ჯერ კიდევ 1965 წელს მან დაიცვა საკანდიდატო დისერტაცია, რომელიც მიძღვნილი იყო უჯრედის დაყოფის მართვის პოტენციალური შესაძლებლობებისადმი. 1968 წელს **ა. გაჩეჩილაძემ** დაამზადა **შავი ზღვის ზვიგენის - კატრანის**, ღვიძლისაგან პრეპარატი **კატრექსი**. ავტორის აზრით, შესაძლებელი იყო სიმსივნეების ზრდის ბლოკირება ნორმალური ქსოვილების დაზიანების გარეშე, **პროტეოლიტური ფერმენტების** დახმარებით, რითაც მდიდარია **კატრანის ღვიძლი**.

ჩატარებულმა კვლევებმა აჩვენეს, რომ პრეპარატის ზემოქმედებით საექსპერიმენტო ცხოველებში ხდება სიმსივნეების გაწოვა. **ა. გაჩეჩილაძემ** პრეპარატი თავის თავზე გამოსცადა - მან გაიკეთა კატრექსის 60 ინექცია. არავითარი გვერდითი მოვლენები შენიშნული არ იქნა. კატრექსი გადიოდა გამოცდას ყოფილი საბჭოთა კავშირის, ონკოლოგიური პროფილის რვა წამყვან სამეცნიერო-კვლევით დაწესებულებაში.

დადგენილია პრეპარატის გამოყენების კლინიკური პირობები, მისი ჩვენებები, თერაპევტული შესაძლებლობანი, სუსტი და ძლიერი მხარეები. კატრექსის საბოლოო ბედი ჯერ გადაწყვეტილი არაა, რაც დამახასიათებელია საექტაპო მნიშვნელობის სამეცნიერო გარღვევებისათვის. ქართველი მკვლევარის (სამწუხაროდ სიცოცხლეში აუღიარებელი) დაწყებული საქმე ელის ღირსეულ გამგრძელებელს.

თევზისაგან „პელამიდა“ გამოყოფილია ნივთიერება **6-ჰიდროქსიპურინ-5-მონონუკლეოტიდი**, რომელსაც გააჩნია გემოს ინტენსიფიცირების უნარი. ზუთხისებრთა ლიფსიტებისაგან გამოიძუშავებენ ანტიბიოტიკს „**ეკმოლინს**“, რომელიც ახანგრძლივებს – პროლონგირებას უკეთებს სხვა ანტიბიოტიკების მოქმედებას.

მცირე ზომის თევზი „**პარდაჰირუსი**“ გამოყოფს ტოქსინს, რომელიც შეიძლება გამოყენებული იქნას, როგორც **ზვიგენებთან ბრძოლის** ძალზე ეფექტური საშუალება. მოხვდება რა ზვიგენის პირში, ის (ტოქსინი) პარალიზებას უკეთებს საყლაპავ კუნთებს და ზვიგენი ილუპება.

ინგლისელმა ფარმაცოლოგებმა **გოლოტურიებიდან (ზღვის კიტრი)** გამოყვეს ნივთიერება **გოლოტურინი**. თავებზე ჩატარებულმა ცდებმა აჩვენა, რომ **გოლოტურინი** აჩერებს ავთვისებიანი სიმსივნის ზრდას. გარდა ამისა **გოლოტურიებიდან** მიიღეს საშუალება, რომელიც არეგულირებს გულის მუშაობას და აძლიერებს ცვლის პროცესებს. აშშ-ის N 3271255 პატენტში აღწერილია **გოლოტურიებისაგან** ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების მიღება.

**გოლოტურია** მიეკუთვნება კანნემსიანების ტიპს (გამოწლილი და მოხარშული სახით ისინი მიეწოდებიან ზოგიერთი ქვეყნების სავაჭრო ქსელს **ტრეპანგების** სახელწოდებით). ზღვის ამ ცხოველებს გააჩნიათ განსაკუთრებული ორგანო (**კიუვერის ორგანო**) - შხამის გამომყოფი ჯირკვალი, რომელიც დაკავშირებულია კლოაკასთან. საშიშროების შემთხვევაში **გოლოტურია** გამოაგდებს თავის შიგნეულობას ამ ორგანოსთან ერთად, რომელიც წყალში იბერება და გადაიქცევა გრძელ, წებოვან, თეთრ ძაფებად და ეკვრება მტრის სხეულს. **გოლოტურიის შხამი** სწრაფად ანადგურებს თავდამსხმელის სამოდრაო სისტემას, ხოლო გამოგდებული ნაწლავური არხი შედის სხეულის ღრუში და დროთა განმავლობაში მთლიანად აღდგება.

1952 წელს **რ. ნიგრელის** პირველმა ცდებმა აჩვენეს, რომ კიუვერის ორგანოთა ექსტრაქტი იწვევს ავთვისებიანი წარმონაქმნების რეგრესს ექსპერიმენტალურ ცხოველებში. **რ. ნიგრელმა** მე-20 საუკუნის 50-იანი წლების დასაწყისში ასევე დაადგინა, რომ **გოლოტურიებისაგან** მიღებული ექსტრაქტი (**Actinopyga agassizi**) 30 გრამის რაოდენობით 3000 ლიტრ წყალზე, 30 წუთში კლავს ამ წყალში მყოფ ყველა თევზს. **რ. ნიგრელიმ** ამ გამოყოფილ ნივთიერებას უწოდა „**გოლოტურინი**“, იგი აღმოჩენილია სხვა კანნემსიანების ქსოვილებშიც, კერძოდ ზღვის ვარსკვლავებში. დადგენილი იქნა, რომ იგი არის ძლიერი შხამი, რომელიც ბლოკირებას უკეთებს ნერვული იმპულსების გადაცემას და გააჩნია თვისება შეაჩეროს სიმსივნეთა განვითარება. **გოლოტურიების** შხამში აღმოჩენილი იქნენ **ფიზიოლოგიურად აქტიური გლიკოზიდები**, რომლებიც შედგებიან წყალში ხსნადი აგლიკონის (**გოლოტურინი A**) და წყალში უხსნადი აგლიკონისაგან (**გოლოტურინი B**) რომელსაც აქვს სტეროიდული სტრუქტურა.

**გოლოტურინი A** ამჟღავნებს გამოხატულ ნევროგენულ მოქმედებას. **გოლოტურინი** ითვლება ეფექტურ სამკურნალო საშუალებად კანის სოკოვანი დაავადებებისათვის. მას ახასიათებს მაღალი ანტისოკოვანი აქტივობა ტრიქომონადების და კანდიდების მიმართ

და არ იწვევს გვერდით მოვლენებს. ზღვის ვარსკვლავებისაგან ასევე შეიძლება დამზადდეს ანტისოკოვანი და ანტისიმსივნური პრეპარატები.

ცნობილია **წებოვანი ნივთიერებები**, რომელთაც გამოიმუშავებენ ზღვის ცხოველები და რომელნიც შეიძლება გამოყენებულ იქნან მედიცინასა და ტექნიკაში. დიდი ხანია დადგენილია, რომ **ზღვის ვარსკვლავები** ეწებებიან გემების ძირებს და წყალქვეშა ქვებს ისე მტკიცედ, რომ მოშორების მცდელობისას ააგლეჯენ მეტალის ფენასაც კი. მათი (წებოვანი ნივთიერებების) შეწებების სიმტკიცე ფოლადის სიმტკიცეზე ნაკლები არაა.

ქიმიური კვლევებით დადგინდა, რომ ეს წებო წარმოადგენს ამორფულ მეთილირებულ პოლისაქარიდს, შემდგარს ხუთი ექვსწევრიანი გლუკოზის რგოლისაგან შიდა ეპოქსიდური ჯგუფებით. ამ წებოს გამამაგრებელი არის წყალი. წებო არის თერმომდგრადი, მჟავა და ტუტემდეგი, არ რეაგირებს მრავალ გამხსნელზე.

ამერიკელმა ბიოლოგმა **ჯ. ჰ. უეტმა** ხუთწლიანი მუშაობის შედეგად 20 ათასი მოლუსკიდან გამოყო 3 მილიგრამი წებოვანი ნივთიერება და დაადგინა, რომ ეს წებო წარმოადგენს **პოლიფენოლურ ცილას**, რომელიც აგებულია გამეორებადი ბლოკებით - **დეკაპეპტიდებით**. მიღებულმა შედეგებმა დიდი დაინტერესება გამოიწვია სტომატოლოგებისა და ოფტალმოლოგების მხრიდან, რომელთაც ძალზე ჭირდებათ ისეთი წებო, რომელიც არ იცვლის თვისებებს წყლის არეში.

1967 წელს ნობელის პრემიის ლაურეატის **სენტ-დიერდის** ლაბორატორიიდან გავრცელდა ინფორმაცია, რომ მოლუსკებიდან გამოყოფილ ნივთიერებას გააჩნია მკვეთრად გამოხატული **ანტისიმსივნური აქტივობა**. მოლუსკიდან გამოყოფილი ნივთიერება „**Mercenarra merienaria**“ აღმოჩნდა ძალზე ეფექტური სარკომის წინააღმდეგ. ამ პრეპარატს უწოდეს „**მერცენინი**“.

რვაფეხათა ზოგიერთი წარმომადგენლის სანერწყვე ჯირკვლებიდან გამოყოფილი იქნა პეპტიდი - **ელედოზინი**, დადგინდა მისი სტრუქტურა და განხორციელდა სინთეზი. ეს ნივთიერება იწვევს სისხლძარღვების გაფართოებას და დაბლა სწევს წნევას, აძლიერებს კუჭნაწლავის ტრაქტის მოტორულ თვისებებს.

ბიოქიმიკოსების და ფარმაკოლოგების მიერ გაწეულმა კვლევებმა აჩვენა, რომ წყნარი ოკეანის კალმარის ნერვული კვანძებიდან (განგლიებიდან), რომელთაც მოიპოვებენ იაპონიის ზღვაში და კურილის კუნძულებთან, შეიძლება მიღებული იქნას **ფერმენტი ქოლინესტერაზა**, რომელიც მედიცინაში გამოიყენება, როგორც ეფექტური **ანტიშოკური საშუალება**. ამ **ქოლინესტერაზის** აქტივობა 10-ჯერ მაღალია ძროხის ან ძაღლის ტვინიდან მიღებული შესაბამისი ფერმენტის აქტივობაზე და გააჩნია გაცილებით უკეთესი თვისებები საწარმოო წესით მიღებულ პრეპარატთან შედარებით, რომელიც მზადდება ცხოველთა სისხლისაგან.

გარდა აღნიშნულისა, დადგენილია, რომ ახალზელანდიური კალმარის მხედველობითი განგლიებისაგან მიღებული **ქოლინესტერაზა** ორჯერ უფრო აქტიურია ვიდრე სხვა ანალოგები.

**ფერმენტი - ფოსფატაზა** შეიძლება მიღებული იქნას იაპონიისა და ბერინგის ზღვების კალმარების სასქესო ჯირკვლებიდან.

**მჟავე ფოსფატაზას** ჩვეულებრივ ღებულობენ ობის სოკოსაგან. იგი გამოიყენება ზოგიერთი ანთებითი პროცესების სამკურნალოდ. სამკურნალო მიზნით გამოიყენებიან ასევე სხვადასხვა მოლუსკები. ჩინურ სახალხო მედიცინაში გამოიყენება ახალი ლოკოკინების ექსტრაქტის 20%-იანი საცხი სწორი ნაწლავის გამოვარდნის შემთხვევაში. დადებითი ეფექტი, ჩვეულებრივ მიიღწევა 5-16 დღის განმავლობაში. ბულგარეთში რამოდენიმე წლის წინ შექმნეს პრეპარატი „მუკოსტაბილი“, რომლის საფუძველსაც წარმოადგენს „ბადის ლოკოკინას“ ლორწო. ეს საშუალება გამოიყენება კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულის მკურნალობისას.

მოლუსკისაგან „*Aplysia dactylomela*“ მიღებული პრეპარატი „დაკტილინი“ ამცირებს ღვიძლის იმ ფერმენტების აქტივობას, რომლებიც მონაწილეობენ წამლის დაშლის პროცესში. ამ თვისების გამო პრეპარატს შეუძლია გააგრძელოს ფარმაკოლოგიური საშუალებების მოქმედების დრო. ის ნაკლებად ტოქსიკურია, ვიდრე ფერმენტთა ყველა სხვა, სინთეზური, ბლოკატორი, რომლებიც მედიცინაში გამოიყენებიან.

დადგენილი იქნა, რომ ინდოეთის ოკეანის ზოგიერთი სახის მოლუსკის გამონაყოფი ადვილად კლავს ყველაზე მდგრად ვირუსებსაც კი. ზოგიერთ მოლუსკთა ხორცი ხელს უწყობს ადამიანის ორგანიზმიდან ტყვიის ნაერთების, ზოგიერთი ორგანული შხამის და რადიოაქტიური ელემენტების (კერძოდ სტრონციუმის) გამოყვანას.

შავ ზღვაში ბინადარი მედუზა რიზოსტომასაგან („*Rhizostoma pulmo*“) გამოყვეს პეპტიდი, რომელიც შედგება ექვსი ამინომჟავისაგან და ექსპერიმენტალურ ცხოველებში შეყვანისას იწვევს ხანგრძლივ დამბლასა და სიკვდილს, მას უწოდეს „რიზოსტომინი“.

აღსანიშნავია **ჯვრიანი მედუზა** („*Gonionemus vertens*“), იგი გავრცელებულია იაპონიის ზღვაში. მისგან დაზიანებულ ადამიანებს გარდა ადგილობრივი, მკვეთრად გამოხატული, რეაქციისა, ახასიათებთ რიგი ნერვო-ფსიქიური სიმპტომები:

- სიკვდილის შიში,
- მხიარულება,
- ტირილის სურვილი,
- დეპრესია,
- სიტუაციის აბსოლუტური განურჩევლობა და ავტომატური დაქვემდებარება.
- მედუზით დაზიანებულთ ძილის დროს აღენიშნებათ ჰალუცინაციები, სხეულის ნაწილების ზომების შეცვლის შეგრძნებები და უჩვეულო სიმძიმე.
- შხამის მოქმედება ჰგავს ნარკოტიკებისათვის დამახასიათებელ ცნობილ ეფექტს, მაგალითად, ყველაზე ცნობილი ჰალუცინოგენის, ლიზერგინის მჟავის N,N-დიეთილამიდის (LSD), მოქმედებას, რომელიც ბლოკირებას უკეთებს ტვინის ფუნქციის მნიშვნელოვან ფერმენტს - მონოამინოქსიდაზას.

მედუზა **გონიონემა** გამოიმუშავებს ნივთიერებას, რომელსაც გააჩნია ძლიერი ფსიქოტროპული<sup>274</sup> მოქმედება. საინტერესო ნივთიერება ცილოვანი სტრუქტურისა -

<sup>274</sup> ამ კატეგორიას მიეკუთვნება ნივთიერებები, რომლებიც გავლენას ახდენენ ადამიანის ფსიქიურ ფუნქციაზე. ისინი იყოფა ტრანკვილიზატორებად და ანტიფობიურ საშუალებებად, რომლებიც ხსნის

ეკვორინი აღმოაჩინეს წყნარი ოკეანის ჩრდილო-დასავლეთის ნაწილში ბინადარ მედუზათა ერთ-ერთსახეობაში. ამ ნაერთს (ეკვორინი) გააჩნია უნიკალური თვისება **ლუმინესცირებისაკალიციუმის და სტრონციუმის იონების თანაობისას**. ეს თვისება გამოიყენება უჯრედისა და სუბუჯრედული სტრუქტურების ფუნქციის შესასწავლად, ასევე ისეთი დაავადებების დიაგნოსტიკისას, რომლებიც დაკავშირებულია **კალიციუმის კონცენტრაციის ცვლილებასთან** - გულის უკმარისობის და სიმსივნური დაავადებისას.

მედიცინაში გამოყენება ჰპოვეს **ნაწლავდრუიანების ტიპის ზღვის უხერხემლო ცხოველებმა - მარჯნის პოლიპებმა**. ერთ-ერთი ამ მრავალრიცხოვანი კლასისა - **გორგონარია („Plexaura homomalla“)** გამოყოფს **პროსტაგლანდინების** მსგავს ნივთიერებას.

ეს **ბიოლოგიურად აქტიური** ნივთიერება ასრულებს უმნიშვნელოვანეს ფუნქციას ძუძუმწოვრებში. გამოიყენება მთელი რიგი დაავადებების სამკურნალოდ. ამ ნაერთის (**პროსტაგლანდინების** მსგავსი ნივთიერება) ქიმიური სინთეზი ძალზე რთულია, ამიტომ დიდი სამუშაოები ტარდება ზღვიდან ნედლეულის მოსაპოვებლად, ბუნებრივ **პროსტაგლანდინთა სინთეზირებისათვის**.

ნივთიერებას, რომელიც გამოყვეს **ჰავაის კუნძულებთან ბინადარი მარჯნებიდან („Palythoa toxica“)**, უწოდეს **პოლიტოქსინი**. დადგენილია, რომ მინიმალური სასიკვდილო დოზის (5,25 ნგ/კგ) 1/10 ნაწილი იწვევს **ერლიხის სიმსივნის მთლიან გაქრობას** ვირთხებში. ის ასევე გამოიყენეს გაუტკივარების საშუალებად ყბა-სახის ქირურგიაში, რაც იძლევა საშუალებას განუწყვეტელი ოპერაციული ჩარევისა რამოდენიმე საათის განმავლობაში.

**პოლიტოქსინი** წარმოადგენს ყველაზე ძლიერ **დეპოლარიზატორ ნივთიერებას**. გარდა აღნიშნულისა, ტოქსინი იწვევს სისხლძარღვების მკვეთრ შევიწროებას, რაც გამოიყენება ცხოველთა ზოგიერთი დაავადების ექსპერიმენტალური მოდელების შესაქმნელად. **კუნძულ თაიტის მარჯნებიდან** გამოყოფილი **პოლიტოქსინი** სტრუქტურით განსხვავდება **ჰავაის კუნძულების ცხოველთა ტოქსინისაგან**.

შეგვირდეთ კიდევ ერთ ქიმიურ ნაერთზე, რომელსაც დღეს აშშ-ში და იაპონიაში წელიწადში 8000 ტონამდე ლეზულობენ კიბოსმაგვარი ცხოველების გადამუშავების ნარჩენებისაგან. ეს არის **პოლიმერი ქიტინი**. ის შედის წყლის ცხოველების, მწერების საფარველის, სოკოებისა და საფურვრების უჯრედთა კედლების შემადგენლობაში. ქიტინი არის ცელულოზის ანალოგი, რომელშიც ერთი **ჰიდროქსილური ჯგუფი** შეცვლილია **აცეტამიდით**. **ქიტინი** გამოიყენება მედიცინასა და მრეწველობის სხვადასხვა დარგებში. აღმოჩნდა, რომ მას გააჩნია მძიმე ლითონთა იონების სორბირების უნარი. დადგენილი იქნა, რომ ზღვის წყალში მოხვედრილი ტყვიის უდიდესი ნაწილი სორბირდება ქიტინის

---

შემფოთების მდგომარეობას, დამაბულობას, ავადმყოფურ შიშს; **ანტიდეპრესანტები** გამოიყენება დაუსაბუთებელი ნაღველის მოსახსნელად; **დამაწყნარებელი პრეპარატები** გამოიყენება ავადმყოფური მხიარულების შესაკავებლად; **ფსიქოსტიმულატორები** ხასიათდებიან აღმზნები მოქმედებით და **ნიეიროლეპტიკები** – რომელთა მცირე დოზები ხსნიან შიშს (ე. ი. მოქმედებს როგორც ტრანკვილიზატორები), ხოლო დიდი დოზები დადებითად მოქმედებენ მძიმე ფსიქიური მდგომარეობისას (**ბოდვა, ჰალუცინაციები, აფექტური და პანიკური მდგომარეობა** და ა. შ.).

შემცველი კიბოსმაგვართა ჯავშნით და ქმნიან მასთან(ტყვიის იონთან) ხელატურ კომპლექსებს. **ქიტინი** გამოიყენება სამრეწველო ჩანარეცხების გასაწმენდად ვერცხლისწყლის და კადმიუმის ტოქსიკური მინარეცხებისაგან, ასევე იშვიათ მიწამეტალთა კონცენტრირებისათვის.

იტალიაში ერთ-ერთი ატომური რეაქტორის გაგრილების სისტემის უწყსრიგობათა ლიკვიდაციისას, **ქიტინი** გამოყენებული იქნა წყლიდან ცეზიუმის, ცირკონიუმის, ჰაფნიუმის და რუთენიუმის რადიაქტიური იზოტოპების გამოსაყოფად. დადგენილია, რომ ქიტინის ანალოგი - **ქიტოზანის სულფოწარმოებულები** ხელს უშლიან სისხლის კოაგულაციას და სისხლძარღვებში თრომბების წარმოქმნას.

ბელგიაში დაპატენტებულია საშუალება **ჭრილობების შეხორცებისათვის**, რომელიც შედგება წვრილად დაქუცმაცებული ქიტინისა და ანტისეპტიკებისაგან. კუბელმა ფარმაკოლოგებმა აღმოაჩინეს და წარმატებით გამოსცადეს ნივთიერება, რომელიც **აჩქარებს მძიმე დამწვრობის შეხორცებას**. პრეპარატს, რომელსაც ქვია „**კვიტინი**“, ღებულობენ ლანგუსტთა ჯავშნისაგან. ის სტიმულირებას უკეთებს კანის ქსოვილების რეგენერაციას და მკურნალობის მიღებული მეთოდებისაგან განსხვავებით **საშუალებას იძლევა კანის პიგმენტაციის მთლიანი ნორმალიზებისა**. ამ პრეპარატს იყენებენ საცხების სახით, იგი ასევე შეიძლება გამოყენებული იქნას აბების, ფხვნილის ან ემულსიის სახით. პრეპარატს არ გააჩნია გვერდითი მოვლენები.

**ქიტინის წარმოებულები** გამოიყენებიან სპეციალური ფირების მისაღებად, რომლებიც შეიცავენ სამკურნალო ნივთიერებებს. კერძოდ, იტალიაში ამზადებენ **პილოკარპინის შემცველ ფირს**, იგი გამოიყენება თვალის მკურნალობის პრაქტიკაში. თამბაქოსათვის ქიტინის დამატების შემთხვევაში, მცირდება ბოლში შხამიანი ნივთიერებების კონცენტრაცია, რაც (ქიტინის დამატება) არ აისახება თამბაქოს არომატზე.

მძლავრი **ქიტინოვანი** ჯავშანის მფლობელებმა - კიბორჩხალებმა კიდევ ერთი გამოყენება ჰპოვეს მედიცინაში. ცნობილია, რომ **კუდმახვილა-კიბორჩხალები** სისხლში მოხვედრილი საშიში ბაქტერიებისაგან თავს იცავენ დაავადების გამომწვევის ირგვლივ სისხლის კოლტის შექმნით, ეს წარმოიქმნება მას მერე, რაც ბაქტერიული ტოქსინები ააქტივებენ სპეციფიურ ფერმენტს კიბორჩხალას სისხლში, რომელიც შლის რა სისხლის სხვა კომპონენტს, იწვევს აღწერილ ეფექტს. ამ ფაქტის საფუძველზე შემუშავდა **ჰონორეის დიაგნოსტიკის ტესტი**. კიბორჩხალის სისხლის მშრალ ექსტრაქტს ურევენ გასასინჯი პაციენტის სათესლე სითხეს და თუ წარმოიშვება შესქელებები (კოლტები), ადამიანი დაავადებულია ამ მეთოდით დიაგნოზის სიზუსტე 95 %-ია<sup>275</sup>.

<sup>275</sup>SCIENCE DIGEST. 1983, v. 91, N 2.

## ამფიბიებისაგან მიღებული სამკურნალო საშუალებები

დღეისათვის, გომბეშოს შხამიდან გამოყოფილი ნივთიერებებიდან ყველაზე მეტად შესწავლილია ნაერთი **ბუფოტოქსინი**<sup>276</sup> - ბუფოგენინის სტეროიდის ეთერი **სუბერილარგინინის დიპეპტიდთან**. ისევე როგორც სხვა მრავალ ცხოველურ შხამში, გომბეშოს ტოქსინის შემადგენლობაში შედის **ფოსფოლიპაზა A**.

**გომბეშოთა შხამი** შეიცავს 5-7 %-მდე **ადრენალინს**. უნდა აღინიშნოს, რომ **ადამიანის თირკმელზედა ჯირკვალში ადრენალინის** კონცენტრაცია ოთხჯერ ნაკლებია. ამ ნაერთის მაღალი შემცველობით (რომელიც ავლენს სისხლძარღვთაშემვიწროებელის ფუნქციას) შეიძლება აიხსნას ჩინური პრეპარატის „ჩან-სუ“-ს გამოყენება გარეგან სისხლდენაშემაჩერებელ საშუალებად. სხვადასხვა სახის გომბეშოთა შხამს აქვს განსაზღვრული რაოდენობრივი რხევები, ხოლო გამოყოფილი **ბუფოტოქსინები**, როგორც წესი, განსხვავდებიან ერთმანეთისაგან მოლეკულის სტეროიდული ნაწილის რადიკალებით.

ისევე, როგორც სხვა **სტეროიდები**, გომბეშოს შხამი ორგანიზმში სინთეზირდება **ქოლესტერინისაგან**. გომბეშოთა შხამისაგან მზადდება საანესთეზიო და კარდიოტროპული მოქმედების პრეპარატები, არის მონაცემები მისი გამოყენებისა სხივური დაზიანების ექსპერიმენტალურ თერაპიაში, გომბეშოს შხამისაგან დამზადებული პრეპარატები ახდენენ მძლავრ მასტიმულირებელ ეფექტს სისხლწარმომქმნელ სისტემაზე, რომელიც გამოიხატება **ლეიკოციტებისა და თრომბოციტების გამომუშავების გაძლიერებით** ასევე **ლეიკოციტთა ფაგოციტარული აქტივობის გაზრდაში**. მნიშვნელოვანია გომბეშოს შხამის უნარი თავიდან აგვაცილოს დასხივების შემდგომი სისხლძარღვთა დაზიანებები და სისხლჩაქცევები.

თანამედროვე კვლევების შედეგად, გომბეშოთა შხამიდან გამოყვეს **ინდოლის წარმოებულები - ბუფოტენინი და ბუფოტენიდინი**. **ბუფოტენინის** დანიშვნა დიდი დოზებით იწვევს ფსიქოზების განვითარებას, რაც ჰგავს ცნობილი **ჰალუცინოგენის - ლიზერგინის მჟავის დიეთილამიდის (LSD)** მიღების შემდგომ განვითარებულ კლინიკურ სურათს. **ბუფოტენინი მცირე დოზებით ახდენს მატონიზირებელ ზემოქმედებას**.

დიდი რაოდენობა ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებისა აღმოჩენილი იქნა სხვადასხვა სახის ბაყაყებში, რომელთა კანიდანაც გამოყვეს სხვადასხვა ქიმიური სტრუქტურის ნივთიერებები. **ბიოგენური ამინების** შემცველობა ბაყაყებში აღწევს 100 მგ. ერთ გრამ კანზე (ყველაზე ტიპიური წარმომადგენლები არიან - **სეროტონინი** და მისი **N-მეთილური დერივატები**). პეპტიდთა ძირითადი ჯგუფებია - **ბრადიკინინები, ტაქიკინინები და ოპიოიდური პეპტიდები**. პირველი ორი იწვევს სისხლძარღვთა გაფართოებას და არტერიული წნევის დაწევას.

დღეისათვის სხვადასხვა ბაყაყებისაგან გამოყოფილი **პეპტიდებიდან** ყველაზე მეტად შესწავლილია - **ფიზალანინი, უპეროლეინი, ცერულეინი, ზომბეზინი**. ბაყაყის

<sup>276</sup>მ. მაცაბერიძე. ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით. სტუ, 2009; გვ. 48-49.

კანიდან გამოყოფილი ჰეპტიდი ცერულინი გამოიყენება ფსიქიატრიაში ზოგიერთი ფსიქიური დაავადების სამკურნალოდ<sup>277</sup>. გარდა აღნიშნულისა ცერულინი დაბლა წევს არტერიულ წნევას, კუმშავს ნაღვლის ბუშტს, ახდენს კუჭის წვენის გამოყოფის სტიმულაცირებას. ჰეპტიდი ბომბეზინი ახდენს გამოხატულ ეფექტს ნაღვლის სეკრეციაზე. საინტერესოა, რომ ბომბეზინი ასევე აღმოაჩინეს ძუძუმწოვრების ტვინში, სადაც ის არეგულირებს საკვების მონელების ტრაქტის ფუნქციონალურ აქტივობას.

განსაკუთრებული ინტერესის ობიექტს წარმოადგენენ ოპიოიდური პეპტიდები - დერმორფინები, რომლებიც გამოყვეს ერთერთი სახეობის ბაყაყის კანიდან და გააჩნია გაუტკივარების აქტივობა, რითაც 11-ჯერ სჭარბობს მორფინს.

დერმორფინები ბიოლოგიური ეფექტით სჭარბობენ ადამიანისა და ცხოველების ენდოგენურ ოპიოიდის მსგავს პეპტიდებს - ლეი და მეტ-ენკეფალინებს. ცნობილია, რომ ცილების შემადგენელი ამინომჟავები წარმოდგენილი არიან მარცხნივ მბრუნავი იზომერებით.

დერმორფინის უნიკალური თავისებურება ისაა, რომ მის პოლიპეპტიდურ ჯაჭვში აღმოჩნდა ამინომჟავა ალანინის, მარჯვნივ მბრუნავი იზომერი. ასეთი მოვლენა ბუნებაში შეინიშნება ძალზე იშვიათად.

საყურადღებოა, რომ მარჯვნივ მბრუნავი იზომერის მარცხნივ მბრუნავზე შეცვლა იწვევს აქტივობის დაკარგვას.

ერთ-ერთი სახის ბაყაყის კანიდან გამოყოფილია სპიროპიპერიდინული ალკალოიდი- ჰისტრიონიკოტოქსინი, რომელიც მოქმედებს ჩონჩხის კუნთების ნერვო-კუნთოვანი იმპულსების გადაცემაზე, ბლოკირებას უკეთებს რა აცეტილჰოლინის მოქმედებას კუნთების ჰოლინორეცეპტორებზე, ასევე იგი ბლოკირებას უკეთებს სუბსინაპტური მემბრანის იონურ არხებს, რომლებიც ალოსტერიულად<sup>278</sup> არიან დაკავშირებულნი ამ რეცეპტორებთან.

სხვა ალკალოიდი-გეფიროტოქსინი ბლოკირებას უკეთებს გლუვი მუსკულატურის M-ჰოლინორეცეპტორებს, ხოლო ალკალოიდები პუმილიოტოქსინები A, B და C აადვილებენ კალციუმის იონების გავლას უჯრედების მემბრანებში და აძლიერებენ აღზნებისა და კუნთების შეკუმშვის პროცესების შეუღლებას, მედიატორთა სეკრეციას. ისინი იწვევენ ჩონჩხისა და სასუნთქი მუსკულატორის ცახცახის განვითარებას და სიკვდილს.

ბაყაყის კანიდანაა გამოყოფილი ნივთიერება ცეტევიტოქსინი, რომელსაც გააჩნია უნარი არტერიული წნევის დაწევისა- ეს ეფექტი არაა დაკავშირებული ნერვულ განგლიებზე ზემოქმედებასთან.

კოლუმბიაში ბინადარი ბაყაყის“კოკოს”კანიდან გამოყვეს ყველაზე ძლიერი არაცილოვანი ტოქსინი-ბატრაჰოტოქსინი. შესაძლებელი გახდა გამოეყოთ ტოქსინის მოქმედი საწყისის ოთხი ძირითადი კომპონენტი: ბატრაჰოტოქსინი, ჰომობატრაჰოტოქსინი, პსევდობატრაჰოტოქსინი და ბატრაჰოტოქსინი A. მათ შორის

<sup>277</sup>აშშ-ის პატენტი N 4552865.

<sup>278</sup>ალოსტერიული რეგულატორიცივლის ცილის კონფორმაციას.



ყველაზე მდგრადია - **ბატრაპოტოქსინი A**. ის მიიღეს კრისტალური სახით და გაშიფრეს მისი სტრუქტურა. შემდგომ დადგენილი იქნა **ბატრაპოტოქსინის** სტრუქტურა. ამ შხამს აქვს სტეროიდული სტრუქტურა რამოდენიმე ჩამნაცვლებლით და წარმოადგენს **ბატრაპოტოქსინ A-სა და 2,4 – დიმეთილპიროლ-3-კარბონმჟავის ეთერს**. **ბატრაპოტოქსინი** - ყველაზე ტოქსიკური შხამია სტეროიდულ ალკალოიდებს შორის.

**ბატრაპოტოქსინი**, ხანგრძლივი ზემოქმედებისას ახდენს ძლიერ კარდიოტოქსიკურ მოქმედებას, გულის რიტმის დარღვევით, მიოკარდის ფიბრილაციით და ლეტალური შედეგით. ეს შხამი ახდენს ძლიერ **ნეიროტროპულ** მოქმედებას. მას გააჩნია უნარი გამოიწვიოს კუნთის მემბრანის დეპოლარიზაცია, ნატრიუმის იონების შეღწევადობის ხარჯზე. დღეისათვის **ბატრაპოტოქსინის** დახმარებით მიმდინარეობს უჯრედის ალგუნებადი მემბრანების ნატრიუმის არხების ფუნქციის შესწავლა. ბუნებაში **ბატრაპოტოქსინი** (გარდა **კოკოისა**) აღმოაჩნდა კიდევ ოთხი სახის ბაყაყს: **PHYLLOBATES-**ის გვარიდან. შხამის მაღალი ტოქსიკურობა აძნელებს მის სამკურნალოდ გამოყენებას, ეფექტური ანტიდოტი ნაპოვნი არაა, გარდა **ტეტრადოტოქსინისა** (თევზ ფუგუს შხამი), რომელიც არის **ბატრაპოტოქსინის ანტაგონისტი** და ასევე ხასიათდება მაღალი ტოქსიკურობით.

კუდიანი ამფიბიებიდან, სამედიცინო პრაქტიკისათვის ინტერესს წარმოადგენს სალამანდრათა კანის სეკრეტი, რომელიც შეიცავს მთელ რიგ ალკალოიდის მსგავს ნივთიერებებს: **სამანდარინს, სამანდარონს, 0-აცეტილ-სამანდარინს, სამანდარიდინს** და სხვა. მათ გააჩნიათ გამოხატული **ანტიმიკრობული აქტივობა**<sup>279</sup>.

### **ქვეწარმავლებისაგან მიღებული სამკურნალო პრეპარატები**

უძველესი დროიდან გველის სიმბოლო დაკავშირებული იყო მკურნალობის ინსტიტუტთან - ძველი ბერძნული მითოლოგიის თანახმად, აპოლონის ვაჟის, ყველა დაავადების მკურნალ ასკლეპის (რომაელები მას ესკულაპს ეძახდნენ) კვერთხზე ასულ გველთანაა დაკავშირებული დღევანდელი სამედიცინო სიმბოლიკა.

საქართველოში უძველესი დროიდანაა ცნობილი გველებისაგან მიღებული ნივთიერებების სამკურნალო მიზნით გამოყენება. საქართველოში რევმატიზმებისა და სახსრების ტეხვის სამკურნალოდ იყენებდნენ გველის ცხიმს (გარეგანი საცხის სახით), რომელსაც ღებულობდნენ ცოცხალი გველების შეწვით.

შემთხვევითობას არ წარმოადგენს გენიალური ვაჟა-ფშაველას პოემა „**გველისმჭამელი**“-ს ცნობილი ფაბულის შესაბამისი ფორმით აგება.

დღეისათვის დადგენილია, რომ ზოგიერთი ცხოველის სისხლის შრავი შეიცავს ფაქტორებს, რომლებიც ინაქტივირებენ ცხოველურ შხამებს. ამ ცხოველების სისხლიდან გამოყოფილი ბუნებრივი ანტიდოტები არ მიეკუთვნებიან იმუნოგლობულინებს და

<sup>279</sup> მ. მაცაბერიძე. ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით. სტუ, 2009; გვ. 52-53.

შხამის ნეიტრალიზაცია არ არის იმუნური რეაქცია. ბუნებრივი ანტიდოტები ცილოვანი ბუნებისა არიან და ფიზიკო-ქიმიური თვისებებით მიეკუთვნებიან ალბუმინებს.

გველის შხამის გაუვნებელყოფის უნარით პირველ ადგილზეა თავად ამ გველისგან დამზადებული შრატი და შემდგომ კი სხვა, განსაზღვრული ცხოველებისაგან მიღებული ანტიდოტი.

გველის შხამში შემავალი ტოქსიკური ნივთიერებები სისტემატიზირდებიან ოთხ ძირითად ჯგუფად:

1. ნერვულ სისტემაზე გავლენის მომხდენი საერთო მოქმედების;
2. სისხლძარღვების დაზიანებისა და სისხლჩაქცევების გამომწვევი;
3. ერთროციტების დამშლელი (ჰემოლიზინები);
4. სისხლის შედედების უნარის შემცველი (კოაგულანტები და ანტიკოაგულანტები).

ამა თუ იმ ტიპის სპეციფიური კომპონენტების გამოკვეთა განპირობებულია გველის ტიპით. გველგესლათა კბენისას სჭარბობენ ადგილობრივი ჰემორაგიული მოვლენები, ხოლო კობრის შხამი აზიანებს ძირითადად ნერვულ სისტემას.

როგორც ცნობილია, შხამიანი გველის ნაკბენის მკურნალობის ყველაზე ეფექტური საშუალებაა ანტიშრატი მისი შხამის მიმართ. მაგრამ ერთ-ერთი მთავარი პრობლემაა განისაზღვროს, რომელმა გველმა უკბინა მსხვერპლს და რომელი შრატი უნდა იქნეს გამოყენებული.

1987 წელს ბრაზილიაში გაიმართა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია, რომლის მიზანიც იყო კვლევათა კოორდინაცია „სუპერშრატის“ შესაქმნელად, გველების მთელი ჯგუფის შხამების წინააღმდეგ.

გველების შხამები წარმოადგენენ ცილოვანი და პეპტიდური ბუნების, ფიზიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების კომპლექსებს. დადგენილი იქნა, რომ გველის შხამის ხანმოკლე გაცხელება შლის ნივთიერებებს, რომლებიც იწვევენ ჰემოლიზს და სისხლჩაქცევებს, მაგრამ შხამი ინარჩუნებს ნეიროტოქსინებს, რომლებსაც მოქმედების მექანიზმის მიხედვით ყოფენ სამ ჯგუფად:

**პირველ ჯგუფს** მიეკუთვნება პეპტიდები, რომლებიც ბლოკირებას უკეთებენ ჩონჩხის კუნთების სუბსინაპტიკური მემბრანების ნიკოტინ მგრძნობიარე ქოლინორეცეპტორებს და ტვინის ზოგიერთ ცენტრს.

ქიმიური შედგენილობით (ზემოთნახსენები პეპტიდები) არიან ორი ტიპის:

**პირველი** შედგება 60-62, ხოლო **მეორე** 71-74 ამინომჟავური ნარჩენებისაგან, ორივე შეიცავს გოგირდს (დისულფიდური კავშირები) და აქვთ მოლეკულური მასა შესაბამისად 7000 და 8000.

დადგენილი იქნა დისულფიდური კავშირების განსაკუთრებული მნიშვნელობა შხამის ტოქსიკური აქტივობისათვის. ამ კავშირების აღდგენა იწვევს შხამის აქტივობის დაკარგვას, ხოლო შემდგომი დაჟანგვა უბრუნებს, შხამს, დაკარგულ თვისებებს.

შესაძლებელია ამ ტოქსინებს გააჩნიათ აქტიური უბნები, მსგავსნი, აცეტილქოლინის მეოთხეული ამონიუმის და კარბონილური ჯგუფებისა, რადგანაც მათი (შხამების) მოქმედების წერტილია ქოლინორეცეპტორი.

**მეორე ჯგუფში** შედიან ტოქსინები, რომლებიც მოქმედებენ პრესინაპტიკურ ნერვულ დაბოლოებებზე და არღვევენ მედიატორის გამოთავისუფლების პროცესს. მათ (ტოქსინებს) გააჩნიათ უფრო მაღალი მოლეკულური მასა და ავლენენ ფოსოფოლიპაზურ აქტივობას.

**მესამე ჯგუფს** მიეკუთვნება უჯრედის მემბრანაზე მოქმედი პოლიპეპტიდები (მემბრანოაქტიური პოლიპეპტიდები) რომლებიც იწვევენ მათ (მემბრანების) დეპოლიმერიზაციას. მათ გააჩნიათ მოლეკულური მასა 6000-7000 და ძალზე ახლოს დგანან აგებულებით **პირველი ჯგუფის** ნივთიერებებთან, მაგრამ ავლენენ მათგან განსხვავებულ ფარმაკოლოგიურ თვისებებს. მათი მოლეკულები ხასიათდებიან **ლიზინის ამინომჟავის** უფრო მაღალი შემცველობით და ჰიდროფობური ამინომჟავური მონაკვეთების სიჭარბით მოლეკულის ბოლო ნაწილში.

გარდა ზემოთაღნიშნულისა, გველების შხამიდან გამოყოფილია ნივთიერებები, რომლებიც იწვევენ ქსოვილებიდან **ჰისტამინის** გამოთავისუფლებას, ასევე გამოყვეს **დაბალმოლეკულური პოლიპეპტიდი**, რომელიც ახდენს უშუალო ტოქსიკურ ზემოქმედებას გულზე - **კარდიოტოქსინი**.

ჰემოლიტური ეფექტი მჟღავნდება **ჰემოლიზინის** პირდაპირი მოქმედებით მემბრანების ლიპიდებზე, სადაც ფოსფორის მოგლეჯის შემდეგ ორი არაპოლარული ჯაჭვისაგან წარმოიქმნება ერთი ჯაჭვი ან ლიპიდი - **ლიზოლეციტინი** და იგი შლის უჯრედთა მემბრანებს.

გველების შხამიდან გამოყოფილია ნივთიერებები, რომლებიც ახდენენ, **თრომბოპლასტინომსგავს და თრომბინომსგავს, მაკოაგულირებელ მოქმედებებს**. გველების ტოქსინების უნარი დაადაბლოს სისხლის შედედების უნარიანობა განპირობებულია **ანტითრომბოპლასტინით**, რომელიც არღვევს ქსოვილთა თრომბოპლასტინს და ამცირებს მისი წარმოშობის საშუალებას. გარდა აღნიშნულისა, შეინიშნება სისხლის ფიბრინოლიტური აქტივობის ამაღლება. გველების შხამები შეიცავენ ასევე **ფერმენტებს (ჰიდროლაზები და ფოსფოლიპაზა A)**, რომლებიც ზრდის ტოქსიკური კომპონენტების პოტენციას.

აღმოჩნდა, რომ ჯანმრთელი ადამიანისათვის სასიკვდილო პორცია ჩხრიალა გველის შხამისა, უვნებლად გადაიტანება კეთრით დაავადებული ადამიანის მიერ. იყო მცდელობები კეთრის მკურნალობისა ამ შხამით და ზოგიერთ შემთხვევაში შეინიშნებოდა სასურველი ეფექტი.

უნდა აღინიშნოს, რომ ჰომეოპათიაში გველის შხამები გამოიყენებიან უკვე ას წელზე მეტია. გველების შხამების თვისებათა შესწავლამ შესაძლებელი გახადა მათი გამოყენება სამკურნალო და დიაგნოსტიკური მიზნებით.

ცნობილია, რომ კობრატოქსინის დამატება ადამიანის სისხლში იწვევს ერთროციტების ჰემოლიზს. აღმოჩნდა, რომ თუ ასეთ სისხლს დაუმატებენ, ეპილეფსიით, მანიაკალურ-დეპრესიული ფსიქოზით და დემენციით დაავადებულთა სისხლის შრატს, ჰემოლიზი არ მიმდინარეობს. ეს რეაქცია არ არის მკაცრად სპეციფიური, მაგრამ დიდ მასალაზე შემოწმებისას დამკტიცებელი იქნა, რომ უფრო ხშირად იგი ვლინდება ფსიქოზების დროს და პლაცენტის სისხლთან.

ავთვისებიანი სიმსივნეების სამკურნალოდ კობრას სუფთა შხამი ერთ-ერთმა პირველმა გამოიყენა ფრანგმა მიკრობიოლოგმა ა. კალმეტმა ასი წლის წინ. შემდგომში დადგენილი იქნა, რომ კობრატოქსინი არ ავლენს სპეციფიურ ანტისიმსივნურ მოქმედებას ხოლო მისი ეფექტი განპირობებულია ორგანიზმზე ტკივილგამაყუჩებელი და მასტიმულირებელი მოქმედებით.

კობრას შხამს შეუძლია შეცვალოს პრეპარატი მორფინი. მისი მოქმედება უფრო ხანგრძლივია და არ იწვევს პრეპარატთან შეჩვევას. კობრატოქსინი წამოდულების გზით, ჰემორაგიებისაგან განთავისუფლების შემდეგ, წარმატებით იქნა გამოყენებული ბრონქიალური ასთმის, ეპილეფსიისა და ნევროტული დაავადებების მკურნალობისას.

დადებითი ეფექტი იქნა მიღებული, იგივე დაავადებებისას, ავადმყოფთათვის ჩხრიალა გველის შხამის (კროტოქსინი) დანიშვნისას. რუსეთის ბებტერევის სახელობის ფსიქონევროლოგიური სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტის (სანკტ-პეტერბურგი) თანამშრომლებმა დაადგინეს, რომ ეპილეფსიის მკურნალობისას გველის შხამები აღზნების უბნების ჩახშობის უნარით დგანან ერთ-ერთ პირველ ადგილზე ცნობილ ფარმაკოლოგიურ პრეპარატებს შორის.

გველების შხამები გამოიყენებოდა, როგორც სისხლდენის საწინააღმდეგო საშუალება. ჰემოფილიის მკურნალობისას ინიშნებოდა გიურზას შხამისგან მიღებული პრეპარატი „ლებეტოქსი“ (ყოფილი სსრკ). გველების ტოქსინების მაკოაგულირებელი თვისება გამოყენებული იყო დიაგნოსტიკის მიზნით, სისხლის შედედების სისტემის დარღვევათა აღსაქმელად. ისეთი პრეპარატები, როგორებიცაა „ვიპრაქსინი“, „ეპილარკტინი“ ფლობენ არასპეციფიური იმუნოლოგიური რეაქტივობის სტიმულირების უნარს, რაც გამოიხატება სისხლის შრატში კომპლემენტის და ლიზოციმის დონის ამაღლებით, ლიმფოციტური ქსოვილების ფუნქციონალური აქტივობის გაზრდით.

ფარმაცევტულ მრეწველობაში გველების შხამისაგან ამზადებდნენ და ამზადებენ სხვადასხვა სამკურნალო პრეპარატებს. მივუთითებთ ზოგიერთ მათგანს, რომელთაც მოიპოვეს პოპულარობა. ნევრალგიის, არტალგიის, პოლიართრიტების, მოიზიტების დროს ნიშნავენ შხამის შემდეგ ინექციურ ფორმებს: „ვიპრაქსინი“ -0,06 % წყალხსნარი ჩვეულებრივი გველგესლას მშრალი შხამისა შეყავთ ზემოთ ჩამოთვლილი დაავადებებისას. გარდა აღნიშნულისა, ტარტუს უნივერსიტეტის ფარმაკოლოგიის კათედრაზე დადგენილი იქნა, რომ მისი რეკომენდირება შეიძლება ჰემორაგიული დიათეზების და სისხლდენის შეჩერებისათვის;

„ვიპერალგინი“ (მწარმოებელი ყოფილი ჩეხოსლოვაკია) - მზადდება ქვიშნარის გველგესლას შხამისაგან, შეიცავს დიდი რაოდენობით ნეიროტოქსინს და

რეკომენდირებულია როგორც ტკივილგამაყუჩებელი საშუალება, გამოდის მშრალი სახით და ამჟღავნებს;

**„კობროტოქსინი“** - დამზადებულია ტაშკენტის ქიმიურ-ფარმაცევტულ ქარხანაში, რეკომენდირებულია, მუსკულატურის სპაზმებით მიმდინარე ცენტრალური ნერვული სისტემის დაავადებების და სისხლძარღვთა სპაზმების დროს. გააჩნია გამოკვეთილი, ციებ-ცხელების საწინააღმდეგო მოქმედება, რის გამოც რეკომენდირებულია ეპილექსიის დროს;

**„ეპილარკტინი (ეპილექტოზიდი)“** - მზადდებოდა ყოფილ გერმანიის დემოკრატიულ რესპუბლიკაში ჩხრიალა გველის შხამისაგან, აქვს ჩვენება ავადმყოფებისათვის, რომლებთანაც შეკავების პროცესები ჭარბობენ ალგუნების პროცესებს, დადებითად ხასიათდება შაკიკის, იშხის და რადიკულიტის მკურნალობისას.

გველების შხამების საფუძველზე შექმნილია მალამოები გარეგანი მოხმარებისათვის: **„ვიპრატოქსი“** (ადრე იწოდებოდა „ვიპრაკუტან“-ად) - მზადდებოდა ყოფილ გდრ-ში სხვადასხვა გველების შხამისაგან, კანის საცხის შემადგენლობაში ასევე შედის მეთილსალიცილატი (6 წილი) და ქაფური (3 წილი). ერთი გველგესლასაგან შეიძლება მიღებული იქნას შხამის პორცია, რომელიც საკმარისია 250 დოზა ვიპრაქსინის ან ვიპრატოქსის დამზადებისათვის;

„ვიპრასალ“-ი - შეიცავს გიურზას შხამს, ქაფურს, სალიცილმჟავას, სოჭის ზეთს, ვაზელინს, გლიცერინს, პარაფინს. პრეპარატს აწარმოებდა ტალინის ქიმიურ-ფარმაცევტული ქარხანა. გიურზას შხამისაგან მზადდება სხვა პრეპარატიც - **„ვიპლატოქსი“** და ქვიშნარის გველგესლას შხამისაგან **„ვიპრაზილი“** (ყოფილი გდრ).

უნდა აღინიშნოს, რომ გველების შხამების გამოყენება(ნებისმიერი სახით) იწვევს მთელ რიგ გვერდით მოვლენებს (ისევე როგორც სხვა პრეპარატები). მკურნალობა უნდა მიმდინარეობდეს მხოლოდ და მხოლოდ ექიმის კონტროლის ქვეშ.

ბოლო ათწლეულებში გველების შხამიდან მიღებული იქნა გაწმენდილი კომპონენტები მოქმედების ფართო სპექტრით. ამ შხამების საშუალებით შესაძლებელი გახდა მთელი რიგი ფიზიოლოგიური პროცესების შესწავლა. სპეციფიური ფერმენტი - ამინომჟავათა ესტერაზა - ზოგიერთი გველების შხამიდან გამოყოფილი და „არვინ“-ად წოდებული გამოიყენება ანტიჰემოფილიური ფაქტორის განეიტრალებისათვის.

გველების შხამის საშუალებით აღმოჩენილი იქნა **„ბრადიკინინი“**, ხოლო ტოქსინიდან გამოყოფილმა **პიროფოსფაზამ (NADაზა)** ხელი შეუწყო, მნიშვნელოვანი ბიოქიმიური ფაქტორის, **დინუკლეოტიდის ნიკოტინამიდის** სტრუქტურის გაშიფვრას.

**ფოფსოლიპაზა A-ს** უნარი, სპეციფიურად მოგლიჯოს უჯრედის მემბრანის ლიპიდის მხოლოდ განსაზღვრული ნაწილი, გამოყენებული იქნა ბიოქიმიკოსებისა და ბიოფიზიკოსების მიერ, უჯრედის ზედაპირის ფუნქციონალური თავისებურებების შესწავლისათვის და მემბრანაში ნივთიერებათა ტრანსპორტირების მექანიზმის შესწავლა-დადგენისათვის.

ყოფილ საბჭოთა კავშირში წარმოებდა გველის შხამისაგან ფერმენტების - 5-ნუკლეოტიდაზას და ფოსფოდიესტერაზას სამრეწველო მიღება. ინდური კობრასაგან გამოყოფილია ცილოვანი ბუნების ციტოტოქსინი, რომელსაც შეუძლია დაშალოს „იაშიდის სარკომის“ უჯრედები. დადგენილი იქნა, რომ ეს ეფექტი ხორციელდება ფოსფოლიპიდებთან (ფოსფოტიდილეთანოლამინთან და ფოსფატიდილსერინთან) კონკურენციით უჯრედის ზედაპირის რეცეპტორებისათვის.

**კომპლემენტის სისტემის<sup>280</sup>** ზოგიერთი კომპონენტის და ბმის უნარის მქონე, შხამის ცილოვანმა ფრაქციამ საშუალება მისცა იმუნოლოგებს გაეშიფრათ ზოგიერთ დაავადებათა მექანიზმები. კობრას შხამის შეყვანის გამო, კომპლემენტის **C3-კომპონენტის** დაწვეით გამოწვეული გადანერგილი თირკმლის (ღორიდან ძალღზე) შეთავსების დრო მნიშვნელოვნად გაიზარდა.

გამოყენებაშია გველების ნეიროტოქსინების უნარი, აცეტილქოლინურ რეცეპტორებთან, დაკავშირებისა. თუ მივუერთებთ შხამის მოლეკულას **რადიაქტიურ იოდს** ისე, რომ მისი თვისებები არ შეიცვალოს, მისი (შხამის) შეყვანით ცხოველის ორგანიზმში, შესაძლებელია **ქოლინორეცეპტორების** აგებულების თავისებურებების და ფუნქციონირების პროცესების შესწავლა.

**ნეიროტოქსინით** დამუშავებული სპეციფიკური ნივთიერებით (**სეფაროზა**) შევსებულ სვეტში უჯრედის მემბრანის კომპონენტების გატარებისას, მკვლევარებმა შეძლეს გამოეყოთ **აცეტილქოლინური რეცეპტორები**.

გველების შხამები და მათგან გამოყოფილი კომპონენტები მტკიცედ დამკვიდრდნენ **პრაქტიკულ და ექსპერიმენტალურ მედიცინაში**, მათი თვისებების შესწავლა გრძელდება, ხოლო გამოყენების საზღვრები კი განუწყვეტლივ ფართოვდება.

---

<sup>280</sup>**კომპლემენტის სისტემა** არის იმუნური სისტემის ნაწილი, რომელიც ეხმარება ან აკომპლექტებს და ავსებს ანტისხეულებისა და ფაგოციტური უჯრედების უნარს გაწმინდონ ან გაასუფთავონ პათოგენები-საგან ორგანიზმი. **კომპლემენტის სისტემა** ნაწილია **თანდაყოლილი იმუნური სისტემისა**, რომელიც არ არის შეგუებადი და **სისტემური პათოლოგიებით გამოწვეული მიზეზების გარეშე** არ იცვლება ინდივიდის მთელი ცხოვრების განმავლობაში.

## მსოფლიო ანტი-დოპინგური კოდექსი აკრძალული სიის საერთაშორისო სტანდარტი<sup>281</sup> (2021)

აკრძალული სია<sup>282</sup> არის სავალდებულო საერთაშორისო სტანდარტი, როგორც მსოფლიო ანტიდოპინგური პროგრამის ნაწილი. სია ყოველწლიურად ახლდება WADA<sup>283</sup>-ს მიერ ჩატარებული ფართო კონსულტაციის შემდეგ. სიის ამოქმედების თარიღია 2021 წლის 01 იანვარი.

აკრძალული სიის ჩამონათვალის ოფიციალურ ტექსტს აწარმოებს WADA და ქვეყნდება ინგლისურ და ფრანგულ ენებზე. ინგლისურ და ფრანგულ ვერსიებს შორის რაიმე უზუსტობის შემთხვევაში, უპირატესობა ენიჭება ინგლისურ ვერსიას. ქვემოთ მოცემულია აკრძალული ნივთიერებებისა და აკრძალული მეთოდების ჩამონათვალში გამოყენებული რამდენიმე ტერმინი:

### აკრძალულია საშეჯიბრო პერიოდში

მოცემული სპორტისთვის WADA-ს მიერ დამტკიცებული სხვადასხვა პერიოდის პირობებში, ეს იქნება პერიოდი, რომელიც იწყება უშუალოდ შუალამის წინ (23:59 საათზე) იმ შეჯიბრის წინა დღეს, რომელშიც დაგეგმილია სპორტსმენის მონაწილეობა შეჯიბრის დასრულებამდე და ნიმუშების შეგროვების პროცესში.

### აკრძალულია ნებისმიერ დროს

ეს ნიშნავს, რომ ნივთიერება ან მეთოდი აკრძალულია როგორც საშეჯიბრო, ისე არასაშეჯიბრო პერიოდში, როგორც ეს განსაზღვრულია კოდექსში.

### განსაზღვრული და განუსაზღვრელი

„მსოფლიო ანტიდოპინგური კოდექსის 4.2.2 მუხლის თანახმად“, მე-10 მუხლის გამოყენების მიზნით, ყველა აკრძალული ნივთიერება უნდა იყოს განსაზღვრული ნივთიერება, აკრძალულ სიაში მითითებული ნივთიერებების გარდა. არც ერთი აკრძალული მეთოდი არ არის განსაზღვრული მეთოდი, გარდა მეთოდებისა, რომლებიც აკრძალულ სიაშია იდენტიფიცირებული როგორც განსაზღვრული მეთოდები. სტატიის კომენტარის თანახმად, „4.2.2 მუხლში მითითებული ნივთიერებები და მეთოდები არანაირად არ უნდა ჩაითვალოს ნაკლებად მნიშვნელოვან ან ნაკლებად საშიშად, ვიდრე სხვა დოპინგური ნივთიერებები ან მეთოდები. უფრო მეტიც, ისინი უბრალოდ

<sup>281</sup>ძალაშია 2021 წლის 1 იანვრიდან.

<sup>282</sup><https://rugby.ge/wp-content/uploads/2021/01/2021-%E1%83%AC%E1%83%9A%E1%83%98%E1%83%A1-%E1%83%90%E1%83%99%E1%83%A0%E1%83%AB%E1%83%90%E1%83%9A%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%98-%E1%83%A1%E1%83%98%E1%83%90-1.pdf>

<sup>283</sup>WADA – world anti-doping agency: <https://www.wada-ama.org/en/media/news>

ნივთიერებები და მეთოდებია, რომლებიც სავარაუდოდ, სპორტსმენმა მოიხმარა ან გამოიყენა სხვა მიზნებისათვის და არა სპორტული შედეგების გასაუმჯობესებლად”.

### **ნივთიერებები, რასაც იყენებენ ბოროტად**

კოდექსის 4.2.3 მუხლის თანახმად, ნივთიერებები, რასაც იყენებენ ბოროტად, არიან ისეთი ნივთიერებები, რომლებიც იდენტიფიცირებულია, როგორც ასეთი, რადგან მათ საზოგადოებაში ხშირად ბოროტად იყენებენ, სპორტის კონტექსტის მიღმა.

#### **ბოროტად გამოყენების ნივთიერებებია:**

- კოკაინი,
- დიამორფინი (ჰეროინი),
- მეთილენედიოქსი,
- მეტამფეტამინი (MDMA / ”ექსტაზი”),
- ტეტრაჰიდროკანაბინოლი (THC).

### **S0. არასანქცირებული ნივთიერებები**

აკრძალულია ნებისმიერ დროს (როგორც საშეჯიბრო ისე არასაშეჯიბრო პერიოდში) ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის განსაზღვრული ნივთიერებები. ნებისმიერი ფარმაკოლოგიური ნივთიერება, რომელიც არ არის მოხსენიებული აკრძალული სიის რომელიმე მომდევნო თავში და არ არის რეგისტრირებული, ჯანდაცვის მარეგულირებელი რომელიმე სამთავრობო ორგანოს მიერ, ადამიანებში თერაპიული მიზნით გამოსაყენებლად (მაგ. პრეკლინიკური ან კლინიკური კვლევის სტადიაში მყოფი მედიკამენტები; მედიკამენტები, რომელთა გამოშვებაც შეწყვეტილია; სინთეზური, ე. წ. "დიზაინერული" ნარკოტიკები; მხოლოდ ვეტერინარული გამოყენებისთვის სანქცირებული მედიკამენტები) აკრძალულია ნებისმიერ დროს გამოსაყენებლად.

### **S1. ანაბოლური საშუალებები**

აკრძალულია ნებისმიერ დროს (საშეჯიბრო და მის გარეთ) ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არ არის განსაზღვრული ნივთიერებები. ანაბოლური საშუალებები აკრძალულია. 1. ანაბოლური ანდროგენული სტეროიდები (AAS) მათ შორის ეგზოგენურად შეყვანისას, მაგრამ არ შემოიფარგლება:

- 1-ანდროსტენედიოლი (5-ანდროსტ-1-ენე-3β,17β-დიოლი);
- 1-ანდროსტენედიონი (5-ანდროსტ-1-ენე-3,17-დიონი);
- 1-ანდროსტრონი (3α-ჰიდროქსი -5α-ანდროსტ-1-ene-17-one);
- 1-ეპიანდროსტრონი (3β-ჰიდროქსი -5α-ანდროსტ-1-ენ-17-ერთი)



- 1-ტესტოსტერონი (17β-ჰიდროქსი-5α-ანდროსტ-1-en-3-one);
- 4-ანდროსტენდიოლი (androst-4-ene-3β, 17β-დიოლი);
- 4-ჰიდროქსიტესტოსტერონი (4,17β-დიჰიდროქსიანდროსტ-4-ენ-3-ერთი);
- 5-ანდროსტენდიონი (androst-5-ene-3,17-dione);
- 7α-ჰიდროქსი- DHEA;
- 7β-ჰიდროქსი- DHEA;
- 7-Keto-DHEA;
- 19-ნორანდროსტედიდიოლი (estr-4-ene-3,17-diol);
- 19-ნორადროსტენდიონი (estr-4-ene-3,17-dione);
- ანდროსტანოლონი (5α- დიჰიდროტესტოსტერონი,17β-ჰიდროქსი-5α-ანდროსტან-3-ერთი);
- ანდროსტენდიოლი (ანდროსტ-5-ენე-3β, 17 ბ-დიოლი);
- ანდროსტენდიონი (ანდროსტ -4-ენ-3,17-dione);
- ბოლასტერონი;
- ბოლდენონი;
- ბოლდიონი (androsta-1,4-diene-3,17-dione);
- კალუსტერონი;
- კლოსტეზოლი;
- Danazol ([1,2] oxazolo [4', 5': 2,3] pregna-4-en-20-yn-17α-ol);
- დეჰიდროქლორმეთილტესტოსტერონი (4-ქლორო-17β-ჰიდროქსი - 17αმეთილანდროსტა-1,4-დიენი- 3-ერთი);
- დეზოქსიმეთილტესტოსტერონი (17α-მეთილ-5α-ანდროსტ-2-ენ-17 β-ოლი და 17αმეთილ-5α- ანდროსტ-3-ენ-17 β-ოლ);
- დროსტანოლონი;
- ეპიანდროსტერონი (3β-ჰიდროქსი -5α-ანდროსტანი-17-ერთი);
- ეპი-დიჰიდროტესტოსტერონი (17β-ჰიდროქსი-5 β-ანდროსტანი-3-ერთი);
- ეპიტესტოსტერონი;
- ეთილესტრენოლი (19-ნორპრეგნა-4-ენ-17α-ოლი);
- ფლუოქსიმესტერონი;
- ფორემბოლონი;
- ფურაზაზოლი (17α- მეთილი [1,2,5] ოქსადიაზოლო [3', 4': 2,3] -5α-ანდროსტან-17βოლ);
- ესტრინონი;
- მესტანოლონი;
- მესტეროლონი;
- მეტანდიენონი (17β-ჰიდროქსი -17α-მეთილანდროსტა-1,4-დიენი-3-ერთი);
- მეტეოლონი;
- მეთანდრიოლი;
- მეტასტერონი (17β-ჰიდროქსი -2α, 17α-დიმეთილ -5α-ანდროსტან-3-ერთი);

- მეთილ-1-ტესტოსტერონი (17β-ჰიდროქსი-17α-მეთილ-5α-ანდროსტ-1-ენ-3-ერთი);
  - მეთილკლოსტოლი;
  - მეთილდიენოლონი (17β-ჰიდროქსი-17α-მეთილესტრა-4,9-დიენი-3-ერთი);
  - მეთილნორტესტოსტერონი (17β-ჰიდროქსი-17α-მეთილესტრ-4-ენ-3-ერთი);
  - მეთილტესტოსტერონი;
  - მეტრიბოლონი (მეთილტრიენოლონი, 17β-ჰიდროქსი-17α-მეთილესტრა-4,9,11-ტრიენი-3-ერთი);
  - მიბოლერონი;
  - ნანდროლონი (19-ნორესტოსტერონი);
  - ნორბოლეტონი;
  - ნორკლოსტებოლი (4-ქლორო-17 β-ოლ-ესტრ-4-ენ-3-ერთი);
  - ნორეტანდროლონი;
  - ოქსაბოლონი;
  - ოქსანდროლონი;
  - ოქსიმესტერონი;
  - ოქსიმეტოლონი;
  - პრასტერონი (დეჰიდროეპიანდროსტერონი, DHEA, 3β-ჰიდროქსიანდროსტა-5-ენ-17-ერთი);
  - პროსტანოზოლი (17β - [(ტეტრაჰიდროპირან-2-ილ) ოქსი] -1'H- პირაზოლო [3,4: 2,3] - 5α- ანდროსტანი);
  - ქინბოლონი;
  - სტანოზოლოლი;
  - სტენბოლონი;
  - ტესტოსტერონი;
  - ტეტრაჰიდროგესტრინონი (17-ჰიდროქსი -18აჰომო -19-ნორ-17α-პრეგნა-4,9,11-ტრიენ-3-ერთი);
  - ტრენბოლონი (17β-ჰიდროქსიესტრ-4,9,11-ტრიენ-3-ერთი);
- და სხვა ქიმიური სტრუქტურის ან მსგავსი ბიოლოგიური ეფექტის მქონე სხვა ნივთიერებები.

## 2. სხვა ანაბოლური აგენტები

მათ შორის (მაგრამ არა მხოლოდ): კლენბუტეროლი, ანდროგენული რეცეპტორების სელექტიური მოდულატორები (არსმ-ები, მაგ. ანდარინი, LGD-4033, ლინგანდროლი, ენობოსარმი (ოსტარინი) და RAD 140), ტიბოლონი, ზერანოლი და ზილპატეროლი.

### S2. პეპტიდური ჰორმონები, ზრდის ფაქტორები, მათთან დაკავშირებული ნივთიერებები და მიმეტიკები

აკრძალულია ნებისმიერ დროს (საშეჯიბრო და მის გარეთ) ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის არასპეციფიცირებული ნივთიერება. აკრძალულია

შემდეგი ნივთიერებები, აგრეთვე მსგავსი ქიმიური სტრუქტურის ან მსგავსი ბიოლოგიური ეფექტ(ებ)ის მქონე სხვა ნივთიერებები:

1. ერთროპოეტინები ( ეპო) და ერთროპოეზზე მომქმედი აგენტები მათ შორის, მაგრამ არა მხოლოდ:

1.1 ერთროპოეტინის რეცეპტორების აგონისტები, მაგ. დარბეპოეტინები (dEPO); ერთროპოეტინები (EPO); EPO-ზე დაფუძნებული კონსტრუქციები [მაგ. EPO-Fc, მეტოქსი პოლიეთილენგლიკოლ-ეპოეტინ ბეტა (CERA)]; EPO- მიმიკური საშუალებები და მათი კონსტრუქციები (მაგ. CNTO-530, პეგინეზატიდი).

1.2 ჰიპოქსიით გამოწვეული ფაქტორის (HIF) აქტივაციის საშუალებები, მაგ. კობალტი; დაფროდუსტატი (GSK1278863); IOX2; მოლიდუსტატი (BAY 85-3934); როქსადუსტატი (FG4592); ვადადუსტატი (AKB-6548); ქსენონი

1.3. GATA ინჰიბიტორები, მაგ. K-11706.

1.4. ზრდის ფაქტორის ბეტა (TGF-β) სასიგნალო ინჰიბიტორების ტრანსფორმაცია, მაგ. ლუსპატერცეპტი; სოტატერცეპტი.

1.5. თანდაყოლილი აღმდგენელი რეცეპტორების აგონისტები, მაგ. asialo EPO; კარბამილირებული EPO (CEPO).

## 2. პეპტიდის ჰორმონები და მათი განმათავისუფლებელი ფაქტორები

2.1 ქორიონული გონადოტროპინი (CG) და მალუთეინიზებული ჰორმონი (LH) და მათი განმანთავისუფლებელი-ფაქტორები მამაკაცებში., მაგ. ბუსორელინი, გონადორელინი და ტრიპტორელინი.

2.2 კორტიკოტროპინები და მათი რილიზინგ-ფაქტორები, მაგ. კორტიკორელინი.

2.3. ზრდის ჰორმონი (GH), მისი ფრაგმენტები და მისი რილიზინგ-ფაქტორები, მათ შორის და არა მხოლოდ: ზრდის ჰორმონის ფრაგმენტები, მაგ. AOD-9604 და hGH 176-191. ზრდის ჰორმონის განმანთავისუფლებელი-ჰორმონი (GHRH) და მისი ანალოგები, მაგ. CJC-1293, CJC- 1295, სერმორელინი და ტესამორელინი; ზრდის ჰორმონის სეკრეტაგოგები (GHS), მაგ. ლენომორენილი (გრელინი) და მისი მიმეტიკები, მაგ. ანამორელინი, იპამორელინი, მასიმორელინი და ტაბიმორელინი; GH-ის განმანთავისუფლებელი-პეპტიდები (GHRP-ები), მაგ. ალექსამორელინი, GHRP-1, GHRP-2 პრალმორელინი. GHRP-3, GHRP-4, GHRP-5, GHRP-6 და ეგზამორელინი (ჰექსარელინი).

## 3. ზრდის ფაქტორები და ზრდის ფაქტორის მოდულატორები

მათ შორის და არა მხოლოდ:

- ფიბრობლასტების ზრდის ფაქტორები (FGF)
- ჰეპატოციტების ზრდის ფაქტორი (HGF)
- ინსულინის მსგავსი ზრდის ფაქტორი 1 (IGF-1) და მისი ანალოგები

- მექანო ზრდის ფაქტორები (MGF)
- თრომბოციტებიდან მიღებული ზრდის ფაქტორი (PDGF)
- თიმოზინ-β4 და მისი წარმოებულები მაგ. TB-500
- სისხლძარღვთა ენდოთელიუმის ზრდის ფაქტორი (VEGF) და ზრდის სხვა ფაქტორები ან ზრდის ფაქტორის მოდულატორები, რომლებიც გავლენას ახდენენ კუნთების, მყესების ან იოგების ცილების სინთეზზე/დეგრადაციაზე, სისხლძარღვთა განლაგებაზე, ენერჯის გამოყენებაზე, რეგენერაციულ სიმძლავრეზე ან ბოჭკოს ტიპის შეცვლაზე.

### **S3. ბეტა-2 აგონისტები**

აკრძალულია ნებისმიერ დროს (როგორც საშეჯიბრო ისე მის გარეთ) ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის განსაზღვრული ნივთიერებები. აკრძალულია ყველა შერჩევითი და არასელექციური ბეტა-2 აგონისტი, მათ შორის ყველა ოპტიკური იზომერი. მათ შორის, მაგრამ არ შემოიფარგლება: • არფორმოტეროლი, • ფენოტეროლი, • ფორმოტეროლი, • ჰიგენამინი, • ინდაკატეროლი, • ლევოსალბუტამოლი, • ოლოდატეროლი, • პროკატეროლი, • რეპროტროლი, • სალბუტამოლი, • სალმეტეროლი, • ტერბუტალინი, • ტრეტოქინოლი (ტრიმეტოკინოლი), • ტულობუტეროლი, • ვილანტეროლი.

#### **გამონაკლისები:**

- ინჰალაციური სალბუტამოლი: მაქსიმალური 1600 მიკროგრამი 24 საათის განმავლობაში დაყოფილი დოზებით, არ უნდა აღემატებოდეს 800 მიკროგრამს 12 საათის განმავლობაში ნებისმიერი დოზისგან;
- ინჰალაციური ფორმატეროლი: მაქსიმალური მიწოდებული დოზა 54 მიკროგრამი 24 საათის განმავლობაში;
- ინჰალაციური სალმეტეროლი: მაქსიმუმ 200 მიკროგრამი 24 საათის განმავლობაში;
- ინჰალაციური ვილანტეროლი: მაქსიმუმ 25 მიკროგრამი 24 საათის განმავლობაში.

**შენიშვნა:** შარდში სალბუტამოლის შემცველობა 1000 ნგ/მლ–ზე მაღალი კონცენტრაციით ან ფორმოტეროლის აღმოჩენა 40 ნგ/მლ–ზე მაღალი კონცენტრაციით ვერ აიხსნება ნივთიერების თერაპიული მიზნით გამოყენებით და ჩაითვლება ანალიზის არასასურველ შედეგად (AAF), თუ სპორტსმენი კონტროლირებული ფარმაკოკინეტიკური კვლევის საფუძველზე არ დაამტკიცებს, რომ აღნიშნული გადაჭარბებული კონცენტრაცია გამოიწვია თერაპიული დოზის (ინჰალაციის გზით) გამოყენებამ ზემოთ მითითებული მაქსიმუმი დოზის შესაბამისად.

#### S4. ჰორმონები და მეტაბოლური მოდულატორები

აკრძალულია ნებისმიერ დროს (როგორც საშეჯიბრო ისე მის გარეთ) აკრძალული ნივთიერებები S4.1 და S4.2 კლასებში არის განსაზღვრული ნივთიერებები. S4.3 და S4.4 კლასების ჯგუფები არ არის განსაზღვრული ნივთიერებები.

აკრძალულია შემდეგი ჰორმონები და მეტაბოლური მოდულატორები:

- 1-არომატაზის ინჰიბიტორები მათ შორის, მაგრამ არ შემოიფარგლება:
- 2-ანდროსტენოლი (5 $\alpha$ -ანდროსტ-2-ენ-17-ოლი);
- 2-ანდროსტენონი (5 $\alpha$ -ანდროსტ-2-ენ-17-ერთი);
- 3-ანდროსტენოლი (5 $\alpha$ -ანდროსტ-3-ენ-17-ოლი);
- 3-ანდროსტენონი (5 $\alpha$ -ანდროსტ-3-ენ-17-ერთი);
- 4-ანდროსტენი-3,6,17 ტრიონი (6-ოქსო); • ამინოგლუტეტიმიდი; • ანასტროზოლი;
- ანდროსტა-1,4,6-ტრიენი -3,17-დიონი (ანდროსტატრიენიდიონი);
- ანდროსტა--3,5-diene-7,17-დიონი (არიმისტანი);
- ექსემესტანი; • ფორმესტანი; • ლეტროზოლი; • ტესტოლაქტონი.

#### 2. ესტროგენის რეცეპტორების შერჩევითი მოდულები (სერმები)

მათ შორის, მაგრამ არ შემოიფარგლება:

- ბაზედოქსიფენი; • კლომიფენი; • ციკლოფენილი; • ფოლვესტრანტი; • ოსპემიფენი; • რალოქსიფენი; • ტამოქსიფენი; • ტორემიფენი.

#### 4. აგენტები, რომლებიც ხელს უშლის აქტივობის IIB რეცეპტორის აქტივაციას

მათ შორის, მაგრამ არ შემოიფარგლება:

- აქტივინ A - ანტისხეულების მანეიტრალიზებელი,
- აქტივობის IIB რეცეპტორის კონკურენტები (მაგ. ACE- 031),
- ანტი-აქტივობის IIB რეცეპტორის ანტისხეულები ( მაგ. ბიმაგრუმაბი),
- მიოსტატინის ინჰიბიტორები, როგორცაა:
  - აგენტები, რომლებიც ამცირებენ ან აჩერებენ მიოსტატინის გამოყოფას (Agents reducing or ablating myostatin expression);
  - მიოსტატინის დამაკავშირებელი ცილები (მაგ. ფოლისტატინი, მიოსტატინის პროპეპტიდი) (Myostatin-binding proteins);
  - მიოსტატინის გასანეიტრალელებელი ანტისხეულები (მაგ. დომაგროზუმაბი, ანდოგროზუმაბი, სტამულაბაბი).

## 5. მეტაბოლური მოდულატორები:

4.1 AMP- აქტივირებული ცილა – კინაზას (AMPK) აქტივატორები, მაგ. AICAR, SR9009; და პეროქსიზომის პროლიფერატორის აქტივიზირებული რეცეპტორების დელტა (PPAR $\delta$ ) აგონისტები, მაგ. 2- (2-მეთილ-4- ((4-მეთილ-2- (4- (ტრიფთორომეთილ) ფენილ) თიაზოლ-5- ილ) მეთილთიო) ფენოქსი) ძმარმჟავა (GW1516, GW501516);

4.2 ინსულინები და ინსულინო-მიმეტიკები;

4.3 მელდონიუმი;

4.4 ტრიმეტაზიდინი.

S5 შარდმდენები და შემნიღბველი საშუალებები აკრძალულია ნებისმიერ დროს (როგორც საშეჯიბრო ისე მის გარეთ) ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის განსაზღვრული ნივთიერებები.

აკრძალულია შარდმდენები და შემნიღბველი საშუალებები, ისევე როგორც სხვა, მსგავსი ქიმიური სტრუქტურის ან მსგავსი ბიოლოგიური ეფექტ(ებ)ის მქონე ნივთიერებები. მათ შორის (მაგრამ არა მხოლოდ):

- დესმოპრესინი; პრობენეციდი; პლაზმის გამაფართოებლები, მაგ. ალბუმინის, დექსტრანის, ჰიდროქსიეთილის სახამებლის და მანიტოლის ინტრავენური შეყვანა[

- აცეტაზოლამიდი; ამილორიდი; ბუმეტანიდი; კანრენონი; ქლორტალიდონი; ეტაკრინის მჟავა; ფუროსემიდი; ინდაპამიდი; მეტოლაზონი; სპირონოლაქტონი; თიაზიდები, მაგ. ბენდროფლუმეთიაზიდი, ქლოროთიაზიდი და ჰიდროქლოროთიაზიდი; ტრიამტერენი და ვაპტანები, მაგ. ტოლვაპტანი. გამონაკლისები:

- დროსპირენონი; პამაბრომი; და ადგილობრივი ნახშირბადის ანჰიდრაზას ინჰიბიტორების ოფთალმოლოგიური მიღება (მაგ. დორზოლამიდი, ბრინზოლამიდი);

- ფელიპრესინის ადგილობრივი მიღება სტომატოლოგიური ანესთეზიის დროს.

**შენიშვნა:** სპორტსმენის სინჯში არასაშეჯიბრო ან შეჯიბრის დროს ნებისმიერი რაოდენობა შემდეგი ნივთიერებების, რომლებიც ექვემდებარება ზღურბლის ზღვარს: ფორმოტეროლი, სალბუტამოლი, კატინი, ეფედრინი, მეთილეფედრინი და ფსევდოეფედრინი, შარდმდენთან ან შემნიღბველ აგენტთან ერთად განიხილება, როგორც არასასურველი ანალიტიკური დასკვნა (AAF), თუ სპორტსმენს არ აქვს დამტკიცებული თერაპიული გამოყენებისგან განთავისუფლება (TUE) ამ ნივთიერების გარდა, შარდმდენისთვის ან შემნიღბველი აგენტისთვის.

**აკრძალული მეთოდები** (როგორც საშეჯიბრო ისე მის გარეთ)

ამ კლასის ყველა აკრძალული მეთოდი არ არის დაზუსტებული, გარდა M2.2- ის მეთოდებისა, რომლებიც განსაზღვრული მეთოდებია.

## **M1. სისხლის და სისხლის კომპონენტების მანიპულაცია**

აკრძალულია შემდეგი:

- ნებისმიერი რაოდენობით აუტოლოგური, ალოგენური (ჰომოლოგური) ან ჰეტეროლოგური სისხლის, ან ნებისმიერი წარმოშობის ერთროციტული პროდუქტების შეყვანა ან განმეორებითი შეყვანა (დაბრუნება) სისხლძარღვთა სისტემაში.
- ჟანგბადის მოხმარების, გადატანის ან მიწოდების ხელოვნური გაუმჯობესება, მათ შორის (მაგრამ არა მხოლოდ):
  - პერფლუოროქიმიკატების; ეფაპროქსირალის (RSR13) და ჰემოგლობინის მოდიფიცირებული პროდუქტების, მაგ. ჰემოგლობინის შემცველი სისხლის შემცვლელების და ჰემოგლობინის მიკროკაფსულირებული პროდუქტების გამოყენება; ინჰალაციის საშუალებით, დამატებითი ჟანგბადის მიწოდების გარდა.
  - სისხლის ან სისხლის კომპონენტების ფიზიკური ან ქიმიური საშუალებებით სისხლძარღვშიდან მანიპულაციის ნებისმიერი ფორმა.

## **M2. ქიმიური და ფიზიკური მანიპულაცია**

აკრძალულია შემდეგი:

1. გაყალბება, ან გაყალბების მცდელობა, ანუ დოპინგ კონტროლის დროს აღებული სინჯების ინტაქტურობის და ვარგისიანობის შეცვლა ან შეცვლის მცდელობა. მათ შორის (მაგრამ არა მხოლოდ) ნიმუშის ჩანაცვლება და / ან გაყალბება, მაგ. პროტეაზების დამატება ნიმუშში.
2. 100 მლ–ზე მეტი მოცულობის სითხის ინტრავენური ინფუზია და/ან ინექცია 12 საათის განმავლობაში, გარდა იმ შემთხვევებისა, როცა აღნიშნული ქმედება ლეგიტიმურად ხორციელდება ჰოსპიტალიზაციის, ქირურგიული პროცედურის ან კლინიკური გამოკვლევის პროცესში.

## **5. M3. გენური და უჯრედული დოპინგი**

აკრძალულია შემდეგი, სპორტული წარმატების ასამაღლებლად.

3.1 ნუკლეინის მჟავების ან ნუკლეინის მჟავების ანალოგების გამოყენება, რომლებმაც შესაძლოა გამოიწვიონ გენომის თანმიმდევრობის და/ან გენის ექსპრესიის ცვლილება მებისმიერი მექანიზმით.

3.2 ნორმალური ან გენეტიკურად მოდიფიცირებული უჯრედების გამოყენება.

## **S6. სტიმულატორები**

აკრძალულია საშეჯიბრო დროს ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის განსაზღვრული ნივთიერებები, გარდა S6.A-ს, რომლებიც არ არის განსაზღვრული ნივთიერებები. ამ ნაწილში ბოროტად გამოყენების ნივთიერებები: კოკაინი და

მეთილენედიოქსიმეთამფეტამინი (MDMA / "ექსტაზი") ყველა მასტიმულირებელი, მათ შორის ყველა ოპტიკური იზომერი, მაგ. d- და l- საჭიროების შემთხვევაში, აკრძალულია:

**A: არა-განსაზღვრული სტიმულატორები:**

- ადრაფინილი; • ამფეპრამონი; • ამფეტამინი; • ამფეტამინილი; • ამიფენაზოლი;
- ბენფლორექსი; • ბენზილპიპერაზინი; • ბრომანტანი; • კლობენზორექსი; • კოკაინი;
- კროპროპამიდი; • კროტეტამიდი; • ფენკამინი; • ფენეტელინი; • ფენფლურამინი;
- ფენპროპროექსი; • ფონტურაცეტამი [4-ფენილპირაცეტამი (კარფედონი)]; • ფურფენორექსი;
- ლისდექსამფეტამინი; • მეფენორექსი; • მეფენტერმინი; • მესოკარბი; • მეტამფეტამინი (დ-);
- 3-მეთილამფეტამინი; • მოდაფინილი; • ნორფენფლურამინი; • ფენდიმეტრაზინი;
- ფენტერმინი; • პრენილამინი; • პროლინტანი სტიმულატორი, რომელიც პირდაპირ არ არის ჩამოთვლილი ამ ნაწილში, არის განსაზღვრული ნივთიერება.

**B: განსაზღვრული სტიმულატორები მათ შორის, მაგრამ არ შემოიფარგლება:**

- 3-მეთილპექსან-2-ამინი (1,2-დიმეთილპენტილამინი);
- 4-მეთილპექსან-2-ამინი (მეთილპექსანამინი);
- 4-მეთილპენტან-2-ამინი (1,3-დიმეთილბუტილამინი);
- 5-მეთილპექსან-2-ამინი (1,4-დიმეთილპენტილამინი);
- ბენზფეტამინი; • კათინი \*\* ;
- კათინონი და მისი ანალოგები, მაგ., მეფედრონი, მეთედრონი და α-პიროლიდინოვალეროფენონი;
- დიმეტამფეტამინი (დიმეთილამფეტამინი); • ეფედრინი\*\*\*; • ეპინეფრინი \*\*\*\* (ადრენალინი);
- ეტამივანი; • ეთილამფეტამინი; • ეთილეფრინი; • ფამპროფაზონი; • ფენბუტრაზატი;
- ფენკამფამინი; • ჰეპტამინოლი; • ჰიდროქსიამფეტამინი (პარაჰიდროქსიამფეტამინი);
- იზომეტეპტენი; • ლევმეთამფეტამინი; • მეკლოფენოქსატი;
- მეთილენედიოქსიმეთამფეტამინი; • მეთილეფედრინი \*\*\* • მეთილფენიდატი
- ნიკეტამიდი; • ნორფენეფრინი; • ოქტოდრინი (1,5-დიმეთილპექსილამინი); • ოქტოპამინი;
- ოქსილოფრინი (მეთილსინეფრინი); • პემოლინი; • პენტეტრაზოლი;
- ფენეთილამინი და მისი წარმოებულები; • ფენმეტრაზინი; • ფენპრომეტამინი;
- პროპილპექსდრინი; • ფსევდოეფედრინი \*\*\*\*\*; • სელიგილინი; • სიბუტრამინი;
- სტრიქნინი; • ტენამფეტამინი (მეთილენედიოქსიამფეტამინი);



- ტუამინოჰეპტანი და სხვა, მსგავსი ქიმიური სტრუქტურის ან მსგავსი ბიოლოგიური ეფექტ(ებ)ის მქონე ნივთიერებები.

#### გამონაკლისები:

- კლონიდინი;
- იმიდაზოლის წარმოებულები დერმატოლოგიური, ცხვირის ან ოფთალმოლოგიური გამოყენებისათვის (მაგ. ბრიმონიდინი, კლონაზოლინი, ფენოქსაზოლინი, ინდანაზოლინი, ნაფაზოლინი, ოქსიმეტაზოლინი, ქსილომეტაზოლინი) და ის სტიმულატორები, რომლებიც შედის 2021 წლის მონიტორინგის პროგრამაში \*.

\* ბუპროპიონი, კოფეინი, ნიკოტინი, ფენილეფრინი, ფენილპროპანოლამინი, პიპრადოლი და სინეფრინი: ეს ნივთიერებები შედის 2021 წლის მონიტორინგის პროგრამაში და არ ითვლება აკრძალულ ნივთიერებად. \*\*კატინი: იკრძალება, როდესაც მისი კონცენტრაცია შარდში 5 მგ-ზე მეტია მლ-ზე.

\*\*\* ეფედრინი და მეთილეფედრინი: აკრძალულია, როდესაც შარდში რომელიმეს კონცენტრაცია უფრო მეტია, ვიდრე 10 მიკროგრამი მილილიტრზე.

\*\*\*\* ეპინეფრინი (ადრენალინი): ადგილობრივი ანესთეზიის დროს არ იკრძალება, მაგ: ცხვირის, ოფთალმოლოგიური ან ადგილობრივ საანესთეზიო საშუალებებთან ერთად მიღება.

\*\*\*\*\* ფსევდოეფედრინი: აკრძალულია, როდესაც შარდში მისი კონცენტრაცია აღემატება 150 მიკროგრამს მილილიტრზე.

#### S7. ნარკოტიკები

აკრძალულია საშეჯიბრო დროს

ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის განსაზღვრული ნივთიერებები. ბოროტად გამოყენების ნივთიერება ამ ნაწილში: დიამორფინი (ჰეროინი) შემდეგი ნარკოტიკები, ყველა ოპტიკური იზომერის ჩათვლით, მაგ. d და l- საჭიროების შემთხვევაში, აკრძალულია.

- ბუპრენორფინი; • დექსტორამიდი; • დიამორფინი (ჰეროინი);
- ფენტანილი და მისი წარმოებულები; • ჰიდრომორფონი; • მეტადონი; • მორფინი;
- ნიკომორფინი; • ოქსიკოდონი; • ოქსიმორფონი; • პენტაზოცინი; • პეთიდინი.

#### S8. კანაბინოიდები

აკრძალულია საშეჯიბრო დროს ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის განსაზღვრული ნივთიერებები. ბოროტად გამოყენების ნივთიერება ამ ნაწილში:

- ტეტრაჰიდროკანაბინოლი (THC) აკრძალულია ყველა ბუნებრივი და სინთეზური კანაბინოიდი, მაგ: • კანაბისი (ჰაშიში, მარიხუანა) და
- კანაფის პროდუქტებში ბუნებრივი და სინთეზური ტეტრაჰიდროკანაბინოლები (THC)

- სინთეზური კანაბინოიდები, რომლებიც იმიტირებენ THC-ის ეფექტებს გამონაკლისი:
- კანაბიდიოლი.

### S9. გლუკოკორტიკოიდები

აკრძალულია საშეჯიბრო დროს ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის განსაზღვრული ნივთიერებები. აკრძალულია ყველა გლუკოკორტიკოიდი პერორალური, ინტრავენური, კუნთოვანი ან რექტალური გზით. მათ შორის, მაგრამ არ შემოიფარგლება:

- ბელომეტაზონი; • ბეტამეტაზონი; • ბუდესონიდი; • ციკლეზონიდი; • კორტიზონი;
- დეფლაზაკორტი; • დექსამეტაზონი; • ფლუკორტოლონი; • ფლუნისოლიდი;
- ფლუტიკაზონი; • ჰიდროკორტიზონი; • მეთილპრედნიზოლონი; • მომეტაზონი;
- პრედნიზოლონი; • პრედნიზონი' • ტრიამცინოლონის აცეტონიდი.

### P1. ბეტა ბლოკატორები

აკრძალულია კონკრეტულ სპორტის სახეობებში ამ კლასის ყველა აკრძალული ნივთიერება არის განსაზღვრული ნივთიერებები.

**ბეტა-ბლოკატორები** აკრძალულია მხოლოდ საშეჯიბრო დროს, შემდეგ სპორტულ სახეობებში და ასევე აკრძალულია არა საშეჯიბრო დროს, სადაც მითითებულია (\*).

- მშვილდოსნობა (WA)\*; • ავტომობილი (FIA);
- ბილიარდი (ყველა დისციპლინა) (WCBS);
- ისრები (WDF); • გოლფი (IGF); • სროლა (ISSF, IPC)\*;
- სათხილამურო სპორტი/სნოუბორდინგი (FIS), კერძოდ შემდეგი კონკრეტული სახეობები: ტრამპლინიდან ხტომა, ფრისტაილი (საჰაერო-სათხილამურო აკრობატიკა და ე. წ. ჰალფ-პაიპი) და სნოუბორდინგი (ე. წ. ჰალფ-პაიპი და ე. წ. ბიგ-ეარი)
- წყალქვეშა სპორტი (CMAS), კერძოდ შემდეგ კონკრეტული სახეობები: აპნეა მუდმივი წონით ლასტებით ან მათ გარეშე, დინამიკური აპნეა ლასტებით ან მათ გარეშე, აპნეა თავისუფალი ჩაძირვით, ე. წ. „ჯამგ ბლუ“ აპნეა, წყალქვეშა ნადირობა, სტატიკური აპნეა, მიზანში სროლა და აპნეა\*.

ასევე აკრძალულია არა-საშეჯიბრო დროს მათ შორის, მაგრამ არ შემოიფარგლება:

- ასეპუტოლოლი; • ალპრენოლოლი; • ატენოლოლი; • ბეტაქსოლოლი; • ბისოპროლოლი;
- ბუნოლოლი; • კარტეოლოლი; • კარვედილოლი; • ცელიპროლოლი; • ესმოლოლი;
- ლაბეტალოლი; • მეტიპრანოლოლი; • მეტოპროლოლი; • ნადოლოლი; • ნებივოლოლი;
- ოქსპრენოლოლი; • პინდოლოლი; • პროპრანოლოლი; • სოტალოლი; • ტიმოლოლი.

მწერებისაგან მიღებული მასალები სამკურნალო პრეპარატების წარმოებისათვის; ფუტკრისაგან მიღებული სამკურნალო პრეპარატები; ფუტკრის შხამი (“აპიტოქსინი”); ფუტკრის შხამის აღმოჩენილი და შესწავლილი პოლიპეპტიდები, ფერმენტი გიალურონიდაზა; ფუტკრის წებო - პროპოლისი; ფუტკრის რძე; ყველაზე ცნობილი სამკურნალო პრეპარატები: „აპიფორტილი“, „ულკოჟერალი“, „როიაპანი“ (გერმანია), „აპისერუმი“ (საფრანგეთი), „სპინტავიტი“ (იტალია), „ლონჟიპეკს-პლუსი“ (კანადა), „DH-112-ჰოლცინგერი“ (ავსტრია), „სუპერკონცენტრატი“ (რუმინეთი), „ვიტ-აპინალი“ (ყოფილი ჩეხოსლოვაკია); ზაზის თაფლი; „48/80“ ნივთიერებები; ბუნების განსაკუთრებული ნივთიერება - „ჰირუდინი“, რომელსაც გააჩნია სისხლის შედედების საწინააღმდეგო უნარი თრომბინის ინაქტივაციის გზით; ფერომონები - ცხოველთა კომუნიკაციის ქიმიური საშუალებები; ცხოველთა კერატინების გამოყენება ფარმინდუსტრიის ნედლეულად; „ჟელატინის ღრუბელი“; ნაღვლის მჟავები.; კომბინირებული დუღილის - რძემჟავურის და სპირტულის, პროდუქტია „კუმისი“; ადამიანის რძის „რელიზინგ-ფაქტორი“; საქართველოს ენდემური ყურძნისგან სამკურნალო პრეპარატების დასამზადებელი სანედლეულო მასალების შესახებ.

#### მწერებისაგან მიღებული მასალები სამკურნალო პრეპარატების წარმოებისათვის

დღეისათვის ცნობილია ერთ მილიონზე მეტი სახეობის მწერი, მაშინ როცა ხერხემლიანების სახეობათა რიცხვი 70 ათასს აღწევს. მწერების ყველაზე მრავალრიცხოვანი წარმომადგენლებია ხოჭოები - 300 ათასი სახე. სტატისტიკა ადასტურებს, რომ პლანეტის თითოეულ ადამიანზე მოდის დაახლოებით 250 000 000 მწერი. მათ წარმოშობას მიაწერენ პლანეტის განვითარების დევონურ პერიოდს. მწერები ყველაზე ძველი, მაღალორგანიზებული ცოცხალი არსებანი არიან.

მეცნიერებისათვის, დღეს ცნობილია 50 000-მდე სახეობა შხამიანი მწერებისა. ეს ციფრი ნათლად მეტყველებს, თუ რამდენი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერება შეიძლება იქნას მიღებული მწერებისაგან. მაგრამ დღეისათვის გამოყოფილია მხოლოდ 60-მდე ტოქსიკური ნაერთი.

შხამიანია აბრეშუმის ჭიის სანერწყვე ჯირკვლების გამონაყოფი. შხამი შეიცავს ჭიანჭველმჟავის დიდ რაოდენობას და სხვა ტოქსიკურ კომპონენტებს. ადამიანის კანზე მოხვედრისას იგი იწვევს ანთებით პროგრესს, რომელიც მიმდინარეობს ქავილით და ტკივილით. ადრე თვლიდნენ, რომ ასეთი რეაქცია გამოწვეული იყო მუხლუხოს ზედაპირული ღინღით, მაგრამ ახლა დამტკიცებულია, რომ მრავალი მუხლუხოს ჯირკვლები შეიცავენ შხამს, ეს ეხება კომბოსტოს პეპელას მუხლუხოსაც, რომელთან შეხებაც იწვევს, მებოსტნეებში, ხელის დერმატიტებს.

აღმოსავლურ მედიცინაში აბრეშუმის ჭიის მუხლუხობებს იყენებდნენ ეპილეფსიის, გაციების და ზოგიერთი ქალური დაავადების მკურნალობისას, ამის შედეგად უმჯობესდება ძილი, ჭამის მადა და საერთო მდგომარეობა.

იაპონური სამკურნალო საშუალება **“ჰო-შიცუ”** შეიცავს მწერების ჰორმონს **“ეკდისტერონს”**, რომელსაც გამოყოფენ თუთის აბრეშუმხვევიას ჭუპრისაგან. ცნობილია, რომ ჭიამაიები საშიშროების შემთხვევაში ფეხების სახსრებიდან გამოყოფენ ნარინჯისფერ შხამიან სითხეს.

**შვიდწერტილიანი ჭიამაია** გამოყოფს სითხეს, რომელიც შეიცავს ალკალოიდს **“ადალენ”-ს** და **“კოკცინელინ”-ს**, ხოლო **თოთხმეტწერტილიანს** - აღმოაჩნდა ალკალოიდი **“პროპილინ”-ი**. დადგენილი იქნა, რომ **კოკცინელინი** მიეკუთვნება ალკალოიდების ახალ ტიპს და არ შეინიშნება მცენარეებში.

**ყველაზე დიდი გავრცელება ჰპოვა ფუტკრისაგან მიღებულმა სამკურნალო პრეპარატებმა**, უძველესი დროიდან სამკურნალო მიზნებით გამოიყენება მისი ცხოველმოქმედების ყველა პროდუქტი - ფუტკრის შხამი, ცვილი, თაფლი, რძე, პროპოლისი, დინდგელი.

**ფუტკრის შხამი (“აპიტოქსინი”)** კანში შეყვანისას იწვევს ძლიერ ტკივილს და მწვავე ანთებით რეაქციას. **შხამი ზრდის ლეიკოციტების რიცხვს**, ახდენს ადგილობრივ არტერიებისა და კაპილარების გაფართოებას, დაბლა სწევს სისხლის წნევას, ამაღლებს სისხლძარღვების გამტარუნარიანობას, **ახდენს ერითროციტების ჰემოლიზს**. განსაკუთრებით მგრძნობიარენი არიან მის მიმართ ადამიანის, ცხენისა და ძაღლის ერითროციტები. მოქმედებს რა პარასიმპატიკურ ნერვულ სისტემაზე, **ატროპინის** მსგავსად, **ფუტკრის შხამი** - დიდი დოზებით, იწვევს გულის კუნთის **კონტრაქტურას** და ლეტალურ შედეგს.

ძველად **ფუტკრის შხამით** მკურნალობას ჩვეულებრივად ატარებდნენ მეფუტკრეები. ეს ჯანდაცვის პრაქტიკაში შევიდა **აპითერაპიის** სახელწოდებით. ამ მეთოდს გააჩნდა მნიშვნელოვანი უარყოფითი მხარე, რადგანაც ფუტკრის შხამის შეყვანით ორგანიზმში, გარდა სასარგებლო კომპონენტებისა შედიოდნენ არასასურველი კომპონენტებიც, და გარდა ამისა, მკურნალობა ტარდებოდა მხოლოდ ზაფხულში, ფუტკრის ყველაზე დიდი აქტივობისას. ამიტომ დაიწყო მცდელობა, სუფთა სახით ფუტკრის შხამის მიღებისა. პირველად იგი მიიღო 1928 წელს **ნ. პოლაკმა**, ხოლო გერმანულმა ფირმა **„WOLF“-მა** დაიწყო მისი გამოშვება სახელწოდებით **„აპიკოზან“-ი**.

პრეპარატს ნიშნავდნენ კუნთებში შემხაპუნებით, სამი სხვადასხვა კონცენტრაციით - **ქრონიკული ართრიტებისას, ნევრალგიების და მიალგიების დროს**. შემდეგ ავსტრიაში დაიწყო წარმოება სხვა პრეპარატის - **„იმენინ“-ის**, რომელსაც ნიშნავდნენ იმავე დაავადებებისას.

ფარმაცევტულმა მრეწველობამ, შემდგომ პერიოდში, გამოუშვა 1,5%-იანი ფუტკრის შხამის ხსნარი ამპულებში **„აპიკურ“-ის** სახელწოდებით, ხოლო შხამისა და ნოვოკაინის ნარევი იწოდებოდა **„ფორაპინ“-ად**. ამ სახელწოდებით ყოფილ სსრკ-ში გამოდიოდა მალამო, იქვე შექმნილია პრეპარატები **„KΦ-1(ვენაპიოლინ-1)“** და **„KΦ-2 (ვენაპიოლინ-2)“**,

„ტოკსაპინ-ი (მელისინი)“, ეს უკანასკნელი დამუშავდა ხარკოვში ი. კონონენკოს მიერ ფუტკრის შხამის ფრაქციონირების გზით და გამოიყენებოდა წყლისა და ზეთის ხსნარების სახით. ის დაბლა წევდა სისხლის წნევას, აუმჯობესებდა ნივთიერებათა ცვლას, ხასიათდებოდა დამამშვიდებელი მოქმედებით.

ხარკოვის უნივერსიტეტისა და ტალინის ქიმიურ-ფარმაცევტული ქარხნის თანამშრომლობით შემუშავდა პრეპარატი „აპილიტ“-ი, რომელიც აძლიერებს ორგანიზმის იმუნიტეტს იონიზირებადი რადიაციის მიმართ.

გარეგანი მოხმარებისათვის სხვადასხვა დროს, სხვადასხვა ფარმაცევტული საწარმოების მიერ მზადდებოდა მალამოები, რომლებიც შეიცავდნენ ფუტკრის შხამს: მაგალითად, ყოფილ ჩეხოსლოვაკიაში აწარმოებდნენ მალამო „ფორაპინსაბლ“-ს, რომლის შემადგენლობაში, შხამის გარდა, შედიოდა სალიცილმჟავა და სილიკატის მცირე კრისტალები, წასმისას, ეპითელიუმის დამუშავებისათვის. იქვე აწარმოებდნენ მალამო „ვირაპინ“-ს.

დადგენილია, რომ შხამის რაოდენობა ერთი ფუტკრისაგან მერყეობს 0,4-დან 0,8 მკგ-მდე. აპიტოქსინი 100 °C-მდე გაცხელებისას 15 წუთის განმავლობაში კარგავს კანზე რეაქციის გამოწვევის უნარს, მაგრამ ინარჩუნებს კრუნჩხვით და პარალიტიკურ ეფექტს. იმავე ტემპერატურაზე გაცხელებისას 30 წუთში იგი კარგავს შხამის კრუნჩხვით კომპონენტსაც. შხამის დაყოვნება 15 წუთის განმავლობაში 150 °C-ზე მთლიანად ინაქტივირებს მას.

ფუტკრის შხამის ქიმიური შედგენლობა გულდასმითაა შესწავლილი და ძალზე რთულია. მასში შემავალი კომპონენტები შეიძლება დაიყოს სამ ჯგუფად: პეპტიდები, ბიოგენური ამინები და ფერმენტები. ფუტკრის შხამში, ძირითად ტოქსიკურ ნივთიერებად, წარმოდგენილია პოლიპეპტიდი „მელიტინი“. მისი კონცენტრაცია სუფთა შხამში აღწევს 50%-ს, იგი შედგება 26 ამინომჟავისაგან და მისი მოლეკულური მასაა 2840.

სხვადასხვა სახის ფუტკრების მელიტინი განსხვავებული აგებულებისაა. დღეისათვის შესწავლილია ფუტკრის ორგანიზმში ტოქსინის ბიოსინთეზის პროცესი და ჩატარებულია მისი ლაბორატორიული სინთეზი. მელიტინს გააჩნია უჯრედის მემბრანის ფოსფოლიპიდებთან ურთიერთქმედების უნარი, რაც იწვევს ფიზიოლოგიური ეფექტების ფართო სპექტრს, ისეთებს, როგორებიცაა - ერთროციტების ჰემოლიზი, უჯრედებიდან ჰისტამინის გამოთავისუფლება, მემბრანასთან დაკავშირებული ფერმენტების და უჯრედშიგა მეტაბოლიზმის აქტივობის შეცვლა.

მეორე მნიშვნელოვანი კომპონენტი ფუტკრის შხამისა - **MSD-პეპტიდი**, იგი შედგება 22 ამინომჟავისაგან და გააჩნია ორი დისულფიდური კავშირი. იგი ავლენს ტკივილგამაყუჩებელ მოქმედებას, ათეულჯერ სჭარბობს მელიტინს ჰისტამინის გამოთავისუფლებაში უჯრედებიდან. **MSD** მაღალ დოზებში ავლენს ანთების საწინააღმდეგო ეფექტს, რომელიც 100-ჯერ აჭარბებს ჰიდროკორტიზონის<sup>284</sup> მოქმედებას.

<sup>284</sup> თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის ჰორმონი

მეცნიერებმა დაადგინეს, თუ **MSD**-პეპტიდის მოლეკულის რომელი ნაწილი აგებს პასუხს ანთების საწინააღმდეგო თვისებაზე და რომელი - უჯრედებიდან ჰისტამინის გამოთავისუფლებაზე. ფუტკრის შხამის ნეიროტოქსიკური ეფექტი დაკავშირებულია პეპტიდ “**აჰამინთან**”.

დადგენილია, რომ ორგანიზმში მოხვედრისას იგი ძირითადად უკავშირდება, ზურგის ტვინის, წელის მონაკვეთის ნერვულ სტრუქტურებს, ღვიძლისა და გლუვი მუსკულატურის უჯრედებს. **აჰამინის** ნეიტროპული მოქმედება ვლინდება კრუნჩხვების განვითარებით.

**ფუტკრის შხამში** აღმოჩენილია და შესწავლილია სხვა **პოლიპეპტიდებიც**, რომელთა პროცენტული შემცველობა, ტოქსინში მცირეა. ყველაზე ცნობილი მათ შორის არიან: “**ტერტიაპინი**” - ხასიათდება გამონატული პრესინაპტიკური მოქმედებით; “**კარდიოპინი**” - იწვევს გულის მოქმედების ინტენსიფიკაციას; “**სეკაპინი**” - დამაწყნარებელი ეფექტი, სხეულის ტემპერატურის დაბლა დაწევა, ჰისტამინშემცველი პეპტიდი “**პროკამინი**” და სხვა ტკივილგამაყუჩებელი მოქმედების პეპტიდები.

**ბიოგენური ამინებიდან**, ფუტკრის შხამის შემადგენლობაში შედიან დიდი რაოდენობით **ჰისტამინი** და უმნიშვნელო რაოდენობით - **დოფამინი** და **ნორადრენალინი**. ძირითადი ფერმენტი, რომლის შემცველობა ფუტკრის შხამში აღწევს 12%, არის **ფოსფოლიპაზა A2**. ის გველების შხამის ფერმენტის მსგავსად ახდენს **ფოსფოლიპიდების ჰიდროლიზს ლიზოლეციტინის** წარმოქმნით, რომელიც, თავის მხრივ, შლის მრავალი ტიპის უჯრედის მემბრანას, ასევე არღვევს მედიატორთა გამოთავისუფლების პროცესს, პრესინაპტიკული ნერვული დაბოლოებების უჯრედებიდან.

ფერმენტი **გიალურონიდაზა**, ახდენს რა შემაერთებელი ქსოვილის შესაბამისი მჟავის ჰიდროლიზს, ხელს უწყობს ორგანიზმში ტოქსიკური კომპონენტების გავრცელებას.

ფუტკრის შხამში ასევე აღმოჩენილია **მჟავე ფოსფატაზა**, **α-გლუკოზიდაზა**, **ფოსფომონოესტერაზა**, **β-გალაკტოზიდაზა** და სხვ.

ორგანიზმზე ფუტკრის შხამის ზემოქმედების სპექტრი ძალზე ფართოა. იგი ახდენს ჰისტამინის მსგავს ეფექტებს სისხლის მიმოქცევაზე, მოქმედებს ნეიროტროპულად - ბლოკირებას უკეთებს რა იმპულსების გატარებას ნერვულ კვანძებში (განპირობებულია მელიტინის შემცველობით), დადებით გავლენას ახდენს გულ-სისხლძარღვთა სისტემის მოქმედებაზე - აწესრიგებს რა კორონარულ სისხლის ნაკადს და არითმიების დროს ნორმალიზებას უკეთებს გულის რიტმს.

ფუტკრის შხამის შეყვანა მკვეთრად აძლიერებს ტვინში სისხლის მიმოქცევას, რაც წარმოადგენს სამკურნალო ეფექტს ჰიპერტონული დაავადებისას. **MSD**-პეპტიდს გააჩნია ტკივილგამაყუჩებელი და ანთების საწინააღმდეგო მოქმედება; **აჰამინი** ზრდის თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქიდან, ჰორმონების გამოყოფას; **მელიტინს** ახასიათებს ანტიკოაგულანტური თვისება; **აჰი-ტოქსინი** სტიმულირებას უკეთებს ორგანიზმის ადაპტაციის მექანიზმებს, ახდენს რადიოდაცვით ეფექტს.

სამკურნალო მიზნით ასევე გამოიყენება **ფუტკრის წებო - პროპოლისი**, მისგან გამოყოფილია 20 დამახასიათებელი ნაერთი, ძირითადად ფლავონოიდური ბუნებისა. **პროპოლისის** ფარმაკოლოგიურმა გამოკვლევამ აჩვენა მისი ანთების საწინააღმდეგო, ტკივილგამაყუჩებელი და შემახორცებელი ფუნქცია. დადგენილია, რომ ის დამლუპველად მოქმედებს ასზე მეტი მიკროორგანიზმის შტამზე. ოფიციალურ მედიცინაში მისი გამოყენება დაიწყო „**პროპოლიზან**“-ის სახელწოდებით ინგლის-ბურების ომის დროს ცეცხლსასროლი ჭრილობების სამკურნალოდ. პროპოლისი აღმოჩნდა ეფექტური კანის დაავადებების მკურნალობისას.

**ფუტკრის წებოს** მალამოებითა და სპირტის ექსტრაქტებით მკურნალობდნენ ეკზემებს, ქვედა სახსრების წყლულებს, კანის ტუბერკულოზის ფორმებს, ფურუნკულებს, დამწვრობებს, ნაწოლებს. მას ნიშნავდნენ შინაგანი მიღებით, **კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლავის წყლულის მკურნალობისას**. პროპოლისის იყენებდნენ აეროზოლების სახით ქრონიკული ბრონქიტებისა და ფარინგიტების დროს, გარდა ამისა, მისმა ტკივილგამაყუჩებელმა უნარმა გამოიყენება ჰპოვა სტომატოლოგიაში.

ლატვიაში ათვისებული იყო მთელი რიგი პრეპარატების წარმოება პროპოლისის ბაზაზე. „**პროპალანი (პროპალანასი)**“ გამოიყენებოდა დამწვრობისას; **პროპოლისის ზეთი** გამოიყენება დერმატოლოგიაში კანის ზოგიერთი ინფექციური დაავადებისას (შედგება პროპოლისისა და ზეთუნის ზეთის ნარევისაგან თანაფარდობით 2:10). ამავე მიზნით აწარმოებდნენ **პროპოლისის 20 %-იან მალამოს ლანოლინ-ვაზელინის ბაზაზე** და სპირტხსნარს 80 %-იანი ეთილის სპირტში შეფარდებით 3:10.

პრეპარატი „**ვაივა**“ გამოიყენებოდა პირიდან არასასიამოვნო სუნის მოსაცილებლად, ხოლო „**პრომიკსი**“ - თვალის დაავადების სამკურნალოდ. **პროპოლისის** გამოყენების არეალი სამკურნალო პრაქტიკაში განუწყვეტლივ იზრდება.

სამკურნალო პრაქტიკაში გამოიყენება ჰპოვა მეფუტკრეობის კიდევ ერთმა პროდუქტმა - **ფუტკრის რძემ**. მისი გავლენით **დედა ფუტკრის ჭუპრი** სწრაფად იზრდება, 6 დღეში დიდდება 2700-ჯერ.

გარდა ამისა, ასეთი კვება საშუალებას აძლევს დედა ფუტკარს დადოს დღე-ღამეში 1500 კვერცხი, რაც ორჯერ აჭარბებს მის წონას, ასევე ახანგრძლივებს მის სიცოცხლის ხანგრძლივობას 3-5 წლამდე, მუშა ფუტკრები ცოცხლობენ 1-8 თვე. **ფუტკრის რძე** წარმოადგენს თეთრ, ყვითელი ელფერით, არაჟანისმაგვარ სითხეს მჟავე გემოთი.

გამოკვლევებით დადგინდა, რომ იგი შეიცავს 45,15 % ცილას, 13,55 % ცხიმებს, 20,39 % ნახშირწყლებს (გლუკოზა და ფრუქტოზა). **ფუტკრის რძის** შედგენლობაში ასევე შედიან ამინომჟავები, ვიტამინები, მიკროელემენტები, ჰორმონები და ზრდის ფაქტორები.

ცილებისა და ნახშირწყლების რაოდენობით ფუტკრის რძე აჭარბებს ძროხისას 5-ჯერ, ხოლო ცხიმების რაოდენობით - 2-3-ჯერ. მისი კალორიულობა 2-ჯერ მაღალია ქალისა და ძროხის რძისაზე.

ფუტკრის რძის მიღების ტექნოლოგია რთული და შრომატევადია. ფუტკრის ერთი ოჯახისაგან შესაძლებელია მიღებული იქნას 100 გრამი ფუტკრის რძე (ფუტკრის ოჯახისათვის მნიშვნელოვანი ზარალის მიყენების გარეშე).

ფუტკრის რძის ექსპერიმენტალურმა კვლევებმა დაადგინა, რომ ის ახდენს ორგანიზმზე ზოგად მატონიზირებელ მოქმედებას, აძლიერებს ნივთიერებათა ცვლას, აუმჯობესებს სისხლწარმოქმნას, გულის მუშაობას და საჭმლის მონელებას. ფუტკრის რძის თვისებებმა განაპირობა მრავალი პრეპარატის გამოშვება სხვადასხვა ქვეყნებში. ყველაზე ცნობილია შემდეგი სამკურნალო პრეპარატები: „აპიფორტილი“, „ულკოჟერალი“, „როიაპანი“ (გერმანია), „აპისერუმი“ (საფრანგეთი), „სპინტავიტი“ (იტალია), „ლონჟიპეკს-პლუსი“ (კანადა), „DH-112-ჰოლცინგერი“ (ავსტრია), „სუპერკონცენტრატი“ (რუმინეთი), „ვიტ-აპინალი“ (ყოფილი ჩეხოსლოვაკია), ყოფილ საბჭოთა კავშირში გამოდიოდა პრეპარატი „აპილაკი“ აბების სახით, რომელთაგან თითოეული შეიცავდა 10 მგ. ლიოფილიზირებულ ფუტკრის რძეს.

ფართო გამოყენება ჰპოვა ფუტკრის რძემ პარფიუმერულ წარმოებაში. ფუტკრის რძე აღმოჩნდა შესანიშნავი გამაჯანსაღებელი სამულაება დასუსტებული და დაავადებებისაგან გამოფიტული ადამიანებისა და მოხუცებულთათვის. მაღალი თერაპიული ეფექტი იქნა აღმოჩენილი კანის ზოგიერთი სახის დაავადებების მკურნალობისას. ახალი პროდუქტი გაცილებით ეფექტურია, ვიდრე მისგან დამზადებული პრეპარატები. კარგ ეფექტს იძლევა ფუტკრის რძის დიდი დოზებით (დღეში 100-200 მგ.) შინაგანად მიღება, მაგრამ იგი კარგავს აქტივობას კუჭში მოხვედრისას. ამიტომ სასურველია მისი მიღება ინექციების სახით ან ენის ქვეშ. ენის ქვეშ მოთავსებული პრეპარატი სწრაფად შეიწოვება და სისხლის ნაკადით იფანტება მთელ ორგანიზმში.

მეფუტკრეობის ყველაზე ხელმისაწვდომი პროდუქტი არის თაფლი, მისი სამკურნალო თვისებები აღწერილია მრავალრიცხოვან თანამედროვე სახელმძღვანელოებში. თანამედროვე მედიცინა რეკომენდაციას უწევს თაფლის გამოყენებას ღვიძლის, თირკმელების, კუჭ-ნაწლავის, სასუნთქი გზების, გულ-სისხლძარღვთა სისტემის, ნივთიერებათა ცვლის, ასევე ოფტალმოლოგიური და დერმატოლოგიური დაავადებების მკურნალობისას. როგორც დიეტურ პროდუქტს თაფლს არა ჰყავს ბადალი. ცნობილია, რომ 1 კგ. თაფლი იძლევა 3150-3350 კალორიას.

თაფლი სასარგებლოა ყველა ადამიანისათვის, განსაკუთრებით მძიმე დაავადება გადატანილთათვის, გონებრივი და ფიზიკური შრომით გამოფიტული ადამიანებისათვის. უკეთესი ათვისებისათვის თაფლი მიღებული უნდა იქნას კვებამდე 2 საათით ადრე 2-3-ჯერად, მოზრდილებმა 100-150 გრამი, ბავშვებმა 30-50 გრ დღე-ღამეში.

აღსანიშნავია, რომ ექიმები ცდილობდნენ გამოეყოთ და სამკურნალო მიზნებისათვის გამოეყენებინათ თაფლის ცალკეული ფრაქციები. ვ. მაღლაკელიძემ აღწერა პრეპარატი „კამელინის (M-1)“ თვისებები, რომელსაც ღებულობდნენ თაფლისაგან, მისი ნახშირწყლებისაგან განთავისუფლების გზით. ავტორი (ვ. მაღლაკელიძე)



აღნიშნავდა, რომ დაუმუშავებელი თაფლის შეყვანით დაჩირქებულ სიღრუეებში ფლეგმონებისა და მასტიტების დროს, იწვევდა ძლიერ ანთებით პროცესებს, ხოლო პრეპარატ **კამელინის** გამოყენება არ იწვევდა შესამჩნევ გართულებებს, იგი ახდენდა ანტიმიკრობულ და ჭრილობაშემხორციელებელ ეფექტს.

**ჯერ კიდევ ძველი დროის მკურნალებმა შენიშნეს, რომ თაფლის ჭრილობაშემხორციელებელი მოქმედება ძლიერდება, თუ იგი თერმულად მუშავდება.** ჭრილობების მკურნალობა გამომწვარი თაფლით დანერგა **ჰიპოკრატემ**. აღმოსავლეთის ქვეყნებში იყენებდნენ **გადადუღებულ თაფლს**, მას რეკომენდაციას უწევდა ავიცენა.

3. ჭანტურიშვილი და თ. ნათაძე თავიანთ მონოგრაფიაში - **„ზრდის შემაჩერებელი ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენება სიმსივნეთა ექსპერიმენტალურ თეორიაში“** (1955), აღწერენ **ბაზის თაფლისაგან** სხვადასხვა ფრაქციების მიღების ხერხს, ვიურცის კოლბაში, სხვადასხვა ტემპერატურებზე აქროლადობით. ასეთი გზით გამოყოფილი იქნა ფრაქცია, მიღებული 130-180 °C ტემპერატურაზე, რომელიც ფლობდა, ფუტკრის შხამის მსგავსად, ქსოვილებზე ძლიერ ნეკროტიზირებად უნარს. ეს ფრაქცია ასევე ფლობდა განსაკუთრებულად გამოხატულ ზრდის შემაჩერებელ თვისებებს. შემდგომში ავტორებმა დაადგინეს, რომ **ბაზების თაფლის** ეს ფრაქცია გაცილებით აქტიურია ფუტკრის თაფლის ანალოგიურ ფრაქციაზე. მას (ფრაქციას) პირობითად ეწოდა **„ბომაპინი“**.

უძველესი დროიდან ადამიანები იყენებდნენ მეფუტკრეობის კიდევ ერთ პროდუქტს - **ფუტკრის ცვილს (თაფლის სანთელი)**. იგი ქიმიური შედგენლობით რთულ ნივთიერებას წარმოადგენს და შედგება ათზე მეტი სხვადასხვა ნაერთისაგან. ცვილის მთავარი შემადგენელი ნაწილებია: **ცეროტინ - და მელისინმჟავები, ცეროტინომირიცილის ეთერი, ცერილის და მირიცილის სპირტები, პარაფინის რიგის ნახშირწყალბადები, მაღალმოლეკულური სპირტების და ცხიმოვანი მჟავების დიდი რაოდენობა, პიგმენტები და ეთერზეთები.**

ცვილს აქვს თაფლის არომატის მსგავსი სასიამოვნო სუნი, მისი ფერი მერყეობს ყვითელიდან ყავისფერამდე, 35 °C-ზე ზემოთ ხდება პლასტიკური და ლღვება 60-65 °C ტემპერატურაზე. ცვილი არ იხსნება წყალში, გლიცერინში და სპირტში, იხსნება მდუღარე სპირტში, სკიპიდარში, ეთერში და ცხიმოვან მჟავებში.

არსებობს რამდენიმე ხარისხის ცვილი. ყველაზე მაღალხარისხოვნად ითვლება სამეფუტკრეო ცვილი, იგი უშუალოდ მიღებულია საფუტკრიდან. ექსტრაქციულ ცვილს ღებულობენ თაფლის სანთლის გადამამუშავებელი ქარხნების ნარჩენებიდან. თეთრი ცვილი წარმოიქმნება ჩვეულებრივი ცვილის მზეზე გაჩერებით ან ასევე ჩვეულებრივი ცვილის ქიმიური მჟანგველებით დამუშავებისას, ამიტომ მას აკონსერვებენ გათეთრებისთანავე.

სამედიცინო პრაქტიკაში ყველაზე ხშირად იყენებენ ფუტკრის ყვითელ და ზოგჯერ თეთრ ცვილს. ისინი შედიან მრავალი სამკურნალო და კოსმეტიკური საშუალებების შედგენლობაში.

ძველთაგანვე, სახალხო მედიცინაში იყენებდნენ ჭიანჭველის სპირტს, სახსრებისა და ნევრალგიის სამკურნალოდ. **ტყის წითური ჭიანჭველების** შხამის შედგენლობაში, რომელსაც ყველაზე ხშირად იყენებენ ჭიანჭველის სპირტის მისაღებად, შედის **ჭიანჭველმჟავა**. სხვა ჭიანჭველების შხამში აღმოჩენილია: ეთერზეთები; ჰისტამინი; გლუვი კუნთების უცნობი ბუნების სტიმულატორი; აცეტილჰოლინი; გიალურონიდაზა; ამინომჟავები. ჭიანჭველის შხამი, კერძოდ ჭიანჭველმჟავა, ფლობს გამოხატულ ნეიროტროპულ ეფექტს.

აღმოჩნდა, რომ ჭიანჭველათა ზოგიერთი სახეობები გამოყოფენ არა მხოლოდ **ჭიანჭველამჟავას**, არამედ **ციტრონელალის და ციტრალის ნარევეს** (შეფარდებით 9:1).

**ციტრალი** ქიმიური სტრუქტურით მოგვაგონებს **ვიტამინ A-ს**, მას გააჩნია ტკივილგამაყუჩებელი და ანთების საწინააღმდეგო თვისებები, აფართოებს სისხლძარღვებს, დაბლა სწევს სისხლის არტერიულ წნევას. ეს ნივთიერება გამოიყენება კონიუქტივიტების, კერატიტების და ჰიპერტონიული დაავადებების სამკურნალოდ. ეფექტი ვლინდება დაბალი კონცენტრაციებისას.

ეს ნივთიერებები არა მარტო თვითონ არიან ტოქსიკური არამედ ხელს უწყობენ ჭიანჭველამჟავას შელწევას გარესაფარის გავლით.

ჭიანჭველებიდან გამოყოფილია ნივთიერება **„ირიდომირიცინი“**, რომელიც კლავს ქოლერის, ტიფის, ტუბერკულოზის გამომწვევებს და სრულიად უვნებელია ადამიანისათვის.

ჰეიდელბერგის უნივერსიტეტის პროფესორმა **შილდენეჰტმა** ქრომატოგრაფიული მეთოდებით, **ჭიანჭველა-ფოთოლმჭრელების** მეტათორაკული ჯირკვლებიდან უკვე ცნობილი ნივთიერებების - **„ფენილ-ძმარმჟავას“** და **„ბეტა-ინდოლილძმარმჟავას“** გარდა გამოყო კიდევ სამი ნივთიერება და სპექტროსკოპული კვლევებით დაადგინა მათი სტრუქტურა. ესენი აღმოჩნდნენ მჟავები: **„ბეტაჰიდროქსინანაკარბონმჟავა“** (მირმეკაცინი), **„ბეტა-ჰიდროქსიჰეპტანაკარბონმჟავა“** და **„ბეტა-ჰიდროქსიპენტანაკარბონმჟავა“**. ისინი აღმოჩნდნენ ძლიერი **ჰერბიციდები**, რის საშუალებითაც ჭიანჭველები ამყარებენ სისუფთავეს თავიანთ **„სოკოს პლანტაციებზე“**.

**ბეტა-ინდოლილძმარმჟავას** ჭიანჭველები იყენებენ **სოკოს მიცელების ზრდის სტიმულაციისათვის**. მედიცინაში ამ ნივთიერებმა გამოყენება არ ჰპოვეს, მაგრამ დიდია მათი გამოყენების შედეგად მიღებული დადებითი ეფექტების მნიშვნელობა ბიოტექნოლოგიაში.

აშშ-ის ტერიტორიაზე მოზინადრე წითელ ჭიანჭველებს აღმოაჩნდათ **შხამი**, რომელსაც გააჩნია **ანტიბიოტიკის** თვისებები. ის კლავს ობის სოკოებს და უმრავლეს მიკრობებს, მათ შორის სტრეპტოკოკებს და სტაფილოკოკებს. ამავე ჭიანჭველებს ასევე აღმოაჩნდათ ძლიერი შხამი **„ტრანს-2-მეთილ-6P-უნდეცილპიპერიდინი“**, რომელსაც უწოდეს **„სოლენოპსინ A“**, მას გააჩნია გამოხატული **ნეიროტოქსიკური** მოქმედება, იგი ბლოკირებას უკეთებს აცეტილჰოლინის აღმგზნებ მოქმედებას. ეს ეფექტი არ არის კონკურენტული.

სოლენოპსინი A იწვევს ჰისტამინის გამოთავისუფლებას უჯრედებიდან. ამ მექანიზმის ეფექტი განსხვავდება უკვე ცნობილი მექანიზმების, რომლებიც შეინიშნებიან „48/80“ ნივთიერებების<sup>285</sup> და ფუტკრის შხამის MSD-ჰეპტიდის გამოყენებისას. ჟურნალში “PROCEEDINGS OF HAWAII ENTOMOLOGICAL SOCIETY”(1982, N 1) გამოქვეყნებულია მასალა, სადაც მითითებულია ზოგიერთი ამერიკული ჭიანჭველების მიერ ჰალუცინაციების გამომწვევი ნივთიერებების გამომუშავების საშუალების შესახებ.

დღეისათვის ავთიაქტში გვხვდება ჭიანჭველის სპირტი, რომელიც მიიღება 14 გრამი ჭიანჭველამჟავის გახსნით 70 %-იან სპირტში. გამოდის ასევე ნარევი, შედგენილი ჭიანჭველისა და 2 % ქაფურის სპირტის თანაბარი წილებისაგან.

სამკურნალო თვისებები, ოთახის მწერებისა, ყველაზე სრულად არის შესწავლილი ტარაკანის მაგალითზე. აღმოსავლურ მედიცინაში უფროთ, მდებარე ტარაკანებს და ჭუპრებს უწოდებენ სასქესო ჯირკვლების მოქმედების მარეგულირებელ საშუალებას, პრეპარატს რომელიც ფლობს შარდმდენ მოქმედებას და ხელს უწყობს ძვლების შეზრდას.

რუსულ სახალხო მედიცინაში შავი ტარაკანები გამოიყენებოდნენ, როგორც შარდმდენი საშუალება წყალმანკის დროს. 1876 წელს პროფესორმა ს. ბოტკინმა დაავალა ერთ-ერთ თავის ორდინატორს - ექიმ ბოგომოლოვს გამოეცადა ტარაკანებისაგან მიღებული პრეპარატი, როგორც შარდმდენი საშუალება. ამ გამოკვლევათა მიღწევები გამოქვეყნდა ჟურნალში („Архив клиники внутренних болезней проф. С. П. Боткина 1879-1881гг.“). ტარაკანებისაგან დამზადებული პრეპარატების ფარმაკოლოგიური თვისებები აღწერილია 1882 წლის მედიცინის დოქტორის ხარისხის მოსაპოვებელ ნ. ჩერნიშევის დისერტაციაში „Материалы для фармакологии действующего начала черных тараканов *Blatta orientalis*“.

ხანგრძლივი ექსპერიმენტალური კვლევის შედეგებს, ნ. ჩერნიშევი, შემდეგ ჯგუფად წარმოადგენს დისერტაციის ბოლოს:

1. მჟავა (იგულისხმება ტარაკანის მჟავა - ACIDUM BLATTICUM, ასე უწოდა ჩერნიშევი ტარაკანებისაგან გამოყოფილი ნივთიერების აქტიურ საწყისს) ახდენს გულის მოქმედების მკვეთრ ცვლილებას.
2. ეს ცვლილებები გამოიხატება გულის ცემის სიხშირის შენელებაში, პრეპარატის მცირე დოზებისაგან და პულსის მკვეთრ გახშირებაში თუ პრეპარატის დოზა დიდია.
3. შენელება (პულსის) დამოკიდებულია გულის შემაკავებელი აპარატის გაღიზიანებაზე.
4. გახშირება (პულსის) პრეპარატის დიდი დოზებისას განპირობებულია გულის შემაკავებელი აპარატის დამბლით.

<sup>285</sup>ნაერთი 48/80 არის პოლიმერი, რომელიც წარმოიქმნება N-მეთილ-p-მეთოქსიფენეთილამინის ფორმალ-დეჰიდთან კონდენსაციის შედეგად. ის ხელს უწყობს ჰისტამინის გამოყოფას და ბიოქიმიურ კვლევაში ნაერთის 48/80 გამოიყენება უჯრედების დეგრანულაციის ხელშესაწყობად.

5. მჟავა დაბლა სწევს სისხლის წნევას, რაც (წნევის დაწევა) დამოკიდებულია მოგრძო და ზურგის ტვინის სისხლძარღვთა ცენტრების ქმედითუნარიანობის დაქვეითებაზე.
6. სიკვდილი ამ მჟავისაგან დგება გულის კუნთის დამბლის გამოვლენით.
7. მჟავა მოქმედებს როგორც შარდმდენი, მოქმედებს რა აღმზუნებად თირკმლის სეკრეტორულ ელემენტებზე.

მიუხედავად ტარაკანებისგან დამზადებული პრეპარატების აქტიური საწყისის ეფექტურობისა, მისი ქიმიური სტრუქტურა დღემდე უცნობია. მედიცინაში კიდევ ერთი მოვლენაა დაკავშირებული ტარაკანებთან. ამერიკელ მკვლევართა ჯგუფმა **ბ. შარერის** ხელმძღვანელობით დაადგინა, რომ ტარაკანებში შინაგანი სეკრეციის ორი ჯირკვლის ამოკვეთა განაპირობებდა სიმსივნური ახალწარმონაქმნების გაჩენას, ყველაზე ხშირად ზიანდებოდა მწერის მუცლის ორგანოები და სანერწყვე ჯირკვლები. აღმოჩნდა, რომ ასეთი ცვლილებების მიზეზი **რეკურენტული ნერვის** დაზიანებაა, რომელიც მჭიდროდაა დაკავშირებული შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლებთან. სიმსივნე ჩნდებოდა მხოლოდ იმ ორგანოებში, რომლებიც იყვნენ ამ ნერვის კონტროლის ქვეშ. ამ კვლევებმა დაადასტურა ნერვული სისტემის მნიშვნელობა სიმსივნური დაავადებების წარმოშობაში და შეავსო ცოდნა სიმსივნის გამომწვევ მექანიზმებზე.

სამკურნალო გამოყენება ჰპოვეს არაესთეტიკურმა და მომაბეზრებელმა **ბუზებმაც**. 1941 წელს, ქირურგიულ პრაქტიკაში **ბუზის ჭუპრები** გამოიყენა **ა. ელიაშევმა**. ბუზის ჭუპრები გამოიყენებოდნენ ინფიცირებული მოტეხილობების, ოსტეომელიტის სხვადასხვა ფორმების, ძვლების ტუბერკულოზის და ინფიცირებული კულტების (განმეორებითი ამპუტაციებისას) სამკურნალოდ.

ინფიცირება ამ შემთხვევაში ხდებოდა ძირითადად ოქროსფერი და თეთრი სტაფილოკოკით, ჰემოლიტური სტრეპტოკოკით, ლურჯ-ჩირქოვანი და დიფტერიის ჩხირებით. კვლევებისათვის გამოიყენებოდა მკაცრი ასეპტიკის პირობებში გამოყვანილი ჭუპრები PHORMIA REGINA, LUCILIA SERICATA, CALLIPHORA ERYTHROCEPHALA (ოჯახი MUSCIDAE), რომელთაც ათავსებდნენ ექსპერიმენტალური ცხოველების ჭრილობებში ყოველ 3 ან 5 დღეში ერთხელ. წინასწარ სრულდებოდა ყველა აუცილებელი ქირურგიული ღონისძიებები და შეყავდათ ტეტანუსის საწინააღმდეგო შრატი. ასეთი მკურნალობის შედეგად ჭრილობები სუფთავდებოდნენ, იწმინდებოდნენ ინფექციებისაგან, ეს, მკვლევართა აზრით, ხდებოდა ბაქტერიოფაგის გავლენით. შეხორცება მთავრდებოდა ექვს კვირაში, მძიმე შემთხვევებში გამოჯანმრთელება გრძელდებოდა 3-6 თვე.

თავდაპირველად გამეფდა აზრი, რომ ჭუპრები მექანიკურად ასუფთავებენ ჭრილობას, ჭამენ რა ნეკროტულ ქსოვილებს და ჩირქოვან ექსუდატს. მაგრამ ჭუპრების ექსტრაქტის გამოყენებამ (რომელიც მიიღებოდა მარილის ხსნარით) ანალოგიური ეფექტი გამოიღო. ამერიკელი ქირურგის **ლივინგსტონის** მონაცემებით (1932-1937 წწ.), ძვლებისა და რბილი ქსოვილების ჩირქოვანი დაზიანებების შეხორცება ცოცხალი

ჭუპრებისა და მათი ექსტრაქტის გამოყენებით 1587 ავადმყოფისათვის, შეინიშნებოდა 60-100 % შემთხვევებში, მაგრამ სასურველი შედეგი არ იყო მიღწეული ქრონიკული ჩირქოვანი ოსტეომიელიტის დროს. ტუბერკულოზური დაზიანებებისას, ჭუპრების ექსტრაქტი, ნაკლებ ეფექტური იყო - ახორცებდა შემთხვევათა მხოლოდ 5 %-ს. როგორია მოქმედების მექანიზმი აღწერილი თერაპევტული ეფექტისა?

სხვადასხვა მკვლევართა მიერ დადგინდა, რომ ჭუპრები ჭრილობაში გამოყოფენ **პროტეოლიტურ ფერმენტებს** და **შარდოვანას**. უკანასკნელი, ბუზების ჭუპრებისაგან დამზადებული ექსტრაქტის მსგავსად, ასუფთავებს ჭრილობას, დეზოდორირებას უკეთებს მას და თრგუნავს ინფექციას. **შარდოვანას** ასევე გააჩნია უნარი დაშალოს ნეკროტული ქსოვილები და მოახდინოს სუსტი ანტისეპტიკური ზემოქმედება. ჭუპრები ასევე გამოყოფენ ფერმენტ „ურეაზას“, რომელიც ხლეჩს **შარდოვანას ამიაკის წარმოქმნით**.

გარდა ამისა, ჭუპრებისაგან მიღებული ექსტრაქტის კვლევებისას, მის შემადგენლობაში აღმოჩენილი იქნენ **ალანტონი**, **კალციტი** და გოგირდმემცველი ნივთიერებები - **ცისტინი** და **გლუტათიონი**. აღნიშნულმა სამკურნალო მეთოდებმა ვერ მოიპოვეს ფართო გავრცელება, ჭუპრების გამოზრდის სირთულის, ჭრილობაში ინფექციების შეტანის საშიშროებისა და მეთოდის არაესთეტიურობის გამო. ამავე დროს ჩატარებულმა კვლევებმა ბიძგი მისცა ჭრილობა-შემხორცებელი ეფექტის ქიმიური ნივთიერებების, კერძოდ **ალანტონის** შესწავლას, რომლებიც გამოყოფილნი იყვნენ ჭუპრების ექსტრაქტიდან.

**ალანტონი** პირველად გამოყოფილი იქნა 1912 წელს, მცენარის „**SYMPHYTUM OFFICINALE**“ ექსტრაქტისაგან, რომელიც იყო ერთ-ერთი ყველაზე ძველი ხალხური საშუალება ჭრილობების და წყლულების სამკურნალოდ. მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ეს ნივთიერება წარმოიქმნება შარდმჟავისაგან **ფერმენტ „ურიკაზა“-ს** გავლენით ძუძუმწოვრების ორგანიზმში (ადამიანისა და „ადამიანის მსგავსი მაიმუნების“ გამოკლებით) და ზოგიერთ მცენარეში, განსაკუთრებით მათ ჩანასახებში. თავისი სახელწოდება ალანტონიმა მიიღო სიტყვიდან „**ალანტოის**“ - ჩანასახის ნაწილი, რომლის სითხეშიც იგი აღმოაჩინეს.

რამდენიმე ჰოსპიტალში გამოცდის შემდეგ **ალანტონი** რეკომენდირებული იქნა ქრონიკული ვარიკოზული წყლულების, ქრონიკული ოსტეომიელიტის, თერმული დამწვრობების, განგრენების და სხვა დაავადებათა სამკურნალოდ. შემჩნეული იქნა მსგავსება, ბუზების ჭუპრებისა და **ალანტონის** მოქმედებებში.

ითვალისწინებენ რა **ალანტონის** ფიზიოლოგიურ ინერტულობას, მისი მოქმედების მექანიზმს მრავალი მკვლევარი აკავშირებს შარდოვანასთან, რომელიც წყდება **ალანტონის** მოლეკულას მეტაბოლიზმის პროცესში.

სამკურნალო პრაქტიკაში, უკვე სამი ათასი წელია, წარმატებით იყენებენ სისხლის გამოშვების მეთოდს, დამყარებულს, **სამედიცინო წურბელებზე**. დადგენილი იქნა, რომ სისხლის წოვის დროს **წურბელას** სანერწყვე ჯირკვლებიდან გამოიყოფა ცილოვანი ბუნების განსაკუთრებული ნივთიერება - „**ჰირუდინი**“, რომელსაც გააჩნია სისხლის შედედების საწინააღმდეგო უნარი თრომბინის ინაქტივაციის მექანიზმით. **წურბელას**

სანერწყვე ჯირკვლების სეკრეტი შეიცავს ასევე ჰისტამინის მსგავს ნივთიერებას, რომელიც აფართოებს კაპილარებს. ჰირუდინის სამკურნალო თვისებების აღმოჩენის შემდეგ სამედიცინო წურბელების გამოყენება პრაქტიკაში შევიდა, როგორც მკურნალობის მეთოდი სახელწოდებით „ჰირუდოთერაპია“.

დასავლეთ ევროპაში და აშშ-ში ეს მეთოდი ფართოდ გავრცელდა ინგლისელი ექიმის როი სოიერის სამეცნიერო და პრაქტიკული გამოკვლევების შემდეგ, რომელმაც 1984 წელს უელსში დააფუძნა სპეციალური ლაბორატორია წურბელების შესასწავლად და გასამრავლებლად. სოიერის რჩევით ძალზე ეფექტურია წურბელების გამოყენება გულის სისხლძარღვების დაავადებისას, თრომბოზების, ჰიპერტონული დაავადების, ქირურგიული ჩარევის შემდგომი სისხლის მიმოქცევის აღდგენისას, პლასტიკური ოპერაციებისას, დაკარგული ორგანოების მიხორცების შემთხვევებში.

როი სოიერმა ექსპერიმენტალურად დაამტკიცა, რომ წურბელათა ეფექტურობის მთავარი საიდუმლო იმალება მათ ნერწყვში, რომელიც შეიცავს უნიკალურ კომპონენტებს. იყო მცდელობები სუფთა ჰირუდინის გამოყენებისა. აშშ-ის პატენტში N 3432596 აღწერილია მისი მიღების ხერხი.

შესწავლილია ზღვის ჭიებიდან მიღებული ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები. ექსტრაქციის გზით პოლიპეტების ერთერთი წარმომადგენლისაგან გამოყვეს ნაერთი „ტელეპინი“, რომელიც გამოიყენება კანის სოკოვანი დაავადებების წინააღმდეგ. ზღვის ჭიებში „ნემერტინებში“ აღმოჩენილია ნეიროტოქსინები ნიკოტინის მსგავსი მოქმედებით (ანაბაზინი და ნემერტილენი), ასევე პოლიპეპტიდური ბუნების ციტოტოქსინები, რომლებიც შერჩევით მოქმედებენ უჯრედის მემბრანაზე.

ზღვის ჭიებისაგან, რომელთაც პოლინეზიაში იყენებენ ონკოლოგიური დაავადების საწინააღმდეგოდ, მიღებულია პრეპარატი „ბენემინი“.

იაპონელმა მეთევზეებმა შენიშნეს, რომ ის მწერები, რომლებიც თევზის ჭერის დროს სხდებოდნენ სატყუარად გამოყენებულ ზღვის ჭიაზე, სწრაფად ილუპებოდნენ. ამ ჭიებისაგან გამოყოფილი შხამი „ნერეისტოქსინი“ ახდენდა ტოქსიკურ ზემოქმედებას ძუძუმწოვრებზეც კი.

1960 წელს პროფესორმა ჰაშიმოტომ და მისმა თანამშრომლებმა დაადგინეს სტრუქტურა უცნობი ტოქსინისა, რომელიც შემდგომ მიღებული იქნა ქიმიური სინთეზის გზით. ამ ნაერთის საფუძველზე იაპონიაში სინთეზირებულ იქნა ანალოგები, რომლებიც ტოქსიკური იყო მხოლოდ მწერებისათვის და არ წარმოადგენდა საშიშროებას ადამიანისათვის. ერთ-ერთი მათგანი „პადან“-ის სახელწოდებით გამოიყენება სოფლის მეურნეობაში ბრინჯის მავნებლების წინააღმდეგ საბრძოლველად. პადანის შექმნა - კარგი მაგალითია, ბუნებრივი, ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების გამოყენებისა, მათ ბაზაზე, ახალი მაღალეფექტური ნივთიერებების მიზანმიმართული სინთეზისა და სასოფლო სამეურნეო კულტურების ბიოლოგიური მეთოდებით დასაცავად ბიოპროდუქტის წარმოების ფარგლებში.

ფერომონები - ცხოველთა კომუნიკაციის ქიმიური საშუალებები

აღმოსავლეთის ქვეყნებში, უძველესი დროიდან, სამკურნალო მიზნებით იყენებდნენ ზოგიერთ ცხოველთა სპეციფიური ჯირკვლების სუნის მდენ სეკრეტებს (გამონადენებს). გამოყოფილი ნივთიერებები ემსახურებიან საპირისპირო სქესის ცხოველების მიზიდვასა და აღზუნებას, ასევე ცხოველის კუთვნილი ტერიტორიის მონიშვნას, თავდაცვის ფუნქციას.

**სუნმდენი ჯირკვლები** განლაგებულნი არიან სხეულის სხვადასხვა ადგილზე ძუძუმწოვრის სახეობის მიხედვით. ასეთი (სუნმდენი) ჯირკვლები გააჩნიათ ორივე სქესის სქესობრივად მომწიფებულ ინდივიდებს, მაგრამ როგორც წესი, მამრებს განვითარებული აქვთ უფრო ძლიერად. მდედრებს, სპეციფიური ნივთიერებები, რომლებიც იზიდავენ და აღაგზნებენ მამრებს, ჩვეულებრივ გამოუმუშავებიათ მხოლოდ ფიზიოლოგიური ციკლის დროს. სქესობრივი ციკლის სხვა ფაზებში მათი სუნი არ იზიდავს და არც შეჯვარების სტიმულირებას უკეთებს მამრებს. არსებობენ ჯირკვლები, რომლებიც თავდაცვის მიზნით გამოყოფენ უსიამოვნო(მყრალ) სუნს, რომელთა სეკრეტშიც შედის **მერკაპტანი**, მისი აღქმის ზღვარი ადამიანისათვის არის ძალზე დაბალი  $-4,3 \cdot 10^{-11}$  გ/სმ<sup>3</sup>.

**სუნმდენი ნივთიერების** ტიპიური და ყველაზე შესწავლილი ნივთიერებაა „**მუსკუსი**“- მოწითალო-მოყავისფრო ნივთიერება სპეციფიკური სუნით. **მუსკუსის** სუნმდენ საფუძველს წარმოადგენს „**მუსკონი**“ (მეთილციკლოპენტადეკანონი) 0,5-2%-მდე. ეს არის ზეთოვანი ნივთიერება დუდილის ტემპერატურით 142-143 °C, ქიმიური სტრუქტურით - **ციკლური კეტონი**. **მუსკუსს** ჰგავს სუნით და ქიმიური აგებულებით **მუსკუსის ვირთხის** სუნმდენი ნივთიერება - „**ეკზალტონი**“ (ციკლოპენტადეკანონი). ინდური ვივერის და ტიბეტური კატისაგან გამოყვეს „**ცივეტონი**“ (ციკლოჰექსატადეცენ-9-ონ).

გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ მიუხედავად ერთნაირი მუსკუსის სუნისა, სუნმდენი სეკრეტები სხვადასხვა ცხოველებისა, შეიცავენ სხვადასხვა ქიმიური აგებულების ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს. მაგალითად, **თახვის პრეპუციალური ჯირკვლების სეკრეტი** („თახვის ნაკადი“), რომელიც სიროფისმაგვარი მასაა, შეიცავს 40-მდე სხვადასხვა ნივთიერებას.

აღმოსავლეთის ქვეყნებში, სამკურნალო მიზნებისათვის ყველაზე ხშირად იყენებდნენ **მუშკის (MOSCHUS MOSCHIFERUS) მუსკუსის ჯირკვლის** სეკრეტს. მოზრდილი მამრის მუსკუსის ჩანთა შეიცავს 30-50 გრ. **მუსკუსს**. გამოშრობისას მისი ძლიერი და მდგრადი სუნი ქრება და კვლავ ჩნდება დასველებისას. მუსკუსის სუნი იგრძნობა კონცენტრაციაში 1:100 000 000 000.

**ჩინურ მედიცინაში** ამ სამკურნალო საშუალებას ღებულობენ შინაგანად (პეროს): სისხლნაკლებობის, ნევრასტენიული მდგომარეობის, გულყრების, ძილის დროს მოუსვენრობის, ბავშვების ისტერიისა და კრუნჩხვების დროს, ასევე როგორც ზოგად მატონიზირებელ და გულის კუნთის მატონიზირებელ პრეპარატს. იგი ითვლება სწრაფმოქმედ წამლად.

**ევროპული მედიცინა** იყენებდა **მუსკუსს**, როგორც აღმგზნებ საშუალებას, გულყრების დროს და როგორც დამაწყნარებელ და კრუჩხვის საწინააღმდეგო წამალს ისტერიის დროს. მას ნიშნავდნენ სხვა სამკურნალო პრეპარატებთან ერთად ნარევის სახით.

მუსკუსი შედის **ავიცენას** მიერ შედგენილ მრავალ რეცეპტურაში. რუსულ ხალხურ მედიცინაში იყენებდნენ სუნმდენ ნივთიერებას „**თახვის ნაკადს**“, რომელიც თახვის ბეწვზე 4-ჯერ ძვირი იყო. ეს სამკურნალო ნივთიერება ძალზე ეფექტურია ნერვული და გულ-სისხლძარღვთა დაავადებების, შაკიკის, რბილი ქსოვილების ტრამვის, კანის დაჩირქების და გულყრების დროს. მას იყენებდნენ მშობიარობის დაჩქარებისათვისაც.

**თახვის ნაკადის** ქიმიური შედგენლობა დადგინდა 1954 წელს. დამუშავებულია მეთოდისა მისი მიღებისა ცოცხალი თახვისგან. დღეისათვის თახვის ნაკადს იყენებენ პარფიუმერიაში უმაღლესი ხარისხის სუნამოების დასამზადებლად.

**მუსკუსი** და **თახვის ნაკადი**, როგორც სამკურნალო ნივთიერებები დღეს დავიწყებულნი არიან, ისინი შეცვალეს თანამედროვე საშუალებებმა. **მუსკუსს** ძალზე გავს აგებულებით ყველასათვის ცნობილი **ქაფური**. მის მოლეკულას აქვს ციკლური სტრუქტურა კეტო-ჯგუფით, მაგრამ შეიცავს ნახშირბადის ატომების გაცილებით მცირე რაოდენობას. **ქაფურს** გააჩნია ისეთივე თერაპიული ჩვენებები, როგორიც აქვს **მუსკუსს**. საშიშროების შემთხვევაში ზოგიერთ ცხოველთა სუნმდენი ჯირკვლები გამოყოფენ სეკრეტს, განგამისას ცხოველები ზემოთ სწევენ კუდებს და ხსნიან ჯირკვლების არხებს, იყნოსენ რა ამ სუნს, სხვა ინდივიდებს ეძლევათ თავდაცვითი ორიენტირების საშუალება.

აღმოსავლეთში, **ირმის კუდის** გამოყენება სამკურნალო მიზნით პრაქტიკაში იყო ათასწლეულების განმავლობაში. მათი ნახარშები, ექსტრაქტები, ნაყენები ინიშნებიან: სისხლ-ნაკლულობის, სიგამხდრის, იმპოტენციის დროს. მდებრი ირმის კუდები უფრო ძვირად ფასობენ ვიდრე მამრისა. აღსანიშნავია სუნმდენი ნივთიერების მნიშვნელობა თავად ცხოველთა ცხოველმოქმედებისათვის. ცხოველთა ორგანიზმის ყველა უჯრედი მუდმივად იმყოფება ქიმიური ინფორმაციის გადაცემის პროცესში.

**ჰორმონები** (ენდოკრინული ორგანოების ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები) ახდენენ უჯრედებზე დისტანციურ გავლენას, ხოლო **მედიატორები** (ნივთიერებები, რომელთა გამომუშავება ხდება ნერვული დაბოლოებებით) მოქმედებენ უშუალოდ უჯრედის მემბრანაზე. დამტკიცებულია ასევე უშუალო შეხებაში მყოფი უჯრედების ქიმიური ურთიერთქმედება. როგორც ჩანს, **ყნოსვა ქემორეცეპციის სახით**, ცხოველებში ჩამოყალიბდა სხვა გრძნობებზე ადრე.

მსოფლიო ოკეანის პირველი ცოცხალი ბინადარნი უნდა რეაგირებდნენ წყალში გახსნილ ნივთიერებებზე. ახლა უკვე დადგენილია, რომ ყნოსვა ასრულებს უზარმაზარ როლს ცოცხალ ორგანიზმებში, მწერებიდან ძუძუმწოვრებამდე, მხოლოდ ადამიანისათვის მისი (ყნოსვის) მნიშვნელობა მცირედაა შესწავლილი.

სავარაუდოა, რომ ინფორმაციის ასეთი ხერხით გადაცემა ადამიანისათვისაცაა დამახასიათებელი, ოღონდ ეს ხორციელდება შეუცნობლად. ეს სფერო საინტერესოა



ორგანიზმზე მიზანმიმართული გავლენის შესაძლებლობათა შემუშავების თვალსაზრისით. იმ ნივთიერებათა აღნიშვნისათვის, რომელთაც ცხოველები გარემოში გამოყოფენ სხვადასხვა ქცევითი რეაქციებისა და განვითარების პროცესების რეგულირებისათვის, შვეიცარიელმა ზოოლოგმა მ. ლიუმერმა და გერმანელმა ბიოქიმიკოსმა პ. კარლსონმა 1959 წელს შემოიტანეს ტერმინი „ფერომონები“. ამავე ნივთიერებების აღნიშვნისათვის რუსულ სამეცნიერო ლიტერატურაში ი. კირშენბლატის მიერ დაფუძნებულია და გამოიყენება ტერმინი „ტელერგონები“.

თვლიან, რომ ფერომონები ახდენენ ორი სახის ზეგავლენას: პირველი - დაუყოვნებელი და ქცევის შექცევადი ცვლილება, დაკავშირებული ნერვულ სისტემაზე ზემოქმედებასთან; და მეორე - ნელი ცვლილება, რომელიც იწვევს ფიზიოლოგიურ ცვლილებათა ჯაჭვს იმავე სახის ცხოველებში.

ადამიანთა ცხოვრებაში სუნების მნიშვნელობა არასაკმარისადაა შესწავლილი, თუმცა ცხადია, რომ ისინი თამაშობენ მნიშვნელოვან როლს. უკვე ორი კვირის ასაკიდან ბავშვები ცნობენ დედას. სამი-ხუთი წლის ბავშვები ასევე კარგად არჩევენ დედის სუნს და პირიქით. სუნებს გააჩნიათ მნიშვნელობა ადამიანთა სქესობრივ ქცევებში, მაგრამ ჯერჯერობით აღნიშნულ მოვლენათა მოლეკულური მექანიზმები შესწავლილი არ არის.

სუნების კიდევ ერთი საინტერესო თვისება იქნა აღმოჩენილი ამერიკელ მეცნიერთა ჯგუფის მიერ ჯორჯ ვაშინგტონის სახელობის უნივერსიტეტში (მისურის შტატი). მკვლევარებმა შეძლეს ესწავლებინათ ლაბორატორიული ვირთხებისათვის გაერჩიათ სუნით, ბიპოლარული ფსიქიური აშლილობის მქონენი ჯანმრთელი ადამიანებისაგან.

მეცნიერებმა გამოყვეს სუნმდენი ნივთიერებები ბიპოლარული ფსიქიური აშლილობის მქონეთა ოფლიდან, დაადგინეს მისი სტრუქტურა და დაასინთეზეს. იგი შემდეგი ნომენკლატურული სახელდებითაა: ტრანს-3-მეთილ-2-ჰექსენმჟავა.

აღწერილი აღმოჩენა არის დემონსტრაცია ფერომონების ქიმიის გამოყენებისა დაავადებათა დიაგნოსტიკაში ზემოთაღნიშნულთან დაკავშირებით საკმარისია „არომოთერაპიის“ (ტერმინი შემოტანილია ფრანგი ქიმიკოსის რენე მ. ჰატეფოსის მიერ 1928 წელს და ნიშნავს „სუნის გამოყენება სამკურნალოდ“) გახსენება.

არომოთერაპია სამკურნალოდ იყენებს მცენარეთა ბუნებრივ სუნებს, იგი ავადმყოფს კურნავს ორგანიზმის თვითგამაჯანსაღებელი ძალების სტიმულირების გზით. არომოთერაპია სცილდება ამ სახელმძღვანელოს თემატურ ფარგლებს და იგი ცალკე მსჯელობის საგანია.

### **ცხოველთა კერატინების გამოყენება ფარმინდუსტრიის ნედლეულად**

ყველაზე ძველი დამწერლობითი დოკუმენტები, სადაც წამლების რეცეპტურაა მოყვანილი, არის ეგვიპტური პაპირუსები ფარაონ სპოფრუ-ს ეპოქისა (3700 წელი ჩვ. წ.ად-მდე). აქ მოყვანილი ზოგიერთი რეცეპტები ერთი შეხედვით გულუბრყვილოდ გამოიყურებიან. მაგალითად, თმის ზრდის უზრუნველყოფისათვის გამოიყენებოდა

ფინიკის პალმის ყვავილები, ძაღლის ბრჭყალები და სახედრის ჩლიქების ზეთში ნახარში, რომელიც საცხის სახით შეიზილებოდა თმებში.

პრაქტიკულმა მედიცინამ დაამტკიცა, რომ ეს რეცეპტები არც ისე გულუბრყვილოა. დიდი ხნის განმავლობაში ევროპელი მეცნიერები სკეპტიკურად ეპყრობოდნენ წამლებს რქებისაგან, ჩლიქებისაგან, ისევე როგორც მთელ აღმოსავლურ მედიცინას. მათთვის დაუჯერებელი იყო, რომ ერთი და იგივე სამკურნალო საშუალებებს შეეძლოთ კეთილისმყოფელი თერაპევტიული ეფექტის მოხდენა სხვადასხვა ერთმანეთისაგან განსხვავებულ დაავადებებზე. ასეთი სამკურნალო საშუალებების მიმართ ინტერესი გაიზარდა XX საუკუნის დასაწყისში.

დღეისათვის დადგენილია, რომ ჩლიქები, რქები და ბრჭყალები შედგებიან რქოვანი ნივთიერებისაგან - „კერატინებისაგან“. **კერატინები** - ესაა მსგავსი თვისებების მქონე ცილოვანი ნივთიერებათა ჯგუფი, ამიტომ ეს ტერმინი იხმარება მრავლობით რიცხვში. **კერატინები** - ცილოვანი ნივთიერებები, რომლებიც შედიან დაცვითი ფუნქციების მატარებელ ქსოვილებში: თმებში, ტყავში, ჯაგარში, ბუმბულში, უზრუნველყოფენ ჩამოთვლილი ქსოვილების მდგრადობას გარე ზემოქმედების ფაქტორების: გაცხელების, ქიმიური ნივთიერებების, მექანიკური დატვირთვების მიმართ.

**კერატინების** დამახასიათებელი ნიშანია – **გოგირდშემცველი ამინომჟავების** მაღალი შემცველობა, რომელთა დაწვისას გამოიყოფიან გოგირდოვანი ნაერთები, აქედანაა დამწვარი რძის სპეციფიური სუნის ხოლო გოგირდი თითქმის უცვლელად შედის მრავალი, თანამედროვე, ეფექტური სამკურნალო საშუალების შემადგენლობაში.

აღმოსავლეთ აზიის ქვეყნების ხალხურ მედიცინაში 2000 წელზე მეტია გამოიყენება ლაქებიანი ირმის გაუძვალელებელი რქები („პანტები“); როგორც სუფთა სახით, ასევე სხვა სამკურნალო საშუალებებთან ერთად, მათ ფართოდ იყენებდნენ ანემიის, გამოფიტვის, ინფექციების შემდგომი ორგანიზმის საერთო სისუსტისას, გულსისხლძარღვთა სისტემის უკმარისობისას, ჭრილობათა შეხორცების გაჭიანურებისას, სასქესო ორგანოების ფუნქციის აღდგენისათვის და ა. შ.

აღმოსავლეთის ქვეყნებში იყენებენ არა მხოლოდ მზარდ, არამედ გაძვალელებულ რქებსაც. **ჩინურ მედიცინაში** ლაქებიანი ირმის სხეულის ყველა ნაწილი სამკურნალოდაა მიჩნეული: კბილები, ძვლები, ტვინი, სისხლი, ხორცი, ტყავი, მყესები, ნაღველი და ა.შ. ლაქებიანი ირმის გამომშრალი მყესების (გაქნილი სახით) ნახარში სხვა საშუალებებთან ერთად (5-8 გრამი თითო მიღებაზე) ჩინელი ექიმების მიერ ინიშნებოდა გამოფიტვის და სისუსტის დროს. ირმების მზარდი რქებისაგან დამზადებულ აღმოსავლური წამლები წარმატებით გამოიყენება დღესაც. მაგრამ ამ ეფექტური სამკურნალო საშუალებების აღიარება მეცნიერული მედიცინის მიერ უცებ არ მომხდარა.

რუსი ექიმების მიერ (ლ. ტიმოფეევსკი, ა. მასლენიკოვი, ა. პრეობრაჟენსკი და პ. ბოჩკარიოვი) 1924 წელს დაიწყო პანტების საძიებო ფარმაკოლოგიური კვლევები. პანტების როგორც სამკურნალო საშუალებათა ნედლეულის დაწვრილებითი ლაბორატორიულ-კლინიკური შესწავლის ორგანიზება დაიწყო 1932 წლიდან პროფესორ ს. პავლენკოს ხელმძღვანელობით. მის მიერ შემუშავებულია, სამკურნალო პრეპარატ

„პანტოკრინის“ დამზადების მეთოდის (10%-იანი ექსტრაქტი დაყენებულია 50 %-იან ეთილის სპირტზე) და ორგანიზებულია სამეცნიერო სამუშაოები ამ პრეპარატის ფარმაცოლოგიის და სამკურნალო მოქმედების ყოველმხრივი შესწავლისათვის. ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინეს პანტოკრინის ძირითადი ფარმაცოლოგიური თვისებები და შექმნეს მეცნიერული საფუძველი, სამკურნალო პრაქტიკაში, მისი ფართო გამოყენებისათვის.

რას წარმოადგენენ პანტები? ესენია მზარდი (გაუძვალელები) რქები ირმისა, რომელიც მოხსნილია (მოჭრილია) ზრდისა და განვითარების განსაზღვრულ სტადიაზე. მათ დამახასიათებელ თვისებურებას წარმოადგენს რქების ყოველწლიური ცვლა. ეს პროცესი გრძელდება ცხოველის მთელი სიცოცხლის განმავლობაში. პანტების სამკურნალო ღირებულების მაქსიმუმი დგება მაშინ, როცა რქები სრულად არაა განვითარებული - ეს ისაზღვრება წანაზარდების მასით, ზომით და რაოდენობით. ისინი (პანტები) უნდა იყვნენ კარგად ნაკვები, გაძვალეების ნიშნების გარეშე, გადაჭრის ადგილზე - ფორიანები.

დადგენილი იქნა, რომ პანტების ზრდისას მათი სამკურნალო აქტივობა იცვლება. ადრეულ სტადიაზე, პანტების ზრდისას მათი სამკურნალო აქტივობა იცვლება. ადრეულ სტადიაზე, პანტების ასაკის მომატებასთან ერთად შეინიშნება მათი ფარმაცოლოგიური აქტივობის მკვეთრი ზრდა, მაგრამ ეს გრძელდება განსაზღვრულ მომენტამდე, ხოლო შემდეგ რქების ზრდისას თანდათან კლებულობს (აქტივობა). გარდა ამისა, შესწავლილი იქნა სხვადასხვა ნაწილების ბიოლოგიური აქტივობა - წვეროები, ლულა, თვალზედა წანაზარდი და სისხლი.

შედარებისათვის იყენებდნენ მთლიან პანტს. ყველა ნაწილიდან მაქსიმალური აქტივობა გააჩნია წვეროს, რომელიც 25 %-ით უფრო აქტიურია მთლიან პანტზე. ირმების რქები ხასიათდება რთული ქიმიური შემადგენლობით, ისინი შეიცავენ: ორგანულ ნივთიერებებს (52-57 %), ნაცარს (30-35 %), აზოტს (9-10 %) და ცხიმებს. პანტების მინერალური შემადგენლობა მდიდარი და ნაირგვარია. ზრდადი რქების ნაცარში აღმოჩენილია კალციუმი, მაგნიუმი, რკინა, სილიციუმი, ფოსფორი, ნატრიუმი, კალიუმი და სხვა ელემენტები. მცირე რაოდენობით შედიან ნიკელი, სპილენძი, ტიტანი, მანგანუმი, კალა, ტყვია, ბარიუმი.

პანტებისაგან გამოყოფილია 25 სახის სხვადასხვა ამინომჟავა, რომელთა 38 %-ს შეადგენენ გლიცინი, პროლინი და გლუტამინჟავა. პანტები შეიცავენ დიდი რაოდენობით ლიპიდებს, რომელთა შემადგენლობაში შედიან ფოსფატიდები, ქოლესტერინი და ქოლესტერინის ეთერები. მზარდი რქების მრავალფეროვანი ქიმიური შემადგენლობა მიგვანიშნებს იმაზე, რომ ორგანიზმზე მოქმედებს არა ერთი ნივთიერება, არამედ ნაერთთა კომპლექსი, როგორც ორგანული, ასევე მინერალური. დადგენილი იქნა, რომ გულ-სისხლძარღვთა სისტემაზე ყველაზე აქტიურ ზემოქმედებას ახდენენ აზოტოვანი, ხოლო კუჭ-ნაწლავის ტრაქტზე - პანტების ექსტრაქტის (პანტოკრინის) ლიპოიდური ფრაქციები.

ამ სფეროს მომავალი კვლევების ძირითადი მიმართულება განისაზღვრება აქტიურად მოქმედ ნივთიერებათა ბუნების გაშიფვრაში. მრავალწლიანი კვლევების შედეგად გამოვლინდა პანტების სამი ძირითადი თვისება: ორგანიზმზე მატონიზირებელი მოქმედება, რომელიც სტიმულირებას უკეთებს სქესობრივ ფუნქციას და აჩქარებს ჭრილობათა შეხორცებას. ორგანიზმზე პანტოკრინის გავლენა ძირითადად ხორციელდება ნერვული სისტემის საშუალებით, ამ მხრივ უმნიშვნელოვანეს როლს თამაშობს ნერვული სისტემის ვეგეტატიური პარასიმპატიკური ნაწილი.

სხვადასხვა სპეციალობის ექიმების მიერ დიდი ხანია შენიშნულია ორგანიზმის საერთო ტონუსის კავშირი სხვადასხვა დაავადებების მიმდინარეობასა და შედეგთან. დადგენილია, რომ **ტონუს დაწეული ორგანიზმი** მნიშვნელოვან წილად კარგავს თავის დაცვით თვისებებს და ამის გამო ძალზე მიდრეკილია სხვადასხვა მოშლილობისაკენ.

დაავადებათა უმრავლესობა ასეთ შემთხვევებში, ჩვეულებრივ, მიმდინარეობს გაცილებით მძიმედ. ორგანიზმის საერთო ტონუსის ამაღლება არა მარტო აადვილებს დაავადების მიმდინარეობას, არამედ ხშირად გამორიცხავს თავად დაავადების წარმოშობის საშუალებასაც. ამიტომ სამკურნალო პრაქტიკაში ძალზე დიდი მნიშვნელობა აქვს საერთო მატონიზირებელ სამკურნალო საშუალებათა გამოყენებას. ასეთი სახის პრეპარატებს შორის, **პანტოკრინს**, უცილობლად, ეკუთვნის ერთ-ერთი პირველი ადგილი. პრეპარატის გამოყენება დადებით ეფექტებს ახდენდა მთელი რიგი დაავადებებისას: ნევროზებისას ხდებოდა ავადმყოფთა ძილის ნორმალიზება, უმჯობესდებოდა საერთო გუნება-განწყობილება, იზრდებოდა შრომისუნარიანობა; ქალებში კლიმაქტერიული ნევროზისას მაღალი წნევა ძირს იწევდა; უმჯობესდებოდა იმ ადამიანთა საერთო მდგომარეობა, რომელთაც აწუხებდათ გულსისხლძარღვთა სისტემის მოშლა, კუჭის წყლული, ქრონიკული გასტრიტი, ჰეპატიტი, ჰოლეცისტიტი.

**პანტოკრინი** ახდენდა საერთო გამამაგრებელ და გამაჯანმრთელებელ მოქმედებას გრიპის შემდგომი გაჯანსაღების პერიოდში და გამოფიტულ, ქირურგიული ოპერაციებით დასუსტებულ ავადმყოფთა გაჭიანურებულად მიმდინარე დაჩირქების პროცესისას. ამასთან პრეპარატი ასტიმულირებდა ჭრილობათა შეხორცებას.

სამხედრო-საველე ქირურგიაში **პანტოკრინის** გამოყენება (ადგილობრივად და შინაგანად) ნაწოლებისა და ჭრილობების მკურნალობისას იძლეოდა მნიშვნელოვან თერაპევტულ ეფექტს. პრეპარატით სამი-ოთხი ჩამორეცხვის შემდეგ ნაწოლები სუფთავდებოდნენ და რამოდენიმე ხნის შემდეგ ჭრილობა ხორცდებოდა.

**პანტოკრინი** მნიშვნელოვნად აჩქარებდა ექსპერიმენტალურ ჭრილობათა შეხორცებას ძაღლებში, რომლებიც (ჭრილობები) ჩნდებოდნენ თერმული (ღია ალი, ორთქლი) და ქიმიური (გოგირდმჟავათი მიყენებული) დამწვრობებისას. მისი **ტოქსიკურობა** უმნიშვნელოა.

უძველესი დროიდან ითვლება, რომ პანტები წარმოადგენენ ქმედით საშუალებას, სასქესო სისტემის სხვადასხვა ფუნქციონალური აშლილობისას, როგორც მამაკაცებში, ასევე ქალებში. მაგრამ კლინიკური დაკვირვებები ამ მხრივ ძალზე ცოტაა ჩატარებული.

როგორ ამზადებენ **პანტოკრინს**? პანტების მოხერხვის შემდეგ მას აკონსერვებენ (თუმცა ახლადმოხერხილი პანტები ხასიათლებიან მაქმისალური აქტივობით). დაკონსერვებული ნედლეული ინახება მრავალი წელი.

**პანტოკრინის მოსამზადებლად** რქას ფქვავენ და ფხვნილს ასხამენ ეთილის სპირტს. რამდენიმე დღის შემდეგ ხსნარს ფილტრავენ და ღებულობენ ცნობილ სამკურნალო პრეპარატს - მოყვითალო სითხეს ფენოლის სუსტი სუნით. **ჩინურ მედიცინაში** პანტებს იყენებენ ფხვნილის სახით (0,5-1,0 გრ. თითო მიღებაზე) და იშვიათად წყლიანი ექსტრაქტების სახით (10:200).

ჩინეთში, ირმის რქების გარდა, სამკურნალო მიზნით იყენებენ სამხრეთ და ცენტრალური აზიის ანტილოპას რქებს. ბურბუშელას ამ რქებისაგან იყენებენ, როგორც ანტიტოქსიკურ, სპაზმოლიტურ, დამაწყნარებელ და სიცხის დამწვევ საშუალებად.

დღეისათვის დაკლული საქონლის რქებისა და ჩლიქებისაგან, მჟავური ჰიდროლიზის, ექსტრაქციის და ქიმიური გაწმენდის გზით ღებულობენ **გლუტამინმჟავას**. ეს ნაერთი მონაწილეობს ორგანიზმში აზოტის ცვლის პროცესებში, გვევლინება რა **ასპარაგინმჟავასა** და **ალანინთან** ერთად უმრავლეს სხვა **ამინომჟავათა** გარდაქმნის პროდუქტად.

**გლუტამინმჟავა** ხელს უწყობს ამიაკის გაუვნებელყოფას უვნებელ გლუტამინში გარდაქმნის გზით, რომელიც აძლიერებს ამიაკის გამოყვანას თირკმელებით ამონიუმის მარილების სახით. **გლუტამინმჟავის** დიდი რაოდენობაა ტვინის თეთრი და რუხი ნივთიერებების ცილებში, სადაც **ამიაკის** გაუვნებელყოფის პროცესებს აქვთ ძალზე დიდი მნიშვნელობა ნერვული სისტემის ნორმალური ფუნქციონირებისათვის, მისი დანიშვნა ასტიმულირებს ჟანგვით პროცესებს ტვინში, ხელს უწყობს **აცეტილჰოლინის** და **ადენოზინტრიფოსფორმჟავის (ATP-ატფ)** სინთეზს, კალციუმის იონების გადატანას.

**გლუტამინმჟავა** თამაშობს მნიშვნელოვან როლს ჩონჩხის მუსკულატურის ფუნქციონირებაში, იგი კუნთების ბოჭკოების ცილების ნაწილია. მას იყენებენ ცენტრალური ნერვული სისტემის დაავადებებისას - ეპილექსიები, ფსიქოზები, ფსიქიური განვითარების შეფერხება ბავშვებში, დაუნის დაავადება, პოლიომიელიტი და ცენტრალური დამბლები. პრეპარატი ასევე ინიშნება ნეიროტოქსიკური მოვლენების პროფილაქტიკისა და შედეგების მოხსნისათვის.

რქებისა და ჩლიქებისაგან ღებულობენ ასევე ძვირფას სანედლეულო პროდუქტს - „**თიროზინს**“, რომელიც არის წყარო, ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონების, - „**თიროქსინის**“ და „**ტრიოდთირონინის**“ სინთეზისა. ჰორმონებს პრეპარატების სახით ნიშნავენ, **ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის უკმარისობისას, კრეტინიზმისა და მიკსედემის**<sup>286</sup> დროს. ისინი შედიან პრეპარატ „**თიროეკომბის**“ (იწარმოებოდა ყოფილ გდრ-ში) შემადგენლობაში, რომელიც გამოიყენება ფარისებრი ჯირკვლის დაავადებათა მკურნალობისას.

<sup>286</sup>**მიკსედემა** - ენდოკრინული დაავადება, რომელიც ხასიათდება ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის დაქვეითებით და წარმოადგენს ჰიპოთირეოზის მძიმე ფორმას. დაავადება ყველაზე ხშირია მოზარდებსა და ზრდასრულებში.

უნდა აღინიშნოს, რომ რქები და ჩლიქები წარმოადგენენ მნიშვნელოვან წყაროს ძვირფასი საკვები პროდუქტისა - ცილისა. მათი ყოველი კილოგრამი შეიცავს **850 გრამ ცილა კერატინს**. მაგრამ კერატინი ხასიათდება მაღალი მდგრადობით და არ გადაამუშავდება ცხოველის კუჭში.

კვების მრეწველობის კიევის ტექნოლოგიურ ინსტიტუტში გამოიყენეს კერატინის ზედაპირული ჰიდროლიზი შარდოვანით და რქებისა და ჩლიქებისგან გააკეთეს საქონლის საკვები. ახალი საკვები ცილოვანი კონცენტრატი იწარმოება მშრალი საკვების ჩვეულებრივ საამქროებში. ამ პროდუქციას აწარმოებდნენ უკრაინაში ლუგანსკის, დონეცკის და მაკეევსკის ხორცკომბინატები. მედიცინაში გამოყენება ჰპოვეს ცხოველთა **ხრტილებმა და მყესებმა**. ჩინურ მედიცინაში განსაკუთრებით ფასობს **ირმის გამომშრალი მყესები**, რომელსაც იყენებენ ნაყენის სახით. მას ნიშნავენ სხვა პრეპარატებთან ერთად გამოფიტვისას, დაავადებებით დასუსტებული ბავშვებისათვის და ტუბერკულოზისას.

მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ტრაქეის ხრტილიდან მზადდებოდა პრეპარატი „**ჰონსურიდი**“ (ყოფილი სსრკ). მის მოქმედ საწყისად მიჩნეულია **ჰონდროიტინგოგირდოვანი მჟავა**. ეს **მაღალმოლეკულური მუკოპოლისაქარიდი** შედის **გიალურონმჟავასთან** ერთად სხვადასხვა სახის შემაერთებელი ქსოვილის შემადგენლობაში. იგი დიდი რაოდენობით შედის ხრტილოვან ქსოვილში, სადაც იმყოფება თავისუფალ მდგომარეობაში ან ცილასთან დაკავშირებული ნაერთის სახით. ანსხვავებენ **ჰონდროიტინგოგირდოვანი მჟავის** სამ სახეს - A, B, C-ს რომლებიც მსგავსნი არიან აგებულებით.

**ჰონსურიდს** იყენებენ გაჭიანურებული ჭრილობების შეხორცების დასაჩქარებლად, ტრავმებისა და ოპერაციებისას, ტროფიკული წყლულებისას. კოლაგენის ხსნარში იგი შედის „**კოლაგენური ფირი**“-ს შედგენლობაში, რომელსაც ასევე იყენებენ შეხორცების პროცესების დასაჩქარებლად. ამავე მიზნით ნიშნავენ პრეპარატ „**კომბუტეკ**“-ს, რომელსაც იღებენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის აქილევსის მყესებიდან და ტყავის ჩამონაჭრებისაგან. გააჩნია რა ფოროვანი სტრუქტურა, იგი იწოვს ჭრილობის ზედაპირიდან გამონადენებს, რაც აჩქარებს შეხორცების პროცესს.

ხრტილოვანი ქსოვილების დაზიანებით მიმდინარე სახსრების დაავადებისას, ექიმები რეკომენდაციას უწევენ სამკურნალო საშუალებას „**რუმალონს**“, რომელიც იწარმოება ახალგაზრდა ცხოველების ხრტილებისა და ძვლის ტვინის ექსტრაქტისაგან.

ცხოველთა ძვლებისა და ხრტილების კოლაგენის ნაწილობრივი ჰიდროლიზით ღებულობენ ყველასათვის ცნობილ „**ჟელატინს**“. მას უშვებენ 10 %-იანი ხსნარის სახით სისხლის შედედების უნარის ასამაღლებლად და სისხლდენების შესაჩერებლად.

ქირურგიული ოპერაციებისას იყენებენ სპეციალურად დამუშავებულ **ჟელატინს** სახელწოდებით „**ჟელატინის ღრუბელი**“. ახდენს რა ეფექტს, ორგანიზმში ჩატოვებული **„ჟელატინის ღრუბელი“** შემდგომ მთლიანად გაიწოვება. „**პრეპარატი ჟელატინოლი**“ წარმოადგენს ზოგიერთი ამინომჟავების ხსნარს 8 %-იან, ნაწილობრივ გახლეჩილ, კვებით ჟელატინში. მას იყენებენ როგორც პლაზმის შემცვლელს მასიური სისხლდენებისას.

აღმოსავლურ მედიცინაში **ჟელატინს ყველაზე ხშირად ღებულობენ სახედრის ტყავისაგან**. ყველასათვის ასევე კარგად ცნობილ **გააქტივებულ ნახშირს** ღებულობენ ისეთი ორგანული მასალებისაგან, როგორებიცაა: ცხოველთა ძვლები და სისხლი, შაქარი, კაკლის ნაჭუჭი და ხის ნარჩენები. ამ მასალების თუთიის (II) ქლორიდის ან კალიუმის კარბონატის ხსნარით გაჟღენთის და შემდგომი გახურებით (ჰაერის დეფიციტის პირობებში) ღებულობენ **გააქტივებულ ნახშირს**, რომელიც მედიცინაში გამოიყენება როგორც სორბციული საშუალება.

### **ცხოველმოქმედების პროდუქტთა სამკურნალო თვისებები**

ნაღვლის შემადგენლობა და მისი თვისებები საკმაოდ დეტალურადაა შესწავლილი. არჩევენ შედარებით თხევად და ნათელ (გამჭვირვალე) ნაღველს, რომელიც გამომუშავდება ღვიძლის უჯრედებისაგან, ასევე ბუშტებიან, ნაღვლის ლორწოვანი გამონადენებით, სიბლანტე მომატებულ ნაღველს. წყლის შეწოვის გამო, ნაღვლის კონცენტრაცია ნაღვლის ბუშტში, იზრდება 5-10-ჯერ. ნაღვლის ძირითად კომპონენტს წარმოადგენენ **ნაღვლის მჟავები - ჰოლანმჟავის წარმოებულები**, რომელიც ბუნებაში არ გვხვდება. სხვადასხვა სახის ძუძუმწოვრების ნაღველს გააჩნია თავისი განსაკუთრებული (შედგენლობით, რაოდენობით და სტრუქტურით) ნაღვლის მჟავები. დღეისათვის ცნობილია, რომ ისინი ერთმანეთისაგან განსხვავდებიან **ჰიდროქსილური ჯგუფების სივრცობრივი განლაგებით და რაოდენობით**. ნაღველი ნაღვლის მჟავებს შეიცავს, **გლიცინით და ტაურინით** დაკავშირებულ **ნატრიუმის მარილების** სახით. ისინი ნაწილობრივ შეიწოვებიან ნაწლავების ქვედა არეში, სისხლით გადაიტანებიან ღვიძლში და ისევ შედიან ნაღვლის სადინარებში.

ადამიანის ნაღველი შეიცავს თითქმის ყველა ნაღვლის მჟავას, **“სტეროჰოლოვანი”**, **“ჰიოდეზოქსიჰოლოვანი”** და **“ჰისტოჰოლოვანი”** მჟავების გარდა. მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ნაღველი შეიცავს **სტერეოჰოლოვან მჟავას**. **ღორის ნაღველში არ აღმოჩნდა ჰოლოვანი და ლითოჰოლოვანი მჟავები**, ამასთან დადგინდა **ჰიოდეზოქსიჰოლოვანი და ჰიოჰოლოვანი მჟავების** დიდი რაოდენობა.

ნაღვლის ფერი განისაზღვრება **ტეტრაპიროლური პიგმენტების** ბუნებით, რომელთა წყაროცაა **„ჰემოგლობინისა”** და **„მიოგლობინის”** ჰემინური ჯგუფები. ძირითადი პიგმენტები - **„ბილირუბინი”** და მისი წარმოებული **„ბილივერდინი”**- ნაწლავური მიკრობების მოქმედების შედეგად ნაწილობრივ გარდაიქმნებიან **„ურობილინი”**ში.

დადგენილი იქნა, რომ ნაღვლის დაკარგვის ან შეჩერებისას, ასევე მისი პრეპარატების შეყვანისას ორგანიზმში ხდება არა მარტო საჭმლის მომნელებელი სისტემის ორგანოთა მოქმედების ცვლილება. ნაღვლის გამოყოფის შეფერხება, მისი შემცველობის გაზრდა იწვევს სისხლმზადი ორგანოების გაღიზიანებას, ირღვევა გულისა და ნერვული სისტემის ფუნქციონირება, დაბლა იწვევს სისხლის წნევა, იცვლება კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის სეკრეტორული დამოტორული ფუნქცია, მცირდება თირკმელებით

წყლისა და მარილების გამოყოფა, ითრგუნება ჟანგვითი პროცესების ინტენსივობა. შეინიშნება ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის დათრგუნვა და **ჰიპოფიზარულ-თირკმელზედა** სისტემის აქტივაცია.

**ი. განიტკევიჩმა** 1968 წელს დაადგინა, რომ ნალველი და მასში შემავალი ნალვლის მჟავები ახდენენ **ნეიროტროპულ** მოქმედებას, ამალღებენ პირობით-რეფლექტორულ მოქმედებას. დიდი დოზებით, ახდენენ დამთრგუნავ ეფექტს. ნალვლით გამოიდევენება სისხლში ჭარბი რაოდენობით მყოფი სხვადასხვა ნივთიერებები, ასევე მრავალი სამკურნალო პრეპარატი და ზოგიერთი ჰორმონი.

დღეისათვის სხვადასხვა ქვეყნებში გამოდის კონსერვირებული ნალველი, რომელსაც ღებულობენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის და ღორის ნალველისაგან, იგი შეიცავს **სტაბილიზატორებს** და **ანტიეპტიკებს** (ეთილის სპირტი, ფორმალინი, ფურაცილინი). მას იყენებენ გარეგანი მოხმარებით კომპრესების სახით სახსრების მწვავე და ქრონიკული დაავადებებისას, რადიკულიტებისას, როგორც ტკივილგამაყუჩებელი, ანთების საწინააღმდეგო და გამწოვი საშუალება.

მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ლიოფილიზირებული ნალველი გამოდის პრეპარატ **„ლიობილის“** გარსიანი აბების სახით. პრეპარატი აძლიერებს ნაწლავთა პერისტალტიკას, ხელს უწყობს ცხიმების შეწოვას, ახდენს ნალვლისმდენ ეფექტს. ნალველი აძლიერებს ღვიძლის უჯრედების სეკრეტორულ მოქმედებას, ნაწლავების და კუჭქვეშა ჯირკვლის ფუნქციების ინტენსიფიცირებას. ამიტომ იგი შედის კომპლექსური პრეპარატების „პანზინორმის“ და „დიგესტალის“, „ფესტალის“ და **„კოტაზიმ-ფორტეს“** შედგენლობაში, რომელიც გამოიყენება საჭმლის მონელების დარღვევისას.

მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ნალველი არის ასევე შემადგენელი ნაწილი პრეპარატებისა **„ალახოლი“** და **„ხოლენზიმი“**, რომელთაც უნიშნავენ ავადმყოფებს ქრონიკული ჰეპატიტით, ჰოლციისტიტებით და ენტეროკოლიტებით.

უშვებენ ასევე **დეჰიდროჰოლოვან მჟავას** (პრეპარატი **„ჰოლოგონი“**), რომელიც მიეკუთვნება ნალვლის მჟავებს და რომელსაც ღებულობენ დაკლული საქონლის ნალვლისაგან. ის არის ღვიძლის უჯრედების ფიზიოლოგიური გამღიზიანებელი, ახდენს ნალვლმდენ ეფექტს. 70-იან წლებში მეიო-ს (აშშ) კლინიკაში დაადგინეს, რომ **ჰენოდეზოქსიჰოლოვანი მჟავის** (რომელიც შედის ღორის ნალველში) ხანგრძლივი გამოყენება დოზით 1-2 გრამი დღეში, ნალვლის ბუშტის კენჭოვანი დაავადებისას ავადმყოფთა 50 %-ში შლის ქვებს ნალვლის ბუშტში. ამ ქვების მთლიანი გახსნა ხდებოდა მკურნალობის 6-24 თვის განმავლობაში.

ამერიკელი ექიმების მიერ მიღებული შედეგები ხსნიან ნალვლის ბუშტის ქვების სამკურნალო მოქმედებას, რომელთა შემადგენლობაში შედიან ნალვლის მჟავები. ამერიკული პატენტის N 3591687 ავტორი ცდილობდა ჭარბ წონიანებისათვის ემკურნალა ნალვლის მჟავების და მათი წარმოებულების დანიშვნით, ისეთი მჟავები, როგორებიცაა **ლითოჰოლოვანი, დეზოქსიჰოლოვანი, ჰენოდეზოქსიჰოლოვანი, ჰოლოვანი, ჰიოდეზოქსიჰოლოვანი მჟავები**, საჭმელთან ერთად მიღებისას ხელს უწყობენ მადის დაქვეითებას.



აღმოჩნდა, რომ ნერწყვი და ცრემლი ასევე შეიცავს ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს. სამხრეთ აფრიკული ღამურის ნერწყვში, რომელიც ცხელსისხლიანების სისხლით იკვებება, აღმოჩნდა სისხლის შედედების საწინააღმდეგო ნაერთი, ასევე ფერმენტი „დესმოკინაზა“, რომელიც ხსნის სისხლის თრომბებს.

ცნობილმა ინგლისელმა მეცნიერმა, პენიცილინის შემქმნელმა, ნობელის პრემიის ლაურეატმა ალექსანდრე ფლემინგმა პირველმა მიაქცია ყურადღება იმას, რომ ცრემლი - ეს უბრალო წყალი არაა. მის შემადგენლობაში აღმოჩენილი იქნა ცილოვანი ბუნების ნივთიერება - „ლიზოციმი“, რომელსაც გააჩნია ანტიბაქტერიული აქტივობა. 5-10 წუთში ის უვნებელყოფდა ბაქტერიებს და ზოგიერთ ვირუსებს. ეს ნივთიერება კარგად ადუზინფიცირებს თვალს, ასევე ცრემლის არხით აღწევს სასუნთქ გზებში და ასუფთავებს ჩასასუნთქ ჰაერს.

ამ ნივთიერების დიდი რაოდენობით მისაღებად, მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ იგი შედის ქათმის კვრცხის ცილის შემადგენლობაში, სწორედ მისგან ღებულობენ პრეპარატ „ლიზოციმს“. მას იყენებენ ქრონიკული ჩირქოვანი პროცესების, დამწვრობების, მოყინვების და ზოგიერთი სხვა დაავადებების სამკურნალოდ, რომლებიც მიმდინარეობენ ინფიცირებით.

სამედიცინო ლიტერატურაში აღწერილია ქათმის კვრცხის ნაჭუჭის სამკურნალო თვისებები. 1937 და 1939 წლებში ჟურნალში („Хирургия“) გ. დუდკევიჩმა გამოაქვეყნა კვრცხის ნაჭუჭის წარმატებით გამოყენების შედეგები ძვლების მოტეხილობების მკურნალობისას.

დღეისათვის კვრცხის ყვითრიდან ღებულობენ „ფოსფატიდილჰოლინს“ და „ლიზოფოსფატი-დილჰოლინს“, რომლებიც გამოიყენება ბიოქიმიური კვლევებისას. კვრცხის ცილას, ალბუმინს ხშირად იყენებენ როგორც ანტიდოტს მოწამვლებისას, განსაკუთრებით ვერცხლისწყლის და სპილენძის მარილებით. ის ქმნის უხსნად ალბუმინატებს მრავალ მეტალთან, რაც აფერხებს მათ შეწოვას და პირღებინების საშუალებების დანიშვნისას საშუალებას იძლევა სწრაფად განთავისუფლდეს ორგანიზმი შხამისაგან.

ძველ დროში მოწამვლის საწინააღმდეგოდ ხშირად გამოიყენებოდა „ბეზოარის“ ქვა, რომელიც წარმოიქმნება ზოგიერთი მცოხნავი ცხოველის კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში (ცხენი, თხა, ანტილოპა და სხვა). საუკუნეების განმავლობაში იგი გამოიყენებოდა როგორც სასწაულმოქმედი საშუალება შხამების დასხვადასხვა დაავადებების გამომწვევთა წინააღმდეგ.

დიდი ხნის განმავლობაში ოფიციალური მედიცინა ამ ქვის თვისებებს თვლიდა არასერიოზულად და ცრურწმენად. მაგრამ შემდგომმა ექსპერიმენტალურმა გამოკვლევებმა საწინააღმდეგო დაამტკიცა.

პროფესორმა არენიუსმა (ცნობილი ქიმიკოსის სვანტე არენიუსის შვილიშვილი) ზღვის ბიოლოგიისა და სანაპირო კვლევების ინსტიტუტში (კოლუმბია, აშშ) დაადგინა, რომ ბეზოარის ქვა შედგება კალციუმის ჰიდროფოსფატის მინერალური მარილებისაგან, რომლებიც გროვდებიან ცხოველის მიერ გადაყლაპულ თმის გროვებზე. მათი

მოლეკულის ზომა და სტრუქტურა ისეთივეა, როგორც დარიშხანის ერთ-ერთი ნაერთისა - „ნატრიუმის ჰიდროარსენატი“, თუ ბეზიარის ქვას მოვითავსებთ სასმელში, რომელშიც არის არსენატი, ან თუ ჩავყრით ამ სასმელში ფხვნილს **ბეზიარის ქვისგან**, ხდება მიმოცვლა - სითხეში გადადის უვნებელი ფოსფატი, ხოლო **ბეზიარის ქვა** შთანთქმავს **დარიშხანს**. კვლევებმა რომლებიც ჩატარებული იყო რადიაქტიური დარიშხანის გამოყენებით, აჩვენეს, რომ ბეზიარის ქვა იწოვს ასეთ არსენატებს ღრუბლის მსგავსად. მაგრამ მექანიზმი აქ სხვაა. დარიშხანის ეს ნაერთები უკავშირდება **კერატინს**, რომელიც ცხოველთა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტში განიცდის ნაწილობრივ ჰიდროლიზს.

იაპონელმა მკვლევარებმა **მ. კიმურამ** და **ე. ოსადამ** შეისწავლეს ეფექტურობა კომბინირებული აღმოსავლური საშუალებებისა „BEZOAR ORIENTAL“ და „ROKUSINGAN“, რომელთა შემადგენლობაში შედის ბეზიარი. დამტკიცებული იქნა მათი სამკურნალო ღირებულება.

თანამედროვე მიდიცინაში ყველაზე ცნობილ ცხიმის მსგავს ნივთიერებას - **ლანოლინს** - ლებულობენ ცხვრის ტყავის ჩამორეცხვით. ის არ იხრწნება და კარგად იწოვება. გააჩნია რა სქელი კონსისტენცია და დიდი სიბლანტე, **ლანოლინი** გამოიყენება მხოლოდ სხვა ცხიმებთან, ზეთებთან ან ვაზელინთან ერთად ნარევის სახით (2-3 წილი ლანოლინი 1-2 წილ ვაზელინზე).

მისი გამოყენება სუფთა სახით არ შეიძლება, რადგან სისქელის გამო იგი ახშობს ფოლიკულებს და იწვევს მათ ანთებას. **ლანოლინი** კარგად იწოვს წყალს, ხელს არ უშლის წყლის ანაორთქლების გამოყოფას კანიდან, და ამიტომ მოქმედებს როგორც გამაგრებელი და ანთების საწინააღმდეგო. თუ ექიმის რეცეპტში მითითებულია **ლანოლინი**, აფთიაქი ამზადებს წყლიან ლანოლინს, რომელიც შეიცავს 30 % წყალს. **ლანოლინის** მალამოზე ცვილის დამატება ხელს უწყობს წყლის სწრაფად აორთქლებას, რაც თავის მხრივ აძლიერებს მის გამაგრებელ უნარს. **ლანოლინი** ანპირობებს სამკურნალო პრეპარატების კანში ღრმა შეღწევადობას.

ცხოველმოქმედების პროდუქტებს მიეკუთვნება **რძე**, რომელიც ამავე დროს საკვები პროდუქტია. მისი სამკურნალო თვისებები აღწერილია ჯერ კიდევ **ჰიპოკრატეს შრომებში**, სადაც მოყვანილია ჩამონათვალი ჩვენებებისა და უკუჩვენებებისა ამ საშუალების დანიშნისათვის.

ყოველმხრივ შესწავლილი რძის მოქმედება ორგანიზმზე. 1857 წელს **ფ. ინოზემცემა** გამოაქვეყნა დიდი მონოგრაფია, სადაც აღწერილია რძით მკურნალობის ძირითადი მომენტები. რძის სამკურნალო თვისებების შესწავლაში დიდი წვლილი შეიტანა პეტერბურგელმა ექიმმა **ფ. კარელმა**. მისმა დიეტამ აქტუალობა შეინარჩუნა დღევანდელ დღემდე. მან აღწერა წარმატებული მკურნალობის შემთხვევები მოხდილი რძით გულის დეკომპენსირებისას, ფილტვების დაავადებებისას, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის და ღვიძლის დაავადებებისას, ასევე სიმსუქნისას.

სხვადასხვა ცხოველთა რძე განსხვავდება თავისი შედგენლობით და საკვები ღირებულებით. **თხის რძე** მდიდარია ცხიმებით და ცილებით და მას გაცილებით უკეთ ითვისებს ორგანიზმი, ვიდრე სხვა ცხოველების რძეს. ყველაზე ცხიმთან რძეს იძლევიან

ირმები და კამეჩები. ვინც არაა მიჩვეული ასეთ რძეს, მას აძლევენ განზავებული სახით. შუა აზიასა და ამიერკავკასიაში პოპულარულია ზებუს რძე, რომელიც გარდა საკვები თვისებებისა, შეიცავს (ამ ადგილებში გავრცელებული) პიროპლაზმოზის გამომწვევის მიმართ ანტისხეულებს.

**რძის ცხიმი** ოდითგანვე გამოიყენებოდა, როგორც გარეგანი დამარბილებელი საშუალება. გამოგონებაზე ფრანგული განაცხადის N 2530952 თანახმად, **თხის კარაქი** ხელს უწყობს თმის ზრდას.

წარსულში იყო მცდელობები გამოეყენებინათ მკურნალობის მიზნით, რძის ისეთი მნიშვნელოვანი კომპონენტი, როგორცაა **რძის შაქარი**. პირველად 1583 წელს ალქიმიკოსმა **ტურნისერმა** სცადა გამოეყო რძის „მთავარი მარილი“. გაცილებით დეტალურად იქნა აღწერილი **რძის შაქრის** მიღება 1633 წელს ბოლონიელი ექიმის **ბარტოლეტის** მიერ. ტერმინი „რძის შაქარი“ ან „ლაქტოზა“, პირველად გამოიყენა ვენეციელმა ექიმმა **ტესტიმ** 1694 წელს. **რძის შაქარი** ორგანიზმში არეგულირებს ცხიმებისა და ცხიმების მსგავსი ნივთიერებების დაგროვებას, ხელს უწყობს კალციუმის, მაგნიუმისა და ფოსფორის ათვისებას.

კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ფერმენტების და მიკროორგანიზმების მოქმედებით **ლაქტოზა** იშლება **გლუკოზად** და **გალაქტოზად**. უკანასკნელს გააჩნია, თავის ტვინის კვების, მნიშვნელოვანი ფუნქცია. ასევე მონაწილეობს ნერწყვისა და სახსრების სითხის შემადგენელი ნივთიერებების სინთეზში, რომლებიც მათ სიბლანტეს ანპირობებენ.

დღეისათვის მედიცინაში **რძის შაქარი** სამკურნალო პრეპარატად არ გამოიყენება. მას იყენებენ **პენიცილინის** წარმოებისას, რადგან ის სოკო, რომელიც გამოიმუშავებს ამ მნიშვნელოვან ანტიბიოტიკს, კარგად ვითარდება **ლაქტოზა**შემცველ არეში.

ხშირად სამკურნალო მიზნით იყენებენ არა რძეს, არამედ მისი რძემჟავური დუდილის პროდუქტებს - მაწონი, პროსტაკვაშა, კეფირი, აციდოფილინი. რძემჟავური დუდილის დროს წარმოშობილი რძემჟავა თრგუნავს ხრწნის პროცესებს ნაწლავებში. ეს გარემოება დაედო საფუძვლად **ი. მეჩნიკოვის** (ნობელის პრემიის ლაურეატი) **ლაქტობაქტერიოთერაპიის მეთოდს**. აზიისა და ჩრდილო-აღმოსავლეთ აფრიკის ქვეყნებში, ასევე ევროპის სამხრეთში კამეჩის რძისგან მზადდება **იოგურტი**. იგი მაწონისა და კეფირისაგან განსხვავდება იმით, რომ მის კვეთში შედის ე.წ. **„ბულგარული ჩხირი“**.

იაპონელმა ექიმებმა დაადგინეს დადებითი ეფექტი რადიაქტიური დასხივების შედეგების იოგურტით მკურნალობისა, თუ მას დანიშნავენ ერთ ლიტრამდე დღეში. ცხვრის რძისგან დამზადებული **იოგურტი**, რომელსაც ქვია **„კატიკი“** ხელს უწყობს პიგმენტური ლაქებისა და ჭორფლის გაქრობას, კანი ხდება გლუვი და ნაზი, თმა ამ დროს იძენს ბზინვარებას და აბრეშუმისმაგვარი ხდება.

**კომბინირებული დუდილის - რძემჟავურის და სპირტულის, პროდუქტია „კუმისი“**, იგი მზადდება ცხენის რძისაგან რძემჟავური ბაქტერიებისა და საფუვრების ზემოქმედებით. მისი სამკურნალო თვისებების შესახებ იცოდნენ ძველთაგანვე, თუმცა ოფიციალური მედიცინა ამ სასმელით მხოლოდ XVIII საუკუნის მეორე ნახევარში დაინტერესდა.

ექიმები კუმისის მიღებას ურჩევენ ავადმყოფებს, რომელთაც დაწეული აქვთ კუჭის წველის სიმჟავიანობა, იგი აძლიერებს შარდის წარმოშობა/გამოყოფას და ამით ხელს უწყობს ორგანიზმიდან ტოქსიკური პროდუქტების გამოყვანას. იგი დადებითად მოქმედებს გულ-სისხლძარღვთა და სისხლის წარმოქმნის სისტემებზე.

**კუმისით მკურნალობა კარგ ეფექტს იძლევა საერთო გამოფიტვით მიმდინარე დაავადებებისას. განსაკუთრებული შედეგიანობით ხასიათდება კუმისის გამოყენება ტუბერკულოზის დაავადებისას.** რამოდენიმე სიტყვა უნდა ითქვას ყველის სამკურნალო მიზნით გამოყენებაზე. ჯერ კიდევ ძველ დროში იყენებდნენ მას, განსაკუთრებით **თხის ყველს** კოსმეტიკური მიზნებისათვის. ჭორფლის მოსაცილებლად, ყველს შეზელდნენ აბაზანაში მცენარეულ ზეთთან. ახალი ყველი თავლთან ერთად კურნავს დაჟეჟილობას. ღვინოსთან ერთად მოდუღებული და შემდეგ კარაქში შემწვარი ყველი აყურებს მუცლის ტკივილს.

ერთ-ერთი გამოკვლევის („SCIENCE NEWS“, 1977, V.112, N 19) შედეგებმა აჩვენა რომ ვირთხის, ძროხისა და ადამიანის რძე შეიცავს „**რელიზინგ-ფაქტორს**“, რომლის მოქმედებითაც **ჰიპოფიზი** იწყებს ჰორმონების გამოყოფას, რომელნიც თავის მხრივ ააქტივებენ სასქესო ჯირკვლების მოქმედებას. ასეთი ნივთიერებები აღმოჩენილი იქნენ ტვინის ერთ-ერთ უბანში, დადგენილია მათი უნარი ჰიპოფიზის მუშაობის გაკონტროლებისა. ამ აღმოჩენისათვის 1977 წელს ამერიკელ მეცნიერთა ჯგუფს მიენიჭა ნობელის პრემია.

### **საქართველოს ენდემური ყურძნის ჯიშისგან სამკურნალო პრეპარატების დასამზადებელი სანედლეულო მასალების შესახებ**

პაროდონტიტის კონსერვატული მკურნალობისას გამოიყენება როგორც ადგილობრივი, ისე ზოგადი ანტიმიკრობული პრეპარატები (ქლორჰექსიდინი, დოქსიციკლინის შემცველი გელები მინოციკლინის მიკროსფეროები, დოქსიციკლინის, ამოქსიციკლინის და მეტრონიდაზოლის პრეპარატები<sup>287</sup>. თუმცა ანტიბაქტერიული პრეპარატების<sup>288</sup> გამოყენებით შეიძლება ინიცირდეს ორგანიზმის იმუნობიოლოგიური რეაქტიულობის შემცირება, ალერგიული რეაქციების და სხვა გვერდითი არასასურველი ეფექტების წარმოშობა.

პაროდონტიტის დროს ხშირდ რეკომენდებული პრეპარატია **ქლორჰექსიდინი**. იგი წარმოადგენს ანტიმიკრობულ სუბსტანციას და პათოგენური მიკროფლორის გარდა ანადგურებს არაპათოგენურსაც. **პირის ღრუს დისბაქტერიოზი** კი იწვევს ლორწოვანისა

<sup>287</sup> ა). The Good Practitioner’s Guide to Periodontology. (BSP); Revised March 2016, 3rd version; 52 p. ბ). Evidence-based clinical practice guideline on the nonsurgical treatment of chronic periodontitis by means of scaling and root planing with or without adjuncts, (ADA) 2015, 10 p.

<sup>288</sup> Kolenbrander P.E., Andersen R.N., Blehert D.S. et al. Communication among oral bacteria. Microbiol. Mol. Biol. Rev. 2002. Vol. 66. P. 486-505.

და კბილების დაზიანებას<sup>289</sup>. იძლევა საფუძველს **კანდიდოზის (რძიანას)** განვითარებისათვის. ხოლო **ქლორჰექსიდინის** ხანგრძლივმა გამოყენებამ შეიძლება გამოიწვიოს ნაწლავების გაღიზიანება და დისბაქტერიოზი. ალტერნატიულ სამკურნალო საშუალებებს წარმოადგენს მცენარეული წარმოშობის ნაერთები<sup>290</sup>.

სამკურნალო მცენარეების<sup>291</sup> მიმართ დასაბუთებული ინტერესი აიხსნება ანტიბიოტიკების და ჰორმონული პრეპარატების გვერდითი ეფექტებით. მათგან განსხვავებით, სამკურნალო მცენარეები არატოქსიკურია და კარგად გადაიტანება პაციენტის ასაკის მიუხედავად.

დადგენილია, რომ **პაროდონტიტის** დროს ვითარდება **მეორადი იმუნოდეფიციტი**, რომლის ხარისხი ასახავს ანთებითი პროცესის ინტენსიურობას, რაც თეორიულად ასაბუთებს იმუნოთერაპიის ჩატარების აუცილებლობას.

ამდენად, მიზანშეწონილია მცენარეული წარმოშობის იმუნომამოძლიერებელი და ანტიოქსიდანტური პრეპარატების გამოყენება, რომლებსაც ახასიათებთ ადაპტოგენური თვისებები, იწვევენ თავისუფალი რადიკალების ნეიტრალიზებას, მათი ორგანიზმიდან გამოყოფას, ჰიპოქსიის შემცირებას, დარღვეული ჰომეოსტაზის და დამცველი მექანიზმების მოწესრიგებას<sup>292</sup>.

აღნიშნულიდან გამომდინარე მნიშვნელოვანია ყურძნის და მისი პროდუქტების გამოყენება სხვადასხვა დაავადებების მკურნალობისა თუ პროფილაქტიკისათვის. ყურძენი მდიდარია პოტენციურად ბიოაქტიური პოლიფენოლებით<sup>293</sup>. ფენოლების შემცველობა ვარირებს ყურძნის ჯიშის მიხედვით და შეიძლება მოდიფიცირებულ იქნას ვინიფიკაციის პროცესში<sup>294</sup>.

**ყურძნის წიპწის ექსტრაქტი** გამოირჩევა ქიმიური შედგენილობის სირთულით და შესაბამისად მრავალმხრივი ბიოლოგიური ზემოქმედებით, ისინი გავლენას ახდენენ არა ერთ არამედ რამდენიმე რეცეპტორზე, ამიტომ შეიძლება გამოყენებულ იქნას რამდენიმე დაავადების დროს და გამოავლინოს სიმპტომატური და იმუნომაკორეგირებელი მოქმედება. აუმჯობესებს სისხლის რეოლოგიურ თვისებებს<sup>295</sup>.

<sup>289</sup> მაია გოგუა. პაროდონტიტის ანთებითი დაავადებების მკურნალობა პრეპარატით „სტეპალოლი -E“. დისერტაცია მედიცინის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი 2017; გვ. 149.

<sup>290</sup> Varoni M., Lodi E., Sardella G., Carrassi A., A., & Iriti, M. Plant polyphenols and oral health: old phytochemicals for new fields. *Current medicinal chemistry*, 2012, N19(11), P. 1706-1720.

<sup>291</sup> Yamakoshi J, Saito M, Kataoka S, Kikuchi M. Safety evaluation of proanthocyanidin-rich extract from grape seeds. *Food Chem Toxicol*. 2002; N40; P. 599-607.

<sup>292</sup> გოგუაშვილი ნ, ჯაში ლ. იმუნიტეტის არასპეციფიკური და სპეციფიკური მაჩვენებლების ცვლილებები პაროდონტიტის დროს. თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის შრომათა კრებული. 2011; 45. გვ. 24-25.

<sup>293</sup> Maier, T., Schieber, A., Kammerer, D. R., & Carle, R. Residues of grape (*Vitis vinifera* L.) seed oil production as a valuable source of phenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 2009; N 112(3), P. 551-559.

<sup>294</sup> Hogan, S., Zhang, L., Li, J., Zoeklein, B., & Zhou, K. Antioxidant properties and bioactive components of Norton (*Vitis aestivalis*) and Cabernet Franc (*Vitis vinifera*) wine grapes. *LWT-Food Science and Technology*, 2009; N 42(7), P. 1269-1274.

<sup>295</sup> Daniel E. Moerman. "Native American ethnobotany" <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201300026896>

ყურძნის პროდუქტები ეფექტურად მოქმედებენ გულ-სისხლძარღვთ დაავადებებზე, ენდოთელიუმის ფუნქციაზე, ქრონიკულ დეგენერაციულ დაავადებებზე, ალცჰაიმერის დაავადებაზე, კოგნიტურ დარღვევებზე და დიაბეტზე. პირის ღრუს ჯანმრთელობაზე. გააჩნია ანტივირუსული და ანტიბაქტერიული მოქმედება<sup>296</sup>.

რამდენიმე ჯიშის წითელი ღვინის (*Vitis vinifera* Cabernet Franc и Pinot Noir и *Vitis* და Baco Noir и Noiret) და ღვინის წარმოების ნარჩენების (**pomace-ჭაჭა**) მოქმედებამ პაროდონტო პათოგენურ *Streptococcus mutans*-ზე აჩვენა ბაქტერიის პათოგენეზისზე მნიშვნელოვანი ზემოქმედება, ამასთან pomace ხშირ შემთხვევაში უფრო აქტიური აღმოჩნდა<sup>297</sup>, ვიდრე ღვინო.

**ყურძნის წიპწის ექსტრაქტი (GSE)** წარმოდგენილია, როგორც პერსპექტიული იმუნომოდულატორი, განსაკუთრებით მისი პროანტიციანიდინის ეფექტის გამო. იგი წარმოადგენს ბუნებრივ პოლიფენოლურ ნაერთს, რომელსაც გააჩნია ბიოლოგიური აქტიურობის ფართო სპექტრი, ისეთი, როგორებიცაა ანტიოქსიდანტური<sup>298</sup>, ანტიკანცეროგენული<sup>299</sup> და ანტიანთებითი<sup>300</sup>.

დადგენილია, რომ ყურძნის წიპწის პროანტიციანიდინები ავლენენ უფრო ძლიერ ანტიოქსიდანტურ ეფექტს, ვიდრე C და E ვიტამინები<sup>301</sup>. ჩატარებულმა რამდენიმე ანალიზმა აჩვენა, რომ ლიგატურით გამოწვეული პაროდონტიტების დროს ყურძნის წიპწის პროანტიციანიდინებით დამუშავებამ მკვეთრად შეამცირა ორი ძირითადი პაროდონტო პათოგენის *A. Actinomycetemcomitans* და *F. nucleatum* რაოდენობა<sup>302</sup>.

**ყურძნის წიპწის ექსტრაქტს** შეუძლია **ოსტეოკლასტების**<sup>303</sup> დიფერენცირების ინჰიბირება, მათი აქტიურობის შემცირება და ძვლის წარმოქმნის სტიმულირება, **ოსტეობლასტების**<sup>304</sup> დიფერენციაციაზე დადებითი ზემოქმედების ხარჯზე. იგი თავისი ანთების საწინააღმდეგო ეფექტის გენერირებას ახდენს პროანთებითი და ანთების საწინააღმდეგო **ციტოკინებს** (უჯრედის მიერ გამოყოფილი ცილა ან პოლიპეპტიდი -

<sup>296</sup> Vislocky L.M., Fernandez M.L. Biomedical effects of grape products. Nutr Rev 2010; N 68: P. 656–670.

<sup>297</sup> Thimothe J, Bonsi IA, Padilla-Zakour OI, Koo H. Chemical characterization of red wine grape (*Vitis vinifera* and *Vitis interspecific hybrids*) and pomace phenolic extracts and their biological activity against *Streptococcus mutans*. J Agric Food Chem. 2007 Dec 12; 55(25): 10200-7.

<sup>298</sup> Nuttall SL, Kendall MJ, Bombardelli E, Morazzoni P. An evaluation of the antioxidant activity of a standardized grape seed extract, Leucoselect. J Clin Pharm Ther. 1998; N 23; P. 385–389.

<sup>299</sup> Yoshinaga Y., Ukai T., Nakatsu S., Kuramoto A., Nagano F., Yoshinaga M., et al. Green tea extract inhibits the onset of periodontal destruction in rat experimental periodontitis. J. Periodont. Res. 2014. N 49, P. 652–659.

<sup>300</sup> ა). Bagchi D., Garg A., Krohn R.L., Bagchi M., Tran M.X., Stohs S.J. Oxygen free radical scavenging abilities of vitamins C and E, and a grape seed proanthocyanidin extract in vitro. Res. Commun. Mol. Pathol. Pharmacol. 1997; N 95; P. 179–189. ბ). Barca E, Cifcibasi E, Cintan S. Adjunctive use of antibiotics in periodontal therapy. J Istanbul Univ. Fac. Dent. 2015 Jan. 12; 49(3); P. 55-62. გ). Mandic, A. I., Đilas, S. M., Šetkoviš, G. S., Tanadanoviš-Brunet, J. M., & Tumbas, V. T. Polyphenolic composition and antioxidant activities of grape seed extract. International Journal of Food Properties, 2008, 11(4), P. 713-726.

<sup>301</sup> Bagchi D., Garg A., Krohn R.L., Bagchi M., Tran M.X., Stohs S.J. Oxygen free radical scavenging abilities of vitamins C and E, and a grape seed proanthocyanidin extract in vitro. Res. Commun. Mol. Pathol. Pharmacol. 1997; N 95; P. 179–189.

<sup>302</sup> Houde V., Grenier D., Chandad F. Protective effects of grape seed proanthocyanidins against oxidative stress induced by lipopolysaccharides of periodontopathogens. J. Periodontol. 2006; N77; P. 1371–1379.

<sup>303</sup> უჯრედები, რომლებიც შლიან ძვლის ქსოვილს.

<sup>304</sup> უჯრედები, რომლებიც მონაწილეობენ ძვლის ქსოვილის აგებაში, ძვლების განვითარების, რეგენერაციისა და გარდაქმნის პროცესებში.



მოქმედი უჯრედის ზრდასა და დიფერენცირებაზე, უჯრედების ურთიერთქმედებაზე იმუნური პასუხისას) შორის ბალანსის დაკალებების საშუალებით. ამდენად შეიძლება გამოყენებულ იქნას ძვლის რეზორბციით (სისხლის ან ლიმფის უჯრედული ელემენტებით აირისებრი ან ძლიერ დაქუცმაცებული მყარი ნივთიერებების შთანთქმა კუჭ-ნაწლავის ტრაქტიდან, კანქვეშა ქსოვილიდან, კანიდან და ა. შ. რთული საკვები ნივთიერებების უმეტესობა, როგორც წესი, რეზორბციამდე განიცდის ფერმენტულ ჰიდროლიზს) მიმდინარე ანთებითი პროცესის სამკურნალოდ<sup>305</sup>.

**ქრონიკული გენერალიზებული პაროდონტიტის** დროს მიკროორგანიზმების მიერ ინიცირებული ანთებადი პროცესი ხელს უწყობს კოლაგენის I ტიპის მიმართ იმუნური შეტევის განვითარებას, რასაც თან სდევს კოლაგენის ინტენსიური დესტრუქცია, I ტიპის კოლაგენისადმი ადჰეზიური რეცეპტორების სენსიბილიზაცია, ანტიგენრეაქტიული ლიმფოციტების პროლიფერაცია და აუტოანტისხეულების წარმოქმნა<sup>306</sup>.

**ყურძნის წიპწის ექსტრაქტი** იცავს კოლაგენს დაშლისაგან და ახდენს ანაერობებზე ბაქტერიოსტატიკურ ზემოქმედებას, რითაც ასუსტებს ბიოაპკის მომწიფებას, აქედან გამომდინარე შეიძლება გამოყენებულ იქნას პაროდონტის დაავადებების პრევენციისათვის<sup>307</sup>.

**ყურძნის წიპწის** ქიმიური შედგენილობა წარმოდგენილია სხვადასხვა კლასის ქიმიური ნივთიერებების რთული კომპლექსის სახით, რაც დაკავშირებულია მათ ბიოლოგიურ დანიშნულებასთან. წიპწა შეიცავს ფიზიოლოგიური აქტიურობისა და კვებითი ღირებულების თვალსაზრისით ფასეულ ნაერთებს. მათ განეკუთვნებიან ლიპიდები, ცილები, ნახშირწყლები, ვიტამინ-მინერალური კომპლექსები, ტანინი, ორგანული მჟავები და სხვა.

ცალკეული ნაერთების რაოდენობრივი შედგენილობა მერყეობს ფართო დიაპაზონში და დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე, მათ შორის ყურძნის ჯიშზე, დამზადების პირობებსა და ნაყოფის მწიფობის ხარისხზე<sup>308</sup>. ყურძნის წიპწაში შედის წყალი (6.5–10%), ლიპიდები (14–15.7%), ცილები (16.5– 17.8%), პოლისაქარიდები (25–30%), ნაცარი (2.5–3%), მთრომლავი ნაერთები (6.7– 7.3%), არა აზოტისშემცველი (31.5–46%)<sup>309</sup>. შეიცავს შემდეგ ვიტამინებს: ვიტამინი C, ვიტამინი B1 - B2 - B6 , ვიტამინი A, ვიტამინი PP, ვიტამინი P, ვიტამინი E და D, ვიტამინი H; **ამინომჟავები**: მეთიონინი,

<sup>305</sup> Park J.S., Park M.K., Oh H.J., Woo Y.J., Lim M.A., Lee J.H., et al. Grape-seed proanthocyanidin extract as suppressors of bone destruction in inflammatory autoimmune arthritis. PLoS One. 2012; 7:e51377.

<sup>306</sup> ჯაში ლ., ივერიელი მ., აბაშიძე ნ., გოგებაშვილი ნ., გოგიშვილი ნ. კოლაგენის I ტიპისადმი აუტოიმუნური პროცესი პაროდონტიტის დროს. თბილისის სახელმწიფო სამედიცინო უნივერსიტეტის შრომათა კრებული. 2011. N45. გვ. 125-127.

<sup>307</sup> Furiga A., Lonvaud-Funel A., Dorignac G., Badet C. In vitro anti-bacterial and antiadherence effects of natural polyphenolic compounds on oral bacteria. J. Appl. Microbiol. 2008. 105, P. 1470–1476.

<sup>308</sup> Огай Ю. А., Соловьева Л.М., Ткаченко М. Г., Черноусова И. В., Катрич Л. И., Виноградов Б. А., Асатурян Ж. М., Зайцев Г. П., Ткаченко О. В. Масло из виноградных семян // Сборник научных трудов „Виноградарство и виноделие, 2009. Стр. 92-96.

<sup>309</sup> Дейнека В. И., Туртыгин А. В., Дейнека Л. А., сорокопудов В.Н. Исследование триглицеридного и жирнокислотного состава масел семян винограда. Ж. Научные ведомости Белгородского гос. Университета. Серия: Естественные науки. 2008.Т.3, №6.

ტრიფტოფანი, სერინი, თრეონინი, თიროზინი, ასპარაგინის მჟავა, ასპარაგინი, გლუტამინის მჟავა და პროლინი; ამინები: ადრენალინი, ნორადრენალინი, დოფამინი და სეროტონინი. ფენოლურ ნაერთები: რეზვერატროლი, პროციანიდინი, კატეხინი და ეპიკატეხინი<sup>310</sup>.

ანტოციანიდინები, ფლავონოლები და რეზვერატროლი, წარმოადგენენ ყურძნის ყველაზე მნიშვნელოვან პოლიფენოლებს, გააჩნიათ მრავალი ბიოლოგიური აქტივობა, როგორცაა ანტიოქსიდანტური, კარდიოპროტექტური, ანთების საწინააღმდეგო, ანტიაგრეგაციული და ანტიმიკრობული თვისებები<sup>311</sup>.

ყურძნის წიპწის ექსტრაქტი ხელს უშლის ბაქტერიული ბიოაპკის<sup>312</sup> წარმოქმნას<sup>313</sup>. აქვს ანთების საწინააღმდეგო მოქმედება ექსპერიმენტული პაროდონტიტის დროს<sup>314</sup>.

პროანტოციანიდინი არის კონდენსირებული ტანინი – მცენარეული მეტაბოლიტი<sup>315</sup>, იგი აძლიერებს კოლაგენის სინთეზს და მისი წყაროა ყურძნის წიპწას ექსტრაქტი<sup>316</sup> აუმჯობესებს კბილის მინანქრის რემინერალიზაციის ხარისხს<sup>317</sup>.

საფერავის ჯიშის ყურძნისგან დაყენებული ქართული წითელი ღვინოები განსაკუთრებით დიდი რაოდენობით შეიცავენ მრავალ ბიოაქტიურ ბუნებრივ ნივთიერებებს და უნიკალური თვისებები გააჩნიათ, რადგან ეს ნივთიერებები უხვად არის წარმოდგენილი არა მარტო ყურძნის მარცვლის ქერქში, არამედ რბილობშიც<sup>318</sup>.

ლეიკოციანიდინი, ლეიკოდელფინიდი და ლეიკოპელარგონიდი პროანტოციანიდინების ყველაზე გავრცემებული წარმომადგენლები არიან. საფერავის ყურძნის მაგარი ნაწილებიდან, ლეიკოანტოციანიდინები ყველაზე დიდი რაოდენობითაა ყურძნის წიპწაში - 393,3 მგ/გ. გავრცელებულია პროანტოციანიდინების დიმერული, ტრიმერული, ტეტრამერული და პოლიმერული ფორმები. პოლიმერული ფორმები ტანინს წარმოადგენს. ოლიგომერულ პროციანიდინებს შორის დომინირებს დიმერული

<sup>310</sup>ა). Joseph J.A., Shukitt-Hale B., Willis L.M. Grape juice, berries, and walnuts affect brain aging and behavior. *J Nutr.* 2009; 139:1813–7. ბ). Xia, E. Q., Deng, G. F., Guo, Y. J., & Li, H. B. Biological activities of polyphenols from grapes. *International journal of molecular sciences.* 2010, 11(2), 622- 646.

<sup>311</sup> Rodrigo, R., Miranda, A., & Vergara, L. Modulation of endogenous antioxidant system by wine polyphenols in human disease. *Clinica Chimica Acta*, 2011, 412(5), P. 410- 424.

<sup>312</sup>ბაქტერიული ბიოაპკი არის პაროდონტიტის გამომწვევი.

<sup>313</sup> Li WG, Zhang XY, Wu YJ, Tian X. Anti-inflammatory effect and mechanism of proanthocyanidins from grape seeds. *Acta Pharmacol Sin.* 2001; N 22; P. 1117–1120.

<sup>314</sup> ÖZDEN, Feyza Otan, SAKALLIOĞLU, Elif Eser, SAKALLIOĞLU, Umur, AYAS, Bülent, & ERİŞGİN, Züleyha. (). Effects of grape seed extract on periodontal disease: an experimental study in rats. *Journal of Applied Oral Science*, 2017. 25(2), P. 121- 129.

<sup>315</sup>ა). Nakamura Y, Tsuji S, Tonogai Y. Analysis of proanthocyanidins in grape seed extracts, health foods and grape seed oils. *J Health Sci.* 2003; N 49(1); P. 45–54. ბ).Forester SC, Waterhouse AL. Metabolites are key to understanding health effects of wine polyphenolics. *J Nutr.* 2009; N 139; P. 1824–1831.

<sup>316</sup> Han B, Jaurequi J, Tang BW, Nimni ME. Proanthocyanidin: a natural crosslinking reagent for stabilizing collagen matrices. *J Biomed Mater Res A.* 2003; N 65; P. 118–124.

<sup>317</sup> Mirkarimi M., Eskandarion S, Bargrizan M. Remineralization of Artificial Caries in Primary Teeth by Grape Seed Extract: An In Vitro Study *J Dent Res Dent Clin Dent Prospect.* 2013 Autumn; 7(4); P. 206–210.

<sup>318</sup> Folts JD. Potential health benefits from the flavonoids in grape products on vascular disease. *Adv Exp Med Biol.* 2002; N 505; P. 95–111.



ფორმები. პროცინიდი - A1 არის ეპიგალოკატექინ-ეპიკატექინის დიმერი, ხოლო პროანტოცინიდი - A2 წარმოადგენს კატექინის დიმერს<sup>319</sup>.

საქართველოში გავრცელებული წითელყურძნიანი ტექნიკური ჯიშებიდან დამზადებული ღვინოები შეიცავს როგორც ოლიგომერულს, ისე პოლიმერულ პროანტოცინიდებს, რომელთა შორის დომინანტია **პოლიმერული პროანტოცინიდები**. მათი რაოდენობა შემდეგია:

- **საფერავის მშრალი ღვინო:** ოლიგომერული - 988 მგ/ლ, პოლიმერული - 3200 მგ/ლ;
- **კაბერნეს მშრალი ღვინო:** ოლიგომერული - 892 მგ/ლ, პოლიმერული - 2050 მგ/ლ;
- **ოცხანური საფერეს მშრალი ღვინო:** ოლიგომერული - 992 მგ/ლ, პოლიმერული - 3000 მგ/ლ;
- **ოჯალეშის ბუნებრივად ნ/ტ ღვინო:** ოლიგომერული - 1044მგ/ლ, პოლიმერული - 1455 მგ/ლ;
- **ალადასტურის მშრალი ღვინო:** ოლიგომერული - 364 მგ/ლ, პოლიმერული - 1950 მგ/ლ;
- **ალექსანდროული ბუნებრივად ნ/ტ ღვინო:** ოლიგომერული - 807 მგ/ლ, პოლიმერული- 1235 მგ/ლ;
- **მუჯურეთული ბუნებრივად ნ/ტ ღვინო:** ოლიგომერული 972 მგ/ლ, პოლიმერული - 1365 მგ/ლ;
- **ჩხავერის ვარდისფერი ღვინო:** ოლიგომერული 936 მგ/ლ, პოლიმერული - 1200 მგ/ლ<sup>320</sup>.

**ღვინო საფერავში** იდენტიფიცირებულია ფლავონოლები: კვერცეტინი, კვერცეტინ-3-O - მონოგლუკოზიდი (იზოკვერციტრინი) და კვერცეტინ-3-O-რუტინოზიდი(რუტინი); ანტოცინინები: მალვიდინ-3-O-მონოგლუკოზიდი (ოენინი) და პეონოდინ-3-O-მონოგლუკოზიდი (პეონინი)<sup>321</sup>.

**წიპწის ზეთში** დადგენილია შემდეგი ცხიმოვანი მჟავები: ლინოლის (65 %), ლინოლენის (1,5 %), ოლეინის (17,0 %), პალმიტინის (8 %), სტეარინის (4,4 %) და არაქიდონის (0,6 %)<sup>322</sup>.

ბიოლოგიურად აქტიურ დანამატის „**სტეპალოლ E**“ -ს ფარმაკოლოგიური თვისებები: მის შემადგენლობაში შედის პალმიტინის მჟავა (8,6-16,5 %), სტეარინის (3 %),

<sup>319</sup> ჯავახიშვილი მ., კახური ღვინის ტექნოლოგია და მისი თავისებურებანი“, საგამომცემლო და პოლიგრაფიული ცენტრი.2006.

<sup>320</sup> ვეფხიშვილი ნ. ბიოლოგიურად აქტიური ზოგიერთი სტილბენის გამოკვლევა ქართულ წითელ ღვინოებში და მათი ტექნოლოგიური გამოყენება, დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად წარმოდგენილი დისერტაციის მაცნე. თელავი. 2012 წ.

<sup>321</sup> მითაიშვილი თ., ზამბახიძე ი., ნ., თარგამაძე ი., ჭრიკიშვილი დ., შალაშვილი ა. ღვინო საფერავიდან ზოგიერთი ფლავონოიდის გამოყოფა და იდენტიფიკაცია. საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის მაცნე, ქიმიის სერია. 2014. ტ. 40. N 1. გვ. 74-78.

<sup>322</sup> კიკალიშვილი ბ., ზურაბაშვილი დ., ტურაბელიძე დ., ზურაბაშვილი ზ., გიორგობიანი ი. ყურძნის წიპწის ზეთის თავისუფალი ცხიმოვანი მჟავები და მათი 1,0% და 2,5% კვებითი დანამატების ბიოლოგიური აქტივობა. საქართველოს სამედიცინო სიახლენი. 2012. N6 (207). გვ. 47-50.

ოლეინის მჟავის (20-42,5 %), ლინოლენის მჟავის (39,4-65,6 %), ლინოლენის მჟავის (0,5-1,5 %) და არახიდონის მჟავას (0,8 %), მის შემადგენლობაშია ვიტამინები C, PP, H, A, E-დიდი რაოდენობით, ასევე არის ცილები, მინერალები, ნატურალური ქლოროფილი და მნიშვნელოვანი ანტიოქსიდანტები (პროანტოციანიდინები). ახასიათებს ანტისეპტიკური, ანტიოქსიდანტური, ციტოპროტექტორული, ანთების საწინააღმდეგო მოქმედება<sup>323</sup>.

აღსანიშნავია, რომ პაროდონტიტი იწვევს სისხლის რეოლოგიურ ცვლილებას, რაც გამოიხატება პლაზმის სიბლანტისა და ერითროციტების აგრეგაციის გაზრდაში და ერითროციტების დეფორმაციის შემცირებაში, მხოლოდ ყურძნის წიპწის ზეთის გამოყენება ნორმალიზაციას უკეთებს ამ პარამეტრებს, მაგრამ ნაკლებ ეფექტურობით. ხოლო კომპლექსური მკურნალობის შემდეგ - **ყურძნის წიპწის ზეთის აპლიკაცია+სტეპალოლ E**, პაციენტებში აღინიშნებოდა ოთხი ძირითადი რეოლოგიური მახასიათებლების - ერითროციტების აგრეგაციის, ერითროციტების დეფორმაციის, ჰემატოკრიტის, პლაზმის სიბლანტის სარწმუნო გაუმჯობესება საკონტროლო მნიშვნელობასთან შედარებით<sup>324</sup>.

გამოვლინდა პირის ღრუში მიკროფლორის გაუმჯობესება როგორც ყურძნის წიპწის აპლიკაციით მკურნალობის შემთხვევაში, ისე **ყურძნის წიპწის ზეთის აპლიკაცია+სტეპალოლ E-ს** შემთხვევაში. ყურძნის წიპწის პრეპარატების სტანდარტულ მკურნალობაში ჩართვის შემდეგ სარწმუნოდ შემცირდა იმ პირთა სიხშირე, რომელთაც პირის ღრუს სითხეში ამოეთესათ სოკო, სტაფილოკოკი, სტრეპტოკოკი, ენტეროკოკი და ნაწლავის ჩხირი, ამასთან ეს შემცირება მეტად იყო გამოხატული **ყურძნის წიპწის ზეთის+სტეპალოლ E-ს** ჩართვის შემთხვევაში<sup>325</sup>.

---

<sup>323</sup> Nadareishvili D., Kipiani G., Zenaishvili S., Nikolaishvili M. The influence of high frequency epm and the correction of parodontitis with phyto-preparation - **Stepalol-E** in the experiment. J. Experimental and Clinical Medicine, 2015, 4, pp. 87-91.

<sup>324</sup> მათა გოგუა. პაროდონტის ანთებითი დაავადებების მკურნალობა პრეპარატით „სტეპალოლი - E“. დისერტაცია მედიცინის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად. თბილისი 2017; გვ. 129.

<sup>325</sup> იქვე, გვ. 129.

ცხოველთა ორგანოებიდან დამზადებული წამლების ტექნოლოგიის იდეოლოგიისათვის; „ნერვების ზრდის ფაქტორი“; „ეპიდერმალური ზრდის ფაქტორი“; „სწავლის ფაქტორი“ ან „მეხსიერების ფაქტორი“; „ძილის ფაქტორი“; ოპიოიდური პეპტიდები „ენდორფინები“ და „ენკეფალინები“; ორაგულის ტვინიდან მიღებულია პრეპარატი; ფერმენტი „გიალურონიდაზა“ ხლეჩს გიალურონმუჟავას; ჰეპარინი და ჰეპარინის ანტაგონისტი; „ინსულინი“; ნუკლეინ მუჟავების ჰიდროლიზების უნარი; საშიშროება ჯირკვლის ქსოვილების თვითმონელებისა; ქრონიკული პანკრეატიტებისა და კუჭქვეშა ჯირკვლის უკმარისობა; ადამიანის სისხლის პლაზმის პროფიბრინოლიზინის ტრიპსინით აქტივაცია; „ინტერფერონი“; „ინსულინი“; „ლანგერგანსის კუნძულები“; ინსულინის სინთეზი; ადამიანის და ცხოველთა ინსულინი; რეკომბინატული დნმ-ის ტექნოლოგია და ინტერფერონები; ზრდის ჰორმონი, ვაქცინები და ფერმენტები; ჰიპოფიზი ენდოკრინული სისტემის დირიჟორი; კალციტონინი ანტაგონისტი პარათირეოიდული ჰორმონისა (პარათჰორმონისა), რომელიც ახდენს გავლენას კალციუმის ცვლაზე; ტესტოსტერონი; „ესტრონი (ფოლიკულისი)“; კარიბის ზღვის გორგონის მარჯნები; ენდოგენური ოპიოიდები - „ენკეფალინები“ და „ენდორფინები“; ელენთის ექსტრაქტთა მოქმედების მრავალგვარობა; ბუნებრივ ნივთიერებათა სამყაროს პარადოქსები; ეკოლოგიური ბიოქიმიის შესახებ.

---

**ცხოველთა ორგანოებიდან დამზადებული წამლების ტექნოლოგიის  
იდეოლოგიისათვის**

უძველესი დროიდან ცხოველთა ორგანოები და მათგან დამზადებული პრეპარატები გამოიყენებოდნენ სამკურნალო მიზნით. ასეთ საშუალებათა აღწერას შეიძლება წავაწყდეთ სახელგანთქმულ „ებერსის პაპირუსში“<sup>326</sup>, რომელიც ჩვენს წელთაღრიცხვამდეა დაწერილი, ინდურ-ტიბეტური მედიცინის ტრაქტატებში, ჰიპოკრატესა და ჰალენის თხზულებებში.

ცხოველთა ორგანოებიდან დამზადებულმა წამლებმა ფართო გავრცელება ჰპოვა შუა საუკუნეებში „იზოთერაპიის“ იდეის განვითარების გამო, რომელიც წამოაყენა ექიმმა პარაცელსმა, გამოიყენა რა ფორმულა „მსგავსი მსგავსითვე იკურნება“, მან რეკომენდაცია გაუწია ღვიძლის დაავადებების მკურნალობას ღვიძლითვე, კუჭის დაავადებებისას - დათვის კუჭს. მაგრამ ამ პრეპარატების გამოყენება ატარებდა არამეცნიერულ ხასიათს.

---

<sup>326</sup> გეორგ მორის ებერსი (დ.1 მარტი, 1837, ბერლინი — გ. 7 აგვისტო, 1898, ბავარია)

— გერმანელი მეცნიერ-ეგვიპტოლოგი და მწერალი, პაპიროლოგი. მან გახსნა 1873-1874 წწ. ქალაქ ლუქსორში ძველბერძნული სამედიცინო ძეგ.წ.-მდე მე-XVI საუკუნის შუა პერიოდის პაპირუსი. ამჟამად ის ინახება ლაიფციხის უნივერსიტეტის ბიბლიოთეკაში. ებერსის პაპირუსი არის ძველი ეგვიპტის სამედიცინო უნიკალური წყარო. [https://ka.wikipedia.org/wiki/გეორგ\\_ებერსი](https://ka.wikipedia.org/wiki/გეორგ_ებერსი)

ცხოველთა ორგანოების გამოყენება გამართლებული აღმოჩნდა სიცოცხლისათვის მნიშვნელოვანი ნივთიერებების აღმოჩენის შემდეგ: **ჰორმონებმა, ვიტამინებმა, ბიოაქტიურმა პეპტიდებმა** ნათელი გახადეს მრავალი ძველი რეცეპტის მოქმედების მექანიზმი.

ღვთისათვის ღვიძლისაგან ღებულობენ მთელ რიგ სამკურნალო პრეპარატებს. პრეპარატ „**ვიტოჰეპატს**“ ამზადებენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ახალი ღვიძლისაგან. იგი შეიცავს ვიტამინ **B<sub>12</sub>**-ს. მას ნიშნავენ, როგორც **ანტიანემიურ** საშუალებას, **სისხლის დაავადებისას, ბოტკინის დაავადებისას, ღვიძლის ქრონიკული დაზიანებებისას და ატროფიული გასტრიტებისას**. უნგრეთში იწარმოება პრეპარატი „**სირეპარი**“, რომელსაც ღებულობენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ღვიძლის **ჰიდროლიზის** გზით. იგი ასევე შეიცავს ვიტამინ **B<sub>12</sub>**-ს და **ჰიდროლიზის** სხვა პროდუქტებს. მას ნიშნავენ **ჰეპატიტების, ღვიძლის ციროზის და სხვადასხვა ტოქსიკოზებისას**.

„**ვიგერატინის**“ აბების შემადგენლობაში შედის **ღვიძლის და პანკრეატინის ლიოფილიზირებული ექსტრაქტი**. მას ნიშნავენ **ქრონიკული ჰეპატიტებისას, პანკრეატიტებისას, გასტრიტებისას**. ღვიძლის სხვადასხვა პრეპარატები ექსტრაქტების ან ლიზატების სახით იწარმოებოდა მრავალ ქვეყანაში: უნგრეთში - „**ნეოპერჰეპარი**“, „**ფერკუპარი**“, პოლონეთში - „**ჰეპაზონი**“, დიდ ბრიტანეთში - „**აბიონი**“.

1916 წელს **მაკ-ლეონმა** ძალის ღვიძლში აღმოაჩინა ნივთიერება **ჰეპარინი** (ბერძნ. **HEPAR** - ღვიძლი). ოცი წლის შემდეგ მისი გამოყენება დაიწყო სუფთა სახით კლინიკურ მედიცინაში. **ჰეპარინი** წარმოადგენს **მყავურ მუკოპოლისაქარიდს**, რომელიც ასრულებს **ბუნებრივი ანტიკოაგულანტური ფაქტორის** ფუნქციას ცხოველურ ორგანიზმში. **ფიბრინოლიზინთან** ერთად ის შედის, ფიზიოლოგიური, შედედების საწინააღმდეგო სისტემის შედგენლობაში. **ჰეპარინს** იყენებენ სხვადასხვა თრომბოემბოლიური დაავადებების პროფილაქტიკისა და თერაპიისათვის, სისხლის თხევადი მდგომარეობის შესანარჩუნებლად, „**სისხლის ხელოვნური მიმოქცევისა**“ და **„ხელოვნური თირკმლის“** აპარატებში. კიდურების ზედაპირული **თრომბოფლებიტებისას** იყენებენ **ჰეპარინის** მალამოს, რომლის წასმის შემდეგ **ჰეპარინი** თანდათანობით თავისუფლდება და ახდენს ხანგრძლივ მოქმედებას.

**მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ფილტვები** ასევე წარმოადგენს ნედლეულს პრეპარატ „**ინგიტრილის**“ საწარმოებლად, რომელიც „**პანტრიპინის**“ მსგავსად, ბლოკირებას უკეთებს პროტეოლიტური ფერმენტების აქტივობას და დაბლა სწევს სისხლის ფიბრინოლიტურ აქტივობას. მას ნიშნავენ მწვავე პანკრეატიტის დროს.

ცნობილია, რომ ძველ დროში ექიმები იყენებდნენ **გულისგან** დამზადებულ პრეპარატებს, მრავალი სნეულების სამკურნალოდ. ბოლო ათწლეულების გამოკვლევებმა აჩვენეს, რომ გულის ქსოვილები შეიცავენ ბიოლოგიურად აქტიურ ნივთიერებებს. შემჩნეული იქნა, რომ გულის უჯრედები - **კარდიოციტები** გამოიმუშავებენ პეპტიდური ბუნების სპეციფიურ ჰორმონს, რომელიც 28

ამინომჟავისაგან შედგება. ამ **ჰორმონის**, რომელსაც უწოდეს „**ატრიალური ნატრიურეტიული ფაქტორი**“, მოქმედების ადგილს წარმოადგენს თირკმელი, კონკრეტულად კი თირკმლის ფილტრაციული აპარატი. **ჰორმონი** აძლიერებს ორგანიზმიდან წყლისა და ნატრიუმის გამოდევნას, ასევე დაბლა სწევს არტერიულ წნევას. უკანასკნელი ეფექტი განსაკუთრებითაა გამოხატული მაღალი არტერიული წნევისას.

**გულის ჰორმონი** მიღებული იქნა სინთეზური გზით. იგი გამოიყენება როგორც ანტაგონისტი ორი სხვა ჰორმონისა - „**ალდოსტერონის**“ და „**ვაზოპრესინის**“, იგი აჭარბებს, ამ მიზნით გამოყენებული, სხვა პრეპარატების ეფექტურობას.

დღეისათვის დაპატენტებულია **გულის პეპტიდის** გამოყენება, როგორც შარდმდენი, ნატრიუმგამომყვანი, ასევე თირკმლის სისხლძარღვების გამაფართოებელი და გლუვი კუნთების მომადუნებელი საშუალება.

აღსანიშნავია, რომ უახლოეს წარსულში უნგრეთში უშვებდნენ **გულის ჰორმონს** სახელწოდებით „**კორგერმონი**“. იგი წარმოადგენდა ექსტრაქტს ხბოს გულისაგან და გამოიყენებოდა ცვლის პროცესების სტიმულაციისათვის გულის კუნთის უკმარისობისას.

რუსეთში, მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის გულის ქსოვილებიდან, ღებულობენ **ფერმენტულ პრეპარატს**, „**ციტოქრომ C**“-ს. ორგანიზმში ეს ფერმენტი მონაწილეობას ღებულობს ქსოვილური სუნთქვის პროცესებში. მის სტრუქტურაში შედის რკინა, რომელიც გადადის ალდგენილი ფორმიდან დაჟანგულში, რითაც აჩქარებს ჟანგვითი პროცესების მსვლელობას. ამ მიზნით იყენებენ **ციტოქრომ C**-ს ასტმური მდგომარეობისას, გულის უკმარისობისას, სტენოკარდიისას, ინფექციური ჰეპატიტისას და ინტოქსიკაციებისას.

**ციტოქრომ C** შედის თვალის წვეთების „**კატაქრომის**“ შემადგენლობაში კატარაქტის მკურნალობისას, ასევე პრეპარატებში - „**ვიტაფაკოლი**“ და „**ვიტაიოდუროლი**“. გარდა ამისა, მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის გულისაგან ღებულობენ ნივთიერებას „**კარდიოლიპინს**“ (დიფოსფატიდილგლიცერინი), რომელიც გამოიყენება ვასერმანის ცნობილი რეაქციისას სიფილისის დიაგნოსტიკისას.

თირკმელებიდან გამოყოფილია პეპტიდები-“**ანგიოტენზინები**“, რომლებიც მაღლა წევენ არტერიულ წნევას, ასევე გლუკოპროტეინი “**ერიტროპოეტინი**“- სისხლის წარმოქმნის სტიმულატორი.

ყბისქვეშა სანერწყვე ჯირკვლებიდან გამოყვეს ცილა „**ნერვების ზრდის ფაქტორი**“, ასევე „**ეპიდერმალური ზრდის ფაქტორი**“.

თავის ტვინის ქსოვილებში და ზურგის ტვინის სითხეში აღმოჩენილია **პეპტიდი**, რომელიც შედგება რვა ამინომჟავისაგან და წარმოადგენს „**ძილის ფაქტორს**“. ეს ნივთიერება იწვევს და ხელს უწყობს ძილს. ტვინში აღმოაჩინეს აგრეთვე **პეპტიდები**, რომლებიც სინთეზირდებიან სწავლის პროცესში, მათ უწოდეს „**სწავლის ფაქტორი**“, ან „**მეხსიერების ფაქტორი**“.

ტვინის ქსოვილებიდან გამოყვეს **ოპიოიდური პეპტიდები** “ენდორფინები” და “ენკეფალინები”, რომლებიც, **მორფინის** მსგავსად, ხასიათდება ტკივილგამაყუჩებელი თვისებებით, ასევე **განგაშის პეპტიდი**, რომელიც შედგება 105 ამინომჟავისაგან.

ჩვენ დღეებში ცხოველთა მრავალი ორგანო არის ნედლეული სამკურნალო პრეპარატებისა, რომლებიც არ შეიცავენ ჰორმონალურ და ჰორმონების მსგავს ნივთიერებებს. მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის თავისა და ზურგის ტვინისაგან ფარმაცევტულ მრეწველობაში ამზადებენ პრეპარატ **„ცერებროლეცტინს“** და **„ლიპოცერებრინს“**, რომელთაც იყენებენ, როგორც გამამაგრებელ საშუალებას, ნერვული გამოფიტვის, ნევროზების, გადაღლისას. მათ გააჩნია ასევე **ანტისკლეროტიული მოქმედება**, სტიმულირებას უკეთებენ ცხიმოვან ცვლას. ტვინი ასევე წარმოადგენს **„ქოლესტერინისა“** და **„ლეცტინის“** მიღების წყაროს - ესენი, თავის მხრივ, ნედლეულია ზოგიერთი სამკურნალო პრეპარატისა და ცხიმისმაგვარი ნივთიერების **„სფინგომიელინისა“**.

**ორაგულის ტვინიდან** მიღებულია პრეპარატი, რომელიც სტიმულირებას უკეთებს ცხოველთა ზრდას (იაპონური განაცხადი N 58-134065).

საჭმლის მონელების უწყესრიგობებისას, დისპეპსიებისას, გასტრიტებისას, რომელნიც მიმდინარეობენ დაბალი სიმჟავიანობით, ნიშნავენ ფერმენტ **„პეპსინს“**, რომლის მიღების წყაროცაა ღორის კუჭის ლორწოვანი გარსი. მას ჩვეულებრივ ნიშნავენ მარილმჟავასთან ერთად. ანალოგიური თვისებებით ხასიათდებიან **„პეპსიდინი“** (ღორის კუჭის ლორწოვანი გარსის ფერმენტაციული ჰიდროლიზის პროდუქტის ხსნარი მარილმჟავაში) და **„აბომინი“** (ღებულობენ ხბოს და ბატკნის კუჭის ლორწოვანი გარსისგან).

ამავე დაავადებებისას ექიმები ხშირად რეკომენდაციას უწევენ ნატურალურ კუჭის წვენს, რომელთა მწარმოებლები არიან ძალღების ჯანსაღი ინდივიდები. მას ღებულობენ ი. პავლოვის მეთოდით: კვერცხით კვების გზით, კუჭის ფისტულის საშუალებით.

დამწვრობებისა და ოპერაციების შემდგომი კელოიდური ქსოვილების დარბილებისა და გაწოვისათვის იყენებენ საქონლის თვალის მინისებურ სხეულს. პრეპარატებს მინისებური სხეულიდან, ნიშნავენ ნევრალგიების, რადიკულიტების და ძვლის მოტეხილობების შეზრდის დასაჩქარებლად.

მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ყურის ახლოს მდებარე ჯირკვლებიდან ღებულობენ პრეპარატ **„ტრასილოლს“** (**ტზალოლი**) და **„კონტრიკალს“**, რომელთა მოქმედ საწყისს წარმოადგენს **პოლიპეპტიდი**, ისეთი ფერმენტების ინაქტივატორი, როგორებიცაა “კალიკრეინი”, “ტრიპსინი”, “ფიბრინოლიზინი” და “ქიმოტრიპსინი”.

ფერმენტი **„გიალურონიდაზა“** ხლეჩს **გიალურონმჟავას**, რომელიც თავისი მაღალი სიბლანტის წყალობით წარმოადგენს შემაერთებელი ქსოვილების შემამჭიდროებელ ნივთიერებას. ეს ფერმენტი შედის პრეპარატების “ლიდაზასა” და “რონიდაზის” შემადგენლობაში, რომელიც მზადდება მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის სათესლეებისაგან. მათი გამოყენების ძირითადი ჩვენებები: დამწვრობისა და

ქირურგიული ოპერაციის შემდგომი კელოიდები, ანთებითი დაავადებები, რომლებიც მიმდინარეობენ კელოიდების წარმოქმნით.

სხვადასხვა სახის თევზების სპერმისაგან ღებულობენცილოვან პრეპარატს “პროტამინ სულფატს” რომელიც ახდენს სასარგებლო ეფექტს, ჰეპარინის სიჭარბით გამოწვეული სისხლდენებისას. პრეპარატი არის ჰეპარინის ანტაგონისტი.

სამკურნალო პრეპარატების მთელი არსენალი მიიღება მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის კუჭქვეშა ჯირკვლისაგან. პირველრიგში - ჰორმონი “ინსულინი”, რომელსაც უნიშნავენ დიაბეტით დაავადებულებს.

გარდა ამისა, მისგან ღებულობენ ძალზე მნიშვნელოვან ფერმენტულ პრეპარატებს: “ტრიპსინს”, “ქიმოტრიპსინს”, “ქიმოპსინს”. ტრიპსინს გააჩნია ცილოვანი სტრუქტურა და პეპტიდური ბმების გაწყვეტის უნარი, ცილებისა და პეპტიდების მოლეკულებში. იგი წარმოიქმნება ძუძუმწოვრების კანქვეშა ჯირკვალში არააქტიური “ტრიპსინოგენის” სახით და ჩადის წვრილ ნაწლავში. სხვა ფერმენტის - “ენტეროკინაზის” გავლენით ხდება მისი გარდაქმნა აქტიურ ტრიპსინად. სამედიცინო პრაქტიკაში იყენებენ მის თვისებებს, დახლიჩოს მკვდარი ქსოვილები, გაათხელოს ბლანტი ლორწოვანი და ჩირქოვანი გამონადენები. ჯანსაღ ქსოვილებში იმყოფება ტრიპსინის ინჰიბიტორი, ამიტომ მათზე ფერმენტი არ ახდენს ზემოქმედებას. ეს ფერმენტი შედის იმ კომპლექსური პრეპარატების შემადგენლობაში, რომლებიც გამოიყენებიან საჭმლის არასრული მონელებისას: “ტრიფერმენტი”, “კოტაზიმფორტე”. ქიმოტრიპსინი ასევე წარმოადგენს ცილების გამხლერ ფერმენტს. წარმოიქმნება კუჭქვეშა ჯირკვალში, სადაც იმყოფება არააქტიურ მდგომარეობაში, “ქიმოტრიპსინოგენის” სახით, რომელიც აქტიურდება ტრიპსინის გავლენით. ტრიპსინისაგან განსხვავებით ქიმოტრიპსინი აწარმოებს ცილის უფრო ღრმა ჰიდროლიზს, ის უფრო მდგრადია და ნელა ინაქტივირდება.

ტრიპსინი ხლეჩს უპირატესად პეპტიდურ კავშირებს, რომლებიც წარმოქმნილია ამინომჟავებით „არგინინით“ და „ლიზინით“ ხოლო ქიმოტრიპსინი ხლეჩს პეპტიდურ კავშირებს წარმოშობილს არომატული ამინომჟავებით: „თიროზინით“, „ტრიფტოფანით“, „მეთიონინით“ და „ფენილალანინით“. ქიმოტრიპსინს იყენებენ იმავე დაავადებისას, რისთვისაც გამოყენებულია ტრიპსინი.

მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის კუჭქვეშა ჯირკვლიდან, ასევე იღებენ ფერმენტულ პრეპარატებს - „რიბონუკლეაზებს“ და „დეზოქსირიბონუკლეაზებს“. ამ ცილებს გააჩნია ნუკლეინ მჟავების ჰიდროლიზების უნარი. მათ იყენებენ ჩირქის გათხელებისათვის, ასევე საშუალებად, რომელიც ხელს უშლის ისეთი ვირუსების გამრავლებას, რომლებიც შეიცავენ რიბონუკლეინ- და დეზოქსირიბონუკლეინმჟავებს, კერძოდ, ჰერპესის ვირუსები და ადენოვირუსები.

კუჭქვეშა ჯირკვლიდან მიღებულ ფერმენტულ პრეპარატს (სახელწოდებით „კოლაგენაზა“), რომელიც უპირატესად ხლეჩს კოლაგენურ ბოჭკოებს, იყენებენ დამწვრობისა და მოყინვის შემდგომი ფუფხის (ქერქის) და ნეკროტიზირებული ქსოვილების მოცილების დასაჩქარებლად, ასევე დიდხანს შეხორცებადი წყლულების სამკურნალოდ, ჩირქოვანი ნადებების გასაწმენდად.

ღორის კუჭქვეშა ჯირკვლიდან ღებულობენ სამკურნალო საშუალებას „ელასტოლიტინს“, რომელსაც გააჩნია თვისება შეამციროს სისველის სიბლანტე და გააადვილოს მისი გამოყოფა სასუნთქი გზების დაავადებებისას. ის ხსნის ცილა „ელასტინს“, რითაც ეწინააღმდეგება ოპერაციის შემდგომ შეხორცებათა გაჩენას.

კუჭქვეშა ჯირკვლიდან ამზადებენ პოლიპეპტიდური ბუნების პრეპარატს - „პანტრიპინს“, რომელსაც გააჩნია სპეციფიური უნარი ბლოკირება გაუწიოს ტრიპსინის, ქიმოტრიპსინის, კალიკრეინის, პლაზმინის აქტივობას. მას იყენებენ მწვავე პანკრეატიტისას, როცა შეინიშნება ჩამოთვლილი ფერმენტების აქტივაცია და არის საშიშროება ჯირკვლის ქსოვილების თვითმონელებისა. ანალოგიური პრეპარატები გამოდიან სახელწოდებებით: „კონტრიკალი“, „ტრასილოლი“, „ტზალოლი“, „გორდოქსი“.

ქრონიკული პანკრეატიტებისა და კუჭქვეშა ჯირკვლის უკმარისობისას ნიშნავენ ფერმენტულ პრეპარატს, რომელსაც ღებულობენ ამ ორგანოსაგან - პანკრეატინისგან. იგი შედის სამკურნალო საშუალებების: „პანზიტრიმის“ და „დიგესტალის“ (ყოფილ იუგოსლავიაში იწარმოებოდა), „პანკურმენის“, „მეზინფორტე“-ს (გერმანია) და „ფესტალის“ (ინდოეთი) შემადგენლობაში.

პანკრეატინი შედის, ასევე „ვიგერატინის“ აბების შემადგენლობაში, რომელიც გამოიყენება ქრონიკული ჰეპატიტების, პანკრეატიტების და გასტრიტების მკურნალობისას. კუჭქვეშა ჯირკვალი ასევე შეიცავს, არტერიული წნევის დამწვევ, მთელ რიგ ფაქტორებს. ამ ნივთიერებებს გააჩნია ფერმენტაციული აქტივობა და ეწოდებათ „კალიკრეინები“. ისინი ხლეჩენ პლაზმაში მყოფ ცილა „კინინოგენს“ და გარდაქმნიან მას პოლიპეპტიდ „ბრადიკინინად“, რომელიც აფართოებს სისხლძარღვებს.

რუსეთში, ღორის კუჭქვეშა ჯირკვლიდან ამზადებენ პრეპარატ „ანდეკალინს“ და ნიშნავენ სისხლის წნევის დასაწევად. გერმანიაში იწარმოება სამკურნალო საშუალება, რომელიც შეიცავს კალიკრეინს (კალიგენაზა), „დილმინალი“, რომელსაც გააჩნია (ანდეკალინის მსგავსი) არტერიული წნევის დამწვევის ფუნქცია.

ჯანდაცვაში გამოყენებული სამკურნალო საშუალებების მდიდარი წყაროა ცხოველთა სისხლი ან პლაზმა. ამ კატეგორიის წამლებს, პირველ რიგში მიეკუთვნება ე. წ. პარენტერალური კვების (ე. ი. ორგანიზმისათვის აუცილებელი ცილოვანი ნივთიერებების შეყვანა არა საკვებთან ერთად, არამედ სისხლძარღვების საშუალებით. როგორც წესი, მას იყენებენ წვეთოვანების სახით) საშუალებები, ერთ-ერთი ასეთი პრეპარატის - „ჰიდროლიზინის“ ხსნარს ღებულობენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის სისხლის ცილების მჟავური ჰიდროლიზის გზით და გლუკოზის დამატებით. მას იყენებენ დაავადებებისას, რომლებიც მიმდინარეობენ ცილოვანი უკმარისობით, გაძლიერებული ცილოვანი კვების საჭიროებისას – საყლაპავზე და კუჭზე ოპერაციებისას, როცა კვება პირიდან შეუძლებელია.

ამავე მიზნით, ნიშნავენ პრეპარატ „ამინოპეპტიდს“, რომელსაც ღებულობენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის სისხლის ცილების ფერმენტაციული ჰიდროლიზით. პრეპარატი „ამინოკროვინი“ წარმოადგენს ადამიანის სისხლის ცილების ჰიდროლიზის პრდუქტს, რომელსაც ემატება გლუკოზა. ცილოვანი, პარენტერალური კვებისათვის



ასევე იყენებენ პრეპარატ „ფიბრინოლოს“, რომელსაც ამზადებენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის სისხლის ფიბრინის არასრული ჰიდროლიზის გზით. იგი შეიცავს თავისუფალ ამინომჟავებს და ცალკეულ პეპტიდებს.

ანთების საწინააღმდეგო საშუალებად, რომელსაც შეუძლია ანთებითი ინფილტრატების გაწოვა და ტკივილის შემცირება, იყენებენ ბიოსტიმულატორ „პოლიბიოლინს“. მას ამზადებენ დონორული, რეტროპლაცენტარული და პლაცენტარული - ადამიანის სისხლის შრატებისაგან. როგორც ბიოგენურ სტიმულატორს, ასევე ნიშნავენ ადამიანის სისხლისაგან მიღებულ პრეპარატ - „პლაზმოლს“. იგი ახდენს დესენსიბილაციურ, ტკივილგამაყუჩებელ და ანთების-საწინააღმდეგო მოქმედებას: ნევრიტებისას, რადიკულიტებისას, კუჭისა და თორმეტგოჯა ნაწლის წყლულოვანი დაავადებებისას.

ფერმენტული პრეპარატი „ფიბრინოლიზინი“ მზადდება ადამიანის სისხლის პლაზმის პროფიბრინოლიზინის ტრიპსინით აქტივაციის გზით. ეს ცილოვანი ნივთიერება წარმოადგენს ორგანიზმის შედედების საწინააღმდეგო სისტემის ფიზიოლოგიურ კომპონენტს. მას გააჩნია თვისება გახსნას ფიბრინის ძაფები. მას იყენებენ იმ დაავადებათა მკურნალობისას, რომლებიც მიმდინარეობენ სისხლძარღვებში თრომბების წარმოქმნით.

დონორთა სისხლის პლაზმისაგან ღებულობენ სისხლდენის შემაჩერებელ პრეპარატ „ფიბრინოგენს“. ის ასევე წარმოადგენს სისხლის ბუნებრივ შემადგენელ ნაწილს, რომელიც განსაზღვრავს სისხლის შედედების ბოლო სტადიას - შესქელებათა წარმოქმნას.

რუსეთში, გლიცერინით გაჯერებული ფიბრინოგენი გამოდის იზოგენური ფირის („Фибринная пленка изогенная“) სახით. დონორთა პლაზმა არის წყარო კიდევ ერთი სისხლშემაჩერებელი პრეპარატისა - „თრომბინისა“, რომელიც ასევე ბუნებრივი კომპონენტია სისხლის შედედების სისტემისა, მას იყენებენ მხოლოდ ადგილობრივად, წვრილი კაპილარებიდან სისხლდენის შესაჩერებლად.

ჰემოროიდალური კვანძებიდან სისხლდენებისას ექიმები რეკომენდაციას უწევენ ანტისეპტიკურ, ბიოლოგიურ სანთლებს („Свечи антисептические биологические“), რომელთა შემადგენლობაში შედის ხარის სისხლის პლაზმა თრომბოპლასტინით. სისხლწარმოქმნის სტიმულაციის მიზნით ნიშნავენ „ჰემოსტიმულინის“ აბებს, რომელიც შეიცავს მშრალ, საკვებ სისხლს.

ყოფილ იუგოსლავიაში უშვებდნენ ბიოგენურ პრეპარატ „სოლკოსერილ“-ს, რომელსაც ამზადებენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის სისხლის ექსტრაქტაციის გზით. მას ნიშნავენ ინექციების ან საცხების სახით გაცვლითი პროცესების გაუმჯობესებისათვის და განკურნების დაჩქარებისათვის ისეთი დაავადებებისას, როგორებიცაა ტროფიკული წყლულები, ნაწოლები, დამწვრობები, განგრენა და კანის გადანერგვა.

იმუნური რეაქციების დათრგუნვისათვის იყენებენ პრეპარატ „ანტილიმფოლინ Kr.“-ს, რომელსაც იღებენ კურდღლის სისხლის ცილებისაგან, იმუნიზირებულს

ლიმფოციტებით. იგი გამოიყენება შეუთავსებლობის რეაქციების შესაჩერებლად, ქსოვილთა დაორგანოთა გადანერგვისას.

ადამიანის სისხლის ლეიკოციტებისაგან ღებულობენ „**ინტერფერონს**“, რომელსაც გააჩნია ანტივირუსული აქტივობა. ეს დაბალმოლეკულური ცილა აღმოჩენილი იქნა 1957 წელს და წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ფაქტორს ორგანიზმის დაცვის საქმეში ვირუსული ინფექციებისაგან. ცნობილია, რომ ფეხმძიმობის დასადაგენად ადრე იყენებდნენ მამრ ბაყაყებს, რომელთათვისაც შეყავდათ ფეხმძიმეს შარდი. დღეისათვის **ფეხმძიმობის ჰორმონის -“ჰორიალური ჰონადოტროპინის”** განსაზღვრისათვის გერმანიაში იწარმოება პრეპარატი **“გრავიმუნი”** - ლიოფილიზირებული ანტიშრატი ანტისხეულებით **ჰორიალური ჰონადოტროპინის** მიმართ, რომელიც ვლინდება იმუნოლოგიური რეაქციის საშუალებით.

აღსანიშნავია, რომ უამრავი პრეპარატი მიიღება ცხოველთა სისხლისაგან სხვადასხვა დაავადებათა გამომწვევების მიმართმათი იმუნიზაციის შემდეგ, ესენია ე. წ. **“ანტიშრატები”**. დღეისათვის ასეთი შრატებისაგან, ზოგიერთ შემთხვევაში ღებულობენ **იმუნურცილებს გამა-გლობულინებს, რომლებიც არიან ანტისხეულები** განსაზღვრული დაავადებების გამომწვევების მიმართ და მათ იყენებენ დამოუკიდებელ პრეპარატთა სახით. ასეთი სამკურნალო პრეპარატების რიცხვი ძალზე დიდია, ამიტომ არ შევჩერდებით მათ აღწერასა, მიღებასა და გამოყენებაზე.

ორგანოთერაპიის განვითარებისა და მისი თეორიული დასაბუთებისათვის დიდი მნიშვნელობა აქვს ენდოკრინული ჯირკვლების აღმოჩენას. ცნებები, „შინაგანი სეკრეცია“ და “შინაგანი

„სეკრეციის ჯირკვლები“, შემოტანილი იქნენ **ფრანგი ფიზიოლოგის ბროუნ-სეკარის** მიერ. ითვლება რომ ამ მეცნიერის მიერ ჩატარებული კვლევები იყო საფუძველი თანამედროვე **ენდოკრინოლოგიისა**. ბროუნ-სეკარის კვლევების საფუძველზე და მის შემდგომ დადგენილი იქნა, რომ ერთნი ხასიათდებიან სპეციალური გამომყვანი სადინარებით, რომელთა საშუალებითაც გამოიყოფიან გამომუშავებული ნივთიერებები (ლორწოვანი, ოფლის და სხვა) და იწოდებიან **გარე სეკრეციის ჯირკვლებად**. სხვა სახის ჯირკვლებს არ გააჩნიათ გამომყვანი სადინარები და გამომუშავებულ ნივთიერებებს გამოყოფენ უშუალოდ სისხლში, მათ **შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლები ეწოდებათ**. **სეკრეტირებად ნივთიერებებს ეწოდათ ჰორმონები** (ჰორმონების თემას საკითხის ზოგადი კონცეპტუალიზაციისათვის ჩვენ შევხებით დასაწყისში, ახლა შევჩერდებით ჰორმონების სამკურნალო ასპექტებზე).

პირველი **ჰორმონი** აღმოჩენილი იქნა **ბეილისის და სტარლინგის** მიერ 1902 წელს და ეწოდა **“სეკრეტინი”**. იგი მიეკუთვნება საჭმლის მომნელებელ ორგანოთა ჰორმონებს - **“ენტეროჰორმონებს”**. იგი შედგება 27 ამინომჟავისაგან და პროდუცირებადია თორმეტგოჯა და წვრილი ნაწლავების უჯრედების მიერ. იგი სტიმულირებას უკეთებს, **კუჭქვეშა ჯირკვლის წვენის** თხევადი ნაწილის და **კუჭში პეპსინის, სეკრეციას**; ამასთან ხდება **მარილმჟავას გამომუშავების შეზღუდვა**. დღეისათვის განხორციელებულია **სეკრეტინის** მოლეკულის სინთეზი, მიუხედავად ამისა, პრაქტიკული მიზნებისათვის მას

იღებენ ღორის ნაწლავიდან. სეკრეტინთანაა დაკავშირებული ჰორმონის ცნების შემოტანა, დღეისათვის გამოყოფილია ჰორმონთა დიდი რაოდენობა<sup>327</sup>, ქვემოთ იხილეთ ენდოკრინული ორგანოთა მიერ სინთეზირებადი ჰორმონები.

ენტეროჰორმონების მხოლოდ ჩამოთვლა დიდ ადგილს იკავებს. ესენია გასტრინი, ჰოლეცისტოკინინი, ვაზოაქტიური ინტესტინალური პეპტიდი, გასტროინჰიბირებადი პეპტიდი (მას კიდევ უწოდებენ გლუკოზადამოკიდებულ ინსულინოპულ პეპტიდს), ენტეროგლუკაგონი, პანკრეატიული პოლიპეპტიდი, მოლიტინი, ბომბეზინი, ნივთიერება „პი“. გარდა ამისა, კუჭ-ნაწლავის ტრაქტის ორგანოებიდან გამოყოფილი იქნა ჰორმონები, რომელნიც პირველად აღმოაჩინეს თავის ტვინში - ენდორფინები და ენკეფალინები.

დღეისათვის საექიმო პრაქტიკაში გამოიყენება ჰორმონგასტრინის სინთეზური ანალოგი - „პენტაგასტრინი“. ამნივთიერებას გააჩნია კუჭის სეკრეციის სტიმულირების უნარი და გამოიყენება კუჭის სეკრეტორული უნარისა და მჟავაწარმოქმნის ფუნქციათა განსაზღვრისათვის. იგი შედგება ხუთი ამინომჟავისაგან: N-ტრეტ-ბუთილოკსიკარბონილ- β-ალანილ-L-ტრიპტოფილ- L-მეთიონილ- L-ასპარგინილ-L-ფენილალანილამიდისაგან.

ენდოკრინული ორგანო	სინთეზირებადი ჰორმონები
ჰიპოფალამუსი	რილიზინგ-ჰორმონები, ვაზოპრესინი, ოქსიტოცინი
ჰიპოფიზი	კორტიკოტროპინი, სომატოტროპინი, თიროტროპინი, ფოლიტროპინი, ლუტროპინი, პროლაქტინი, მელანოტროპინი
ფარისებრი ჯირკვავი	თიროქსინი, ტრიიოდთირონინი, თიროკალციტონინი.
პარაფარისებრი ჯირკვავი	პარათირინი (პარათჰორმონი)
ჩანვლისებური ჯირკვავი	თიმოზინი, თიმოპოეტინი
კუჭქვეშა ჯირკვავი (ენდოკრინული ნაწილი)	ინსულინი, გლუკაგონი
თირკმელზედა ჯირკვავები	ალდოსტერონი, კორტიზოლი, კორტიკოსტერონი,
ქერქის შრე	ანდროგენები, ესტროგენები, პროგესტერონი
ტვინოვანი ნივთიერება	ადრენალინი, ნორადრენალინი
საკვერცხეები	ესტროგენები, პროგესტერონი, ანდროგენები
სათესლე ჯირკვავი	ანდროგენები, ესტროგენები.

<sup>327</sup> მ. მაცაბერიძე. ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით. სტუ, 2009; გვ. 99-100.

ხანგრძლივი კვლევების შემდეგ სწავლულებმა შეძლეს დაედგინათ ჰორმონთა ქიმიური აგებულების საერთო პრინციპები და ჩამოაყალიბეს მათი კლასიფიკაცია (იხ. ვ. როზენის მიერ შედგენილი ცხრილი<sup>328</sup>).

ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი და ხშირად გამოყენებადი ჰორმონია **ინსულინი**, რომლის უკმარისობა ორგანიზმში იწვევს შაქრიანი დიაბეტის დაავადებას. ეს დაავადება ცნობილი იყო ჯერ კიდევ უძველესი დროიდან. დიაბეტი (ბერძნული **DIABETES - გამოდინება**, იგულისხმება სითხის გამოდინება) ხასიათდება შარდის დიდი რაოდენობით გამოყოფით, წყურვილით, პირის სიმშრალით, ავადმყოფის სწრაფი დაღლით.

XVII საუკუნეში ცნობილმა ინგლისელმა ექიმმა **თომას ვილისმა** შენიშნა, რომ დიაბეტით დაავადებულის **შარდი ტკბილი გემოსია**. ასი წლის შემდეგ მეორე ინგლისელმა ექიმმა **დობსონმა** დაადგინა რომ სიტკბო განპირობებულია გლუკოზის მაღალი შემცველობით. ამიტომ შემდგომში **ასეთ დიაბეტს უწოდეს შაქრიანი**.

ურთიერთკავშირი დიაბეტის განვითარებასა და კუჭქვეშა ჯირკვლის ფუნქციას შორის დადგენილი იქნა 1889 წელს გერმანელი მეცნიერების **ი. მერინგის და ო. მინკოვსკის** მიერ.

სწავლობდნენ რა კუჭქვეშა ჯირკვლის როლს საჭმლის მონელების პროცესებისას, ისინი უღებდნენ ამ ორგანოს ძაღლებს დააკვირდებოდნენ მათ მდგომარეობას. ცხოველები ძალზე სწრაფად ილუპებოდნენ, მათმა მომვლელმა შენიშნა, რომ ძაღლებს ოპერაციის შემდეგ დიდი რაოდენობით ბუზი ესეოდა, რომელთაც, როგორც შემდგომში დაადგინეს, იზიდავდა შარდთან ერთად გამოყოფილი შაქარი.

---

<sup>328</sup> მ. მაცაბერიძე. ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით. სტუ, 2009; გვ. 103.

**ჰორმონთა კლასიფიკაცია ვ. როზენის მიხედვით**

<b>სილოვან-პეპტიდური</b>	<b>ამინომჟავათა წარმოებულები</b>	<b>სტეროიდული</b>
1. ნეიროჰიპოფიზარული პეპტიდები: ა) ვაზოპრესინის რიგი ბ) ოქსიტოცინის რიგი	1. თირომინული ჰორმონები: ა) კატეპოლამინები ბ) თირეოიდული ჰორმონები	1. C <sub>21</sub> - სტეროიდები (პრეგნანოლინი) ა) კორტიკოსტეროიდები (გლუკოკორტიკოიდები, მინერალკორტიკოიდები) ბ) პროგესტინები
2. პიპტიდური პეპტიდები (რილიზინგ-ფაქტორები)	2. ტრიპტოფანური ჰორმონები (მელანოტონინი)	2. C <sub>19</sub> - სტეროიდები (ანდროსტანოლინი): ა) ანდროგენები
3. ანჰიოტენზინები	-	3. C <sub>18</sub> - სტეროიდები (ესტრანოლინი): ა) ესტროგენები
4. პიპტიდური ოლიგოპეპტიდური ჰორმონები (აღრენო-კორტიკოტროპული ჰორმონის ტიპისა)	-	4. C <sub>27</sub> - სტეროიდები (ქოლესტანოლინი): ა) 1,25 (OH) <sub>2</sub> - D <sub>3</sub> ბ) ეკდამონები
5. გლუკაგონის და კუჭ-ნაწლავის ჰორმონების ტიპის ოლიგოპეპტიდური ჰორმონები ა) გლუკაგონის რიგი ბ) გასტრინის რიგი	-	-
6. ინსულინი 7. კალციუმის ცელის მარეგულირებელი პოლიპეპტიდური ჰორმონები 8. სომატოტროპული ჰორმონის რიგის მონომერული ცილები 9. დიმერული გლიკოპროტეინული ჰორმონები	-	-

იმთავითვე საინტერესო იყო კუჭკვემა ჯირკვლის ფუნქციის როგორი დარღვევები იწვევდნენ **დიაბეტს**. XIX საუკუნის ბოლოს შინაგანი საკრეციის მოძღვრების განვითარებასთან დაკავშირებით, მკვლევარებს გაახსენდათ გერმანელი მეცნიერის **პ. ლანგერგანსის** 1869 წელს გამოქვეყნებული შრომა, სადაც მან აღმოაჩინა, რომ კუჭკვემა ჯირკვლის სიღრმეში განლაგებულნი არიან უჯრედთა პატარა გროვები, რომლებიც **კუნძულებს** მოგვაგონებენ, ისინი სამეცნიერო ტერმინოლოგიაში შევიდნენ „**ლანგერგანსის კუნძულები**“ სახელწოდებით. გამოთქმული იყო აზრი, რომ სწორედ ამ „**კუნძულებთანაა**“ დაკავშირებული დიაბეტის წარმოშობა, და რომ ისინი ასრულებენ ენდოკრინულ ფუნქციას. საბოლოოდ ეს დადგინდა 1902 წელს რუსი ფიზიოლოგის **ლ. სობოლევის** მიერ.

საცდელ ცხოველებს, რომელთაც უკვანძავდნენ კუჭკვემა ჯირკვლის სადინარს ეწყებოდათ ამ ორგანოს და მისი იმ ელემენტების ატროფია, რომლებიც გამოიმუშავებენ საჭმლის მომნელებელ წვენებს. ამასთან **ლანგერგანსის კუნძულები** არ იცვლებოდნენ და ცხოველებს **დიაბეტი** არ უვითარდებოდათ. **ლ. სობოლევმა** დაადგინა წინამორბედთა წარუმატებლობის მიზეზი, რომელნიც ცდილობდნენ გამოეყოთ აქტიური ნივთიერება, რომელიც იშლება **კუჭკვემა ჯირკვლის ფერმენტებით**. აქტივობის შესანარჩუნებლად აუცილებელი იყო ამ ორგანოს ძირითადი ნაწილის ფუნქციონირების შეწყვეტა.

მრავალი წლის განმავლობაში, კუჭქვეშა ჯირკვლის ჰორმონის გამოყოფის მცდელობები წარუმატებელი იყო. ამ ჯერ კიდევ გამოუყოფელ ნივთიერებას უწოდეს **ინსულინი** (ლათინურიდან **INSULA-კუნძული**). მისი მიღება 1921 წელს (როგორც ერთერთ წინა ლექციაში იყო აღნიშნული) დაკავშირებულია **კანადელი ფიზიოლოგის ფრედერიკ ბანტინგის** სახელთან. ამ ჰორმონის აგებულება დადგენილი იქნა 30 წლის შემდეგ ინგლისელი ბიოქიმიკოსის **ფრედერიკ სანჯერის** მიერ, კიდევ 10 წლის შემდეგ **ფ. სანჯერმა განსაზღვრა ამინომჟავათა მიმდევრობა ინსულინის ფორმულაში (C<sub>254</sub>H<sub>337</sub>N<sub>65</sub>O<sub>75</sub>S<sub>6</sub>)**. ინსულინის მოლეკულის სივრცული აგებულება, რენტგენოსტრუქტურული კვლევების მეთოდებით (2,8 Å-ის სიზუსტით) დაადგინა ნობელის პრემიის ლურჯატმა ინგლისელმა მეცნიერმა **დოროთი კროუფუტ-ჰოჯკინმა**. მის მიერ მიღებული ელექტრონული სიმკვრივის რუკაზე კარგად ჩანს ორივე **პოლიპეპტიდური და ნაწილი გვერდითი ჯაჭვებისა**.

**დოროთი კროუფუტ-ჰოჯკინის** კვლევებმა ბიძგი მისცა **ინსულინის სინთეზის** მეთოდების შემუშავებას. **ინსულინის სინთეზმა** დაამტკიცა, რომ მისი **მოლეკულური მასაა 6733 და შედგება 51 ამინომჟავისაგან, რომლებიც ქმნიან ორ პოლიპეპტიდურ ჯაჭვს: ჯაჭვი A შედგება 21, ხოლო ჯაჭვი B - 30 ამინომჟავისაგან**.

**შესწავლილი იქნა არა მარტო ადამიანის, არამედ ცხოველთა ინსულინი**. ადამიანის **ინსულინი**, თავისი სტრუქტურით, ახლოს დგას ღორის, ძაღლის, ვეშაპის და კურდღლის **ჰორმონთან** და განსხვავდება მხოლოდ ერთი ამინომჟავით.

მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის ინსულინი ადამიანის ინსულინისაგან განსხვავდება სამი ამინომჟავით. ფრინველების, თევზების და ზღვის გოჭების ინსულინის აგებულება მნიშვნელოვნად განსხვავდება ადამიანის ინსულინის სტრუქტურისაგან.

**ჰორმონი ინსულინი არის პირველი ცილა, რომლის სტრუქტურაც იქნა გამიფრული და პირველი ცილა, რომლის სინთეზირებაც შეძლეს**. დღეისათვის მისი ძირითადი მასა გამომუშავდება მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის და ღორის კუჭქვეშა ჯირკვლებიდან და აღწევს რამდენიმე ტონას წელიწადში.

დღეისათვის ინდუსტრიულად განვითარებული ქვეყნების მოსახლეობის 2 % იტანჯება დიაბეტით, ამ ავადმყოფთა დაახლოებით 2 0%-ს ინსულინის გარეშე არსებობა არ შეუძლიათ.

არსებობს რამდენიმე სერიოზული მიზეზი რის გამოც მიზანშეწონილია მსხვილმამტაბიანი საწარმოო მეთოდების შემუშავება და **ადამიანის ინსულინის წარმოება**. ეს მიზეზებია: უპირატესობები მკურნალობისას (კლინიკური მეთოდები, შედეგები), მეცნიერების განვითარების მოთხოვნები, ემოციონალური ფაქტორები, კომერციული მოსაზრებები.

როგორც ცნობილია **ცხოველური (ძროხა, ღორი) ინსულინი** განსხვავდება თავისი ამინომჟავური თანამიმდევრობით **ადამიანის ინსულინისაგან**, რომელიც ნაკლებად იმუნოგენურია ვიდრე ცხოველური ინსულინი (ეს ბუნებრივია რადგან დიაბეტით დაავადებულისათვის ადამიანის ინსულინი არ წარმოადგენს უცხო ცილას).

ინსულინის რიგმა მწარმოებლებმა, ამერიკული ფირმა **ELILILLY &Co.**-ის მეთაურობით, ადამიანის ინსულინის წარმოებისათვის გამოიყენეს რეკომბინატული დნმ-ის ტექნოლოგია. **ELI LILLY &Co.** და ფირმა **GENENETECH INC.** თანამშრომლობით შეიმუშავეს ადამიანის ინსულინის წარმოების სქემა, ნაწლავური ჩხირის **E. coli**-ის ბაზაზე დნმ-ის რეკომბინატული ტექნოლოგიის გამოყენებით.

იმავე რეკომბინატული დნმ-ის ტექნოლოგიით იწარმოებიან ინტერფერონები, ზრდის ჰორმონი, ვაქცინები და ფერმენტები.

ცალკე აღნიშვნის ღირსია ის ფაქტი, რომ ლანგერგანსის კუნძულები შედგებიან ორი სახის უჯრედებისაგან:  $\alpha$  და  $\beta$ ; დადგენილი იქნა, რომ ინსულინს გამოიმუშავენ  $\beta$ -უჯრედები, ხოლო  $\alpha$ -უჯრედებში ხდება ბიოსინთეზი სხვა ჰორმონისა - ინსულინის ანტაგონისტისა, რომელსაც უწოდეს “გლუკაგონი”. იგი არის პეპტიდი, მოლეკულური მასით 3500 და შედგება 29 ამინომჟავისაგან.

ჰიპოფიზის ჯირკვალის მდებარეობს თავის ტვინის ფუძეში ე. წ. „თურქულ უნაგირში“. მისი ზომებია: განივკვეთი - 14 მმ., სიმაღლე - 12 მმ., მასა - 0,5 გრ. ჰიპოფიზი შედგება სამი ძირითადი ნაწილისაგან: წინა, შუა და უკანა ნაწილებისაგან. წინა და შუაწილები შედგებიან სპეციფიური, ეპითელიალური უჯრედებისაგან და იწოდებიან „ადენოჰიპოფიზად“, ხოლო უკანა წილი შედგება ნერვული უჯრედებისაგან და ეწოდება „ნეიროჰიპოფიზი“. ჰიპოფიზის წინა წილში ხდება შემდეგი ჰორმონების გამომუშავება:

- ორგანიზმის ზრდის ჰორმონი - „სომატოტროპინი“;
- ფარისებრი ჯირკვლის აქტივატორი - „თიროტროპინი“;
- თირკმელზედა ჯირკვლის აქტივატორი - „კორტიკოტროპინი“;
- სასქესო ჯირკვლების მოქმედების მაკონტროლებელი „ჰონადოტროპული“ ჰორმონები - ფოლიკულა მასტიმულირებელი და მალუთეინიზირებადი;
- რძის გამოყოფის სტიმულატორი - „პროლაქტინი“;
- ცხიმებისცვლის მარეგულირებელი - „ლიპოტროპინი“.
- ჰიპოფიზის შუა წილში მიმდინარეობს „მელანოტროპინის“ ბიოსინთეზი (ჰორმონი სტიმულირებას უკეთებს პიგმენტის წარმოქმნას), ხოლო უკანა წილში მიმდინარეობს ანტიდიურეტიული ჰორმონის „ვაზოპრესინის“ და საშვილოსნოს შეკუმშვის სტიმულატორის „ოქსიტოცინის“ ბიოსინთეზი.

ადენოჰიპოფიზის პეპტიდური ჰორმონებიდან პრაქტიკული გამოყენება ჰპოვა ადრენოკორტიკოტროპულმა ჰორმონმა, რომელიც ახდენს სტიმულატორულ გავლენას თირკმელზე და ჯირკვლის ქერქზე. მას ღებულობენ ღორის და მსხვილფეხა რქოსანთა ჰიპოფიზისაგან და ასუფთავებენ სხვა ჰორმონებისაგან. დღეისათვის იწარმოებიან ჰორმონები, რომლებიც მიღებულნი არიან სინთეზური გზით: „ჰუმექტიდი“ (უნგრეთი) და „სინაკტენი“ (შვედეთი).



ადრენოკორტიკოტროპული ჰორმონების მოქმედება ძალზე ჰგავს გლუკოკორტიკოიდული ჰორმონების ფუნქციონირებას და გამოიყენებიან იმავე დაავადებებისას, რისთვისაც გამოიყენება თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონები.

მსხვილფერა რქოსანი პირუტყვის და ღორის ჰიპოფიზისაგან ღებულობენ ლაქტოტროპულ ჰორმონს - „ლაქტინს“, რომელიც ხელს უწყობს რძის გამოყოფის გადიდებას სარძევე ჯირკვლებიდან. ეს ჰორმონი წარმოადგენს ცილას, მისი მოლეკულა შედგება 189-199 ამინომჟავისაგან და გააჩნია მოლეკულური მასა 20 000.

ადამიანისა და ცხოველების პროლაქტინებს შორის არის გარკვეული განსხვავება. ადამიანის ჰორმონთან სტრუქტურით ყველაზე ახლოსაა ღორის პროლაქტინი. მსხვილფერა რქოსანი პირუტყვის ჰიპოფიზის შუა წილიდან იმწარმოება „ინტერმედინი“, რომელსაც იყენებენ წვეთების სახით, თვალის ბადურის დაავადებებისას.

ჰიპოფიზის უკანა წილიდან ადრე ღებულობდნენ პრეპარატებს: „პიტუიტრინს“, „ადიურეკრინს“ და „მამოფიზინს“, რომელნიც შეიცავდნენ ოქსიტოცინის და ვაზოპრესინის ჰორმონებს ჯამური სახით. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ვაზოპრესინის ბიოსინთეზის დარღვევა იწვევს დაავადებას, რომელსაც უშაქრო დიაბეტი ჰქვია. ეს ჰორმონი(ვაზოპრესინი) აძლიერებს წყლის შეწოვას თირკმლის დაკლავნილი არხებით, მაღლა წევს არტერიულ წნევას და ავიწროებს კაპილარებს.

ოქსიტოცინის ძირითადი ფარმაკოლოგიური თვისებაა საშვილოსნოს (განსაკუთრებით ორსულობისას) მუსკულატურის ძლიერი შეკუმშვის გამოწვევა. ის ამაღლებს ასევე რძის სეკრეციას, აძლიერებს რა პროლაქტინის გამომუშავებას. ორივე ჰორმონი (ოქსიტოცინი და ვაზოპრესინი) მსგავსი ციკლური სტრუქტურისაა და შედგებიან 9 ამინომჟავისაგან.

თუ ჰიპოფიზის ჰორმონები არეგულირებენ შინაგანი სეკრეციის ჯირკვლების მოქმედებას, ტვინის ერთ-ერთ წარმონაქმნში „ჰიპოტალამუსში“ აღმოაჩინეს ნივთიერებები, რომლებიც არეგულირებენ თავად ჰიპოფიზის მოქმედებას. ჰიპოტალამუსი, ანუ როგორც მას სხვანაირად უწოდებენ „ბორცვების ქვედა არეს“, მდებარეობს თავის ტვინის ფუძეში, ე. წ. „მხედველობითი ბორცვების“ ახლოს. იგი „მცირე წარმონაქმნია“, რომელიც იწონის მხოლოდ 4 გრამს, და შეიცავს 32 წყვილ ბირთვს (ანუ სპეციფიური ნერვული უჯრედების შეჯგუფებას).

ჰიპოტალამუსის ნერვული უჯრედები პროდუცირებენ, ჰორმონების მსგავსი ე. წ. „რეალიზებადი ფაქტორებით“, რომლებიც ხელს უწყობენ ჰიპოფიზიდან ტროპული ჰორმონების გამოყოფას. ჰიპოტალამუსიდან რილიზინგ-ფაქტორები<sup>329</sup> სისხლით მიეწოდება ჰიპოფიზს. მოქმედების ხასიათიდან გამომდინარე ეს ნივთიერებები იწოდებიან „ლიბერინებად“ (ლათინური LIBERO - განთავისუფლება) ან „სტატინებად“ (ლათინური STATUM - შეჩერება).

<sup>329</sup>რილიზინგ (გამომათავისუფლებელი) ფაქტორები (ინგლისურიდან Release - გამოშვება), ხერხემლი-ანების ნეიროჰორმონები, სინთეზირებულნი ჰიპოტალამუსის მცირე უჯრედოვანი ბირთვებით რაც ასტიმულირებს (ლიბერინების) ან აფერხებს (სტატინების) წარმოქმნას და გამოყოფას.



დღეისათვის ცნობილია ცხრა ჰიპოტალამური ფაქტორი აქედან შვიდი მათგანია: „სომატოლიბერინი“, „სომატოსტატინი“, „კორტიკოლიბერინი“, „ჰონადოლიბერინი“, „მელანოლიბერინი“, „მელანოსტატინი“ და „თიროლიბერინი“. დასაზუსტებელია „პროლაქტოლიბერინის“ და „პროლაქტოსტატინის“ აგებულება.

ყველა რილიზინგ-ფაქტორები პეპტიდებია, რომლებიც შეიცავენ, შედარებით მცირე რაოდენობით, ამინომჟავებს. ყველაზე მეტ ამინომჟავას შეიცავს სომატოლიბერინი - 44, ხოლო ყველაზე ცოტას - თიროლიბერინი და მელანოსტატინი -სამ-სამი ამინომჟავა. ზემოთ აღნიშნულმა შექმნა პირობები ჰიპოტალამური ფაქტორების სინთეზისა და ანალოგების მიღებისა.

ყოფილ სსრკ-ში გამოდიოდა სინთეტური თიროლიბერინი, რომელიც არის პროლაქტინის სეკრეციის ძლიერი სტიმულატორი. მას ასევე იყენებენ, ფარისებრი ჯირკვლის სხვადასხვა ფორმის დაავადებათა დიაგნოსტიკისათვის და პროლაქტინის რეზერვის განსაზღვრისათვის ქალების ჰიპოფიზში, რძის უქონლობისას. ეს პრეპარატი გამოდიოდა სახელწოდებით „რიფათიონი“. თუ ჰიპოფიზს ხშირად უწოდებენ ენდოკრინული სისტემის დირიჟორს, ყოველი ენდოკრინული ჯირკვალი, ამ ორგანოებში, ასრულებს რთულ და საპასუხისმგებლო პარტიას.

უძველესი დროიდან ცნობილი იყო ორი დაავადება: ჩიყვი და კრეტინიზმი. 1840 წელს გერმანელმა ექიმმა კარლ ბაზედოვმა აღწერა დაავადება, რომლის ძირითადი ნიშნები იყო ჩიყვი, თვალების გადმოკარკვლა და გულის ცემის გახშირება. იმ დროს ამ დაავადებას შეცდომით აკუთვნებდნენ გულის დაავადებას. მოგვიანებით მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ეს დაავადება დაკავშირებულია ფარისებრ ჯირკვალთან, რომელიც მდებარეობს ყელის წინ და გვერდებზე. ჯირკვლის გადიდება, მისი ფუნქციის გაზრდა იწვევს დაავადებას, რომელიც აღწერა კ. ბაზედოვმა. ჯირკვლის ამოღება ან მისი ატროფია მოზრდილ ადამიანებში და ცხოველებში იწვევს მძიმე დაავადებას, რომელიც იწოდება „მიქსედემ“-ად. თუ ეს ხდება ბავშვობაში, მაშინ ვითარდება კრეტინიზმი. დადგენილი იქნა, რომ ფარისებრი ჯირკვლის ჰორმონები „თიროქსინი“ და „ტრიოდთირონინი“ ასრულებენ მნიშვნელოვან როლს ორგანიზმის ნივთიერებათა ცვლის ძირითად პროცესებში. კერძოდ ჟანგბადის გამოყენებაში, ასევე ნერვული სისტემის განვითარებასა და ფუნქციონირებაში. ისინი გამოყოფილნი და შესწავლილ იქნა, დაადგინეს მათი სტრუქტურა. ეს ჰორმონები წარმოადგენენ ამინომჟავა თიროზინის წარმოებულებს და შეიცავენ თავიანთ მოლეკულაში იოდს. მათი სტრუქტურა დამტკიცებული იქნა ქიმიური სინთეზით. დღეისათვის გამოდის სინთეზური პრეპარატები: „თიროქსინი“, „ტრიოდთირონინი“ და კომბინირებული „თირეოკომბი“.

ძველთაგანვე შემჩნეული იყო, რომ ფარისებრი ჯირკვლის ფუნქციის უკმარისობისას, ცხოველებისაგან მიღებულ ამ ორგანოს უნიშნავდნენ საკვებთან ერთად, რაც მნიშვნელოვნად აუმჯობესებდა ავადმყოფის მდგომარეობას. ამ მეთოდს არ დაუკარგავს აქტუალობა დღესაც, ოღონდ ავადმყოფებს უნიშნავენ არა ცხოველთა ფარისებურ ჯირკვალს, არამედ პრეპარატ „თირეოიდინს“, რომელსაც ღებულობენ მსხვილფეხა რქოსანი პირუტყვის და ღორის ფარისებრი ჯირკვლისაგან.

ფარისებურ ჯირკვალში ასევე გამომუშავდება ჰორმონი „კალციტონინი“, ცილა, რომელიც შედგება 136 ამინომჟავისაგან. ეს ჰორმონი იწვევს სისხლის პლაზმაში კალციუმისა და არაორგანული ფოსფორის კონცენტრაციის შემცირებას, ასევე ახდენს ზემოქმედებას სისხლის მინერალურ ნაწილზე. დღეისათვის კალციტონინებს ღებულობენ ღორის ფარისებრი ჯირკვლისაგან. კალციტონინი არის ანტაგონისტი პარათირეოიდული ჰორმონისა (პარათჰორმონისა), რომელიც ახდენს გავლენას კალციუმის ცვლაზე. იგი ასევე წარმოადგენს ცილოვან ნივთიერებას, შედგება 84 ამინომჟავისაგან და გამომუშავება პარაფარისებრი ჯირკვლის განსაკუთრებულ უჯრედებში, რომლებიც მდებარეობენ ფარისებრი ჯირკვლის გვერდებზე პატარა წარმონაქმნების სახით. მისი აგებულება ადამიანის და ცხოველთა შემთხვევაში მნიშვნელოვნად განსხვავებულია. დღეისათვის ადამიანის პარათჰორმონი სინთეზირებულია.

ორგანიზმში ძალზე მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ თირკმელზედა ჯირკვლები, რომლებიც პირველად აღწერა, როგორც დამოუკიდებელი ორგანოები, იტალიელმა ანატომმა ბართოლომეო ევსტაქიმ 1563 წელს. 300 წლის შემდეგ ინგლისელმა ექიმმა თომას ადისონმა მიუთითა, რომ ეს ორგანოები სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანნი არიან და მათი ამოკვეთა, ცხოველებში, იწვევს სიკვდილს. დაავადებას, რომელიც თირკმელზედა ჯირკვლების უკმარისობის გამო ვითარდება, ეწოდება „ბრინჯაოს“ ანუ „ადისონის“ დაავადება, ხოლო მათი ფუნქციის გაძლიერება იწოდება „იცენკო-კუშინგის“ დაავადებად. ისევე, როგორც სხვა ორგანოებიდან, თირკმელზედა ჯირკვლებიდან ამზადდებდნენ სხვადასხვა პრეპარატებს, მაგალითად, „კორტინს“ და „კორტიკოტონინს“, რომელთაც ჩვენ დრომდე არ მოუღწევიათ.

თირკმელზედა ჯირკვლიდან თავისუფალი სახით რომ მიეღოთ ჰორმონები, საჭირო იყო ტიტანური შრომა. 1953 წელს რ. სიმსონმა და ჯ. ტაიტმა 21 მგ. ალდოსტერონის კრისტალების გამოყოფისათვის გადაამუშავეს 500 კგ. ხარის თირკმელზედა ჯირკვალი.

აღსანიშნავია, რომ თირკმელზედა ჯირკვალი რთული აგებულებისაა. იგი შედგება ორი შრისაგან- ქერქისებური და ტვინისებური. ქერქოვანი შრე, თავის მხრივ შედგება სამი ზონისაგან: ბოლქვისებური, კონასებური და ბადისებური. თირკმელზედა ჯირკვლის ყველა სტრუქტურული დანაყოფი გამოყოფს განსაზღვრული სახის სფეციფიკურ ნივთიერებებს.

ქერქოვანი შრის ბოლქვისებურ და კონასებურ ზონებში სინთეზირდება ე. წ. გლუკო-კორტიკოიდები - „ჰიდროკორტიზონი“ და „კორტიკოსტერონი“, რომლებიც სხვადასხვა ცხოველებში, სხვადასხვა პროპორციებით გამომუშავდება.

თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის ბადისებურ ზონაში მიმდინარეობს ბიოსინთეზი კიდევ ერთი ჰორმონისა - „ალდოსტერონისა“; სწორედ მისი არქონა ორგანიზმში, თირკმელზედა ჯირკვლების ამოღების შემდეგ ცხოველებში იწვევს მინერალური ცვლის სერიოზულ დარღვევებს და ლეტალურ შედეგს.

ალდოსტერონის წინამორბედის „დეზოქსიკორტიკოსტერონის“ შეყვანა ცხოველთა ორგანიზმს იცავს დაღუპვისაგან. თირკმელზედა ჯირკვლის ჰორმონების საფუძველზე

შექმნილია ფარმაცევტული პრეპარატების დიდი რაოდენობა, როგორც შინაგანი (ინექციები), ასევე გარეგანი (საცხები) გამოყენებისა.

**თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქის** პრეპარატები აღმოჩნდნენ ძალზე ეფექტური თირკმელზედა ჯირკვლის უკმარისობის სამკურნალოდ, ასევე რევმატიზმის, ბრონქიალური ასთმის, სახსრების დაავადების და კანის ზოგიერთი დაავადებისას.

კანადელმა მეცნიერმა **კ. სელიემ**, სტრესის შესახებ სწავლების ავტორმა, დაამტკიცა, რომ თირკმელზედა ჯირკვალი ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ექსტრემალურ პირობებში ორგანიზმის დაცვის რეაქციებში.

**თირკმელზედა ჯირკვლის ტვინოვანი შრე წარმოადგენს ორი ჰორმონის - ადრენალინის და ნორადრენალინის გამომუშავების ადგილს.** ადრე ადრენალინს ღებულობდნენ თირკმელზედა ჯირკვლის ქსოვილებისაგან, ხოლო თანამედროვე პირობებში კი - სინთეზური გზით. ამ ჰორმონს იყენებენ როგორც სისხლძარღვების შემავიწროებელ და წნევის ამწევ საშუალებას. ნორადრენალინი განსხვავდება ადრენალინისაგან უფრო ძლიერი სისხლძარღვშემავიწროებელი მოქმედებით და ნაკლები გავლენით გულის მოქმედებაზე და ცვლის პროცესებზე, კერძოდ, არ ახდენს სისხლში გლუკოზის კონცენტრაციის გამოხატულ მომატებას, რაც შეიმჩნევა ადრენალინის შეყვანისას.

გაშიფრული იქნა ასევე სასქესო ჰორმონების სტრუქტურა. დღეისათვის მამაკაცის (ანდროგენები) და ქალის (ესტროგენები) სასქესო ჰორმონები გამოყოფილია სუფთა სახით და დამუშავებულია მათი სინთეზის მეთოდები. **სასქესო ჰორმონს**, რომელიც პასუხისმგებელია მამაკაცური სასქესო ნიშნების გამოვლენაზე, ეწოდება „ტესტოსტერონი“. მე-20 საუკუნის 80-იან წლებში დადგინდა, რომ ტესტოსტერონი მოხვდება რა მის მიმართ მგრძობიარე ქსოვილებში (სამიზნე-ორგანოები), გარდაიქმნება კიდევ უფრო აქტიურ ნაერთად - „**5 $\alpha$ - დიჰიდროტესტოსტერონად**“.

სასქესო ჰორმონებს იყენებენ სასქესო ჯირკვლების უკმარისობისას, მეორეული სასქესო ნიშნების განუვითარებლობისას და დასუსტებული, მოხუცი მამაკაცებისათვის. შექმნილია მამაკაცის სასქესო ჰორმონების წარმოებულები, რომლებიც ახდენენ დასუსტებული ორგანიზმის ცილოვანი ცვლის სტიმულაციას, მისი (ცილოვანი ცვლის) ნორმალიზაციის გზით. განსაკუთრებით ხშირად ამ მიზნით გამოიყენებოდა „**მეთანანდროსტენოლონი**“ (ნერობოლი).

ქალის სასქესო ჯირკვლებიდან გამოყოფილი იქნა რამდენიმე სტეროიდული ნაერთი. ძირითადი, ყველაზე აქტიური **ესტროგენია** - „**ესტრადიოლი**“. მას სხვადასხვა პრეპარატების სახით იყენებენ სამკურნალო პრაქტიკაში ქალის სასქესო ფუნქციის დარღვევისას. ჰორმონი „**ესტრონი (ფოლიკულინი)**“ ასევე გამოიყენება პრაქტიკულ ჯანდაცვაში. **ფოლიკულინს** ადრე ღებულობდნენ ორსული ქალების შარდისაგან, სადაც მისი შემცველობა ამ პერიოდში მნიშვნელოვნად იზრდება. გარდა **ესტროგენებისა**, ქალის სასქესო ჰორმონებს მიეკუთვნება ასევე „**პროგესტერონი**“, რომლის ფარმაკოლოგიური პრეპარატები დღესაც გამოიყენებიან.

1957 წელს აღმოჩენილი იქნა ბიოლოგიურად უჩვეულოდ აქტიური ნივთიერებები, რომელთაც „პროსტაგლანდინები“ უწოდეს. ამ აღმოჩენის ისტორია ჯერ კიდევ მე-20 საუკუნის 30-იანი წლებიდან იწყება, როცა ინგლისელმა და შვედმა მეცნიერებმა დაიწყეს წინამდებარე ჯირკვლის ექსტრაქტების და სათესლე სითხის გავლენის გარკვევა გლუვი მუსკულატურის შეკუმშვის აქტივობაზე.

თავდაპირველად გამოყოფილი და შესწავლილი იქნენ ორი სახის პროსტაგლანდინები: PG-E1 და PG-F1 $\alpha$ . დადგენილი იქნა, რომ ეს ნაერთები წარმოადგენენ პოლიგაუჯერებელი უმაღლესი ცხიმოვანი მჟავების ჰიდროქსილირებულ ციკლურ წარმოებულებს. ცოცხალ ორგანიზმში მისი ბიოსინთეზისას საწყის ნივთიერებებად გვევლინებიან არაქიდინ-, ეიკოზატრიენ- და ეიკოზაპენტაენ მჟავები.

**პროსტაგლანდინები** ხასიათდებიან ფარმაკოლოგიური მოქმედების ფართო სპექტრით. მონაწილეობენ ჰომეოსტაზის<sup>330</sup> უზრუნველყოფი ფიზიოლოგიური პროცესების რეგულაციაში. ისინი გავლენას ახდენენ ზოგიერთი ჰორმონების სინთეზზე, გლუვი მუსკულატურის აქტივობაზე, შარდის გამოყოფაზე, საჭმლის მომნელებელი ტრაქტის ჯირკვალთა სეკრეციაზე, სისხლის კოაგულაციაზე.

**პროსტაგლანდინები** ღებულობენ მონაწილეობას ჩასახვაში, ორსულობაში, მშობიარობაში, სასქესო ჰორმონების გამომუშავებაში ასევე შეუძლიათ არტერიული წნევის, პერიფერიული სისხლის მიმოქცევის, ანთებითი რეაქციების მიმდინარეობის ცვლილება.

განსაკუთრებით ფართო პერსპექტივები გაჩნდა სამედიცინო პრაქტიკაში პროსტაგლანდინების გამოყენებისა, როცა უგანდელმა ექიმმა სულთან ქერიმმა, 1968 წელს პირველად, გამოიყენა ეს ნივთიერებები, ინტრავენური შეყვანით, სუსტი სამშობიარო ფუნქციის ქალებისათვის და მიიღო კარგი სამკურნალო ეფექტი. კლინიკურ პრაქტიკაში, ისინი პირველად გამოიყენეს, როგორც ეფექტური დაუსაფრთხო სამკურნალო საშუალება - მშობიარობის გამაიოლებელი.

მოგვიანებით მათი გამოყენება დაიწყო როგორც სააბორტო საშუალებებისა ორსულობის არანორმალურად მიმდინარეობისას. პროსტაგლანდინების სინთეზი, მიუხედავად მათი ქიმიური აგებულების მოჩვენებითი სიმარტივისა, არის რთული და არარენტაბელური პროცესი. მართალია, ისინი გამოიყენებიან მიკროდოზებში. 1 კგ სინთეზური პროსტაგლანდინი მე-20 საუკუნის 90-იანი წლებისათვის მსოფლიო ბაზარზე ღირდა დაახლოებით 3 000 000 აშშ დოლარი. ამის გამო დაიწყო პროცესი ამ ნივთიერების ბუნებრივი წყაროს ძიებისა. როდესაც ჰარვარდის უნივერსიტეტის თანამშრომლებმა მიიღეს ძვირადღირებული სინთეზური პროსტაგლანდინების E1 და

<sup>330</sup>ჰომეოსტაზი Homeostasis (ბერძნ. homoios - მსგავსი და stasis - უძრაობა) თვითრეგულირებადი პროცესი, რომლის დროსაც ბიოლოგიური სისტემა გადარჩენისათვის, ოპტიმალური პირობებისადმი შეგუებისას, ინარჩუნებს მუდმივობასა და მდგრადობას. თუ ჰომეოსტაზი წარმატებულია, სისტემა ფუნქციონირებას აგრძელებს, ხოლო თუ წარუმატებელი, მაშინ შედეგი ფატალურია. ანუ ჰომეოსტაზი დინამიკური წონასწორობის შენარჩუნების პროცესია, რომლის დროსაც მუდმივად მიმდინარე ცვლილებები უზრუნველყოფენ სისტემის ბალანსს და შედარებით მდგრადობას.

F1 $\alpha$ -ის ნიმუშები, გაჩნდა პირველი ცნობები მათი ახალი წყაროს აღმოჩენასთან დაკავშირებით - კარიბის ზღვის გორგონის მარჯნები, მათგან მიღებულ პროსტაგლანდინთა ღირებულება შეადგენდა სინთეზურის ღირებულების 5 %-ს.

დიდი ხანი არაა, რაც აღმოაჩინეს ნივთიერებები, რომელთა არსებობაც ნაწინასწარმეტყველები იყო. ცნობილი იყო, რომ **ალკალოიდი მორფინი** უკავშირდება შუამდებარე ტვინის სპეციფიურ რეცეპტორებს. ასეთი რეცეპტორების არსებობა იძლეოდა იმის დაშვების საშუალებას, რომ ისინი (სპეციფიური რეცეპტორები) არსებობენ არა გარედან შეყვანილი ნარკოტიკებისათვის, არამედ ორგანიზმში გამომუშავებული რომელიღაც ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებებისათვის. ამიტომ **ოპიოიდური რეცეპტორების** აღმოჩენის კვალდაკვალ რადიორეცეპტორული მეთოდების დახმარებით გამოყოფილი იქნენ ე.წ. **ენდოგენური ოპიოიდები** - „**ენკეფალინები**“ და „**ენდორფინები**“. ისინი არიან ჰორმონ „**β-ლიპოტროპინის**“ წარმოებულები, რომელსაც გამოყოფს ჰიპოფიზი და შედგება 91 ამინომჟავისაგან, დღეს უკვე გამოყოფილია **α-, β- და γ ენდორფინები**. დადგენილია, რომ **α-ენდორფინი** იწვევს ნერვული სისტემის ფუნქციის მკვეთრ დამუხრუჭებას, **β - ენდორფინი ამცირებს ტკივილის გრძნობას**, ხსნის ნარკოტიკული შიმშილისას მათ (ნარკოტიკების) მიმართ მიდრეკილებას, **γ-ენდორფინი განაპირობებს აგრესიულ ქცევას**. ამავე დროს ნაჩვენები იქნა, რომ თუ **γ ენდორფინში** არ არის ამინომჟავა **თიროზინი**, მოლეკულა იძენს **ნეიროლეპტიკის** (დამაწყნარებელი საშუალების) თვისებებს. ყველაფერი ეს იძლევა დიდ პერსპექტივებს **ენდორფინების სტრუქტურის ბაზაზე** ახალი პრეპარატების შექმნისა.

უკანასკნელი ათწლეულების განმავლობაში მრავალი სწავლულის ძალისხმევა მიმართული იყო, იმუნური სისტემის ცენტრალური ორგანოს - **თიმუსის (ჩანგლისებური ჯირკვალი)** ჰორმონების გამოყოფისაკენ. თიმუსიდან მიღებული პირველი დაალბათ მთავარი ჰორმონი იყო „**თიმოზინი**“, პირველად ეს ჰორმონი გამოყო **ალან გოლდშტეინმა** (ტეხასის უნივერსიტეტის სამედიცინო სკოლა - აშშ) ორგანოს ჰომოგენატის ნალექის ზემოთ მყოფი სითხის გაწმენდის შემდეგ სეფადექსზე (G-25) მეხუთე ფრაქციის სახით, ამ ფრაქციიდან გამოყოფილია 12 პეპტიდი, გაშიფრულია სტრუქტურები და დახასიათებულია ფიზიკო-ქიმიური თვისებები **α1, β1, β2 თიმოზინებისა**.

შესწავლილია ასევე **თიმუსის სხვა ჰორმონები** - „**თიმოპოეტინი**“ და „**შრატის ქიმიური ფაქტორი**“. 49 ამინომჟავისაგან შემდგარი **თიმოპოეტინის** ბიოლოგიური აქტივობა განპირობებულია ხუთი ამინომჟავისაგან შემდგარი პეპტიდური ჯაჭვის მონაკვეთით.

ეს აქტიური მონაკვეთი იწოდება „**თიმოპენტინად**“. იგი ავლენდა თიმოპოეტინის ყველა თვისებას. **შრატის თიმოური ფაქტორი** შედარებით მარტივი აგებულებისაა და შედგება რვა ამინომჟავისაგან. **თიმუსის ჰორმონები** გავლენას ახდენენ ჩანგლისებური ჯირკვლის სხვადასხვა ლიმფოციტების დიფერენცირების სხვადასხვა ეტაპებზე და ამით უზრუნველყოფენ იმუნოლოგიური რეაქციების სრულფასოვნებას. დამუშავებულია **თიმუსის პრეპარატების** პრაქტიკული გამოყენების საკითხები. უჯრედის იმუნიტეტის

დაქვეითებით მიმდინარე დაავადებებისას იყენებენ პრეპარატ „თიმალინს (თიმარინს)“, რომელიც წარმოადგენს კომპლექსს, ჩანგლისებური ჯირკვლიდან გამოყოფილი პოლიპეპტიდური ფრაქციებისა. იგი სტიმულირებას უკეთებს ორგანიზმის იმუნოლოგიურ რეაქტიულობას, არეგულირებს **T და B-ლიმფოციტების** რაოდენობას, აძლიერებს **ფაგოციტოზს** და რეგენერაციის პროცესებს. თიმუსის პრეპარატები ფართოდ გამოიყენებიან სხვადასხვა იმუნოდეფიციტური მდგომარეობისას.

რუსეთის მედიცინის მეცნიერებათა აკადემიის იმუნოლოგიის ინსტიტუტში დამუშავებულია პრეპარატი „**T-აქტივინი**“ (ავტორები რ.ვ. პეტროვი, ი.მ. ლოპუხინი). უკრაინაში, კიევის ენდოკრინოლოგიისა და ნივთიერებათა ცვლის სამეცნიერო კვლევით ინსტიტუტში ი.ა. ბეზვერშენკომ დიალიზის გზით მიიღო ახალი სამკურნალო საშუალება „**ვილოზენი**“, რომელიც ძალზე ეფექტურია **ალერგიული რინიტის**ას.

თუ **თიმუსის ჰორმონალური ფუნქცია** შესწავლილია შედარებით სრულად, ძნელია იგივეს თქმა იმუნური სისტემის სხვა ორგანოს - **ელენთის** მიმართ. გასათვალისწინებელია, რომ მისი ყველა ფუნქცია დღევანდელ დღემდე საბოლოოდ შესწავლილი არაა. დღეისათვის საბოლოოდ დადგენილია, რომ **ელენთა** მონაწილეობას ღებულობს **სისხლწარმოქმნის პროცესში** და **წარმოადგენს იმუნური სისტემის** ორგანოს. მისი სხვა ფუნქციები შედარებით სუსტადაა შესწავლილი. ცნობილია, რომ **ელენთა ამოკვეთილი ადამიანები დიდხანს ვერ მუშაობენ ფიზიკურად**, სწრაფად ვერ ეგუებიან გარემოს პირობების შეცვლას, მნიშვნელოვნად უსუსტდებათ თვითკონტროლის გრძნობა. დადგენილი იქნა, რომ ესა რასასურველი ცვლილებები ატარებენ **ჰუმორალურ**<sup>331</sup> ხასიათს, ასევე დადგენილი იქნა, რომ ელენთაში, სხვა ორგანოებთან შედარებით, იშვიათად წარმოიშობა როგორც პირველადი, ასევე მეორადი ავთვისებიანი წარმონაქმნები.

მე-20 საუკუნის 50-იან წლებში ამერიკელმა მეცნიერმა **ა. კერელმა** გამოთქვა აზრი, რომ ბებერი ცხოველების სისხლი შეიცავს რომელიღაც „**სიბერისა და სიკვდილის**“ ფაქტორს. იგი უღებდა ბებერ, დასუსტებულ ძაღლს, სისხლის 2/3-ს და გულმოდგინედ რეცხავდა ერთროციტებს ფიზიოლოგიურ ხსნარში აღნიშნული ფაქტორისაგან და შემდეგ კვლავ უსხამდა ამ სისხლს ცხოველს. ძაღლს დაეწყო ბალანის ზრდა, იგი სწრაფად დარბოდა და ხტოდა, მას აღუდგა სქესობრივი ინსტინქტი, მაგრამ გაახალგაზრდავება დიდხანს არ გრძელდებოდა, ხოლო „**სიბერის ფაქტორის**“ გამოყოფა არ მოხერხდა. 1969 წელს **ტაკაში მაკინოდთანმა** აჩვენა, რომ ელენთის ამოკვეთა ბებერ თაგვებში თითქმის ორჯერ ახანგრძლივებდა მათ სიცოცხლეს.

ცნობილმა ამერიკელმა გერონტოლოგმა **ალექს კომფორტმა** ზემოთ აღნიშნულს უწოდა ყველაზე შესამჩნევი, სიცოცხლის გახანგრძლივების ყველა ცნობილ ვადებს შორის. **ტ. მაკინოდთანს** შეყავდა რა ბებერი თაგვების ელენთის უჯრედები უფრო ახალგაზრდა თაგვებისათვის, აჩვენა რომ ექსპერიმენტალური ახალგაზრდა თაგვების სიცოცხლის ხანგრძლივობა მცირდება. გაკეთებული იქნა დასკვნა: ელენთა ნაწილობრივ

<sup>331</sup>ორგანიზმის სითხეებთან (სისხლთან, ლიმფასთან და მისთ.) დაკავშირებული. მაგ., ჰუმორალური რეგულაცია.

„დამნაშავეა“ სიბერესა და სიკვდილში, ხოლო მისი ამოკვეთა ამაღლებს სიცოცხლის სავარაუდო ხანგრძლივობას.

სწავლულებმა დაადგინეს, რომ ცხოველთა ელენთის წყლიან ექსტრაქტს, რომელიც შეიცავს მაღალმოლეკულურ ცილოვან მოლეკულებს, გააჩნია დაცვითი და თერაპევტიული მოქმედება სხივური დაავადებისას. იგი შედარებით მდგრადია გაცხელებისადმი. მისი ინექციები, დასხივებულ ცხოველებს, მნიშვნელოვნად უხანგრძლივებს სიცოცხლეს.

შესაძლებელი გახდა ელენთიდან ასევე გამოეყოთ მაღალმოლეკულური ცილოვანი ნივთიერება, რომელიც მეცნიერებმა მიაკუთვნეს „კეილონებს“- ფაქტორებს, რომლებიც თრგუნავენ უჯრედთა გამრავლებას შესაბამის ქსოვილებში. ელენთის კეილონი ამუხრუჭებს იმუნოლოგიურ რეაქციებს ამ ორგანოში უცხო უჯრედების შეყვანის შემდეგ.

ულტრაფილტრაციისა და ქრომატოგრაფიის დახმარებით მაღალმოლეკულური ცილოვანი ნივთიერებიდან შეძლეს გამოეყოთ დაბალმოლეკულური იმუნოდეპრესიული ფაქტორი. ამან წარმოშვა რეალური შესაძლებლობები დაედგინათ მისი სტრუქტურა, განეხორციელებინათ მისისინთეზი და უზრუნველყოთ პრაქტიკული გამოყენება.

ელენთის ფაქტორების შესწავლაზე მუშაობდა მე-20 საუკუნის 50-იან წლებში ამერიკელი მეცნიერი გ. უნგარი. მან შექმნა თერაპევტიკული პრეპარატები - „სპლენინ A“ და „სპლენინ B“, რომლებიც წარმოადგენენ ფერმენტული გარდაქმნის პროდუქტს. სპლენინ A ამცირებს კაპილარების შეღწევადობას და ხელს უწყობს ერითროციტების მდგრადობის გაზრდას ანტიერითროციტარული შრატის მოქმედების მიმართ. მისი სეკრეცია და სისხლის ნაკადში შესვლა რეგულირდება ჰიპოფიზით და თირკმელზედა ჯირკვლის ქერქით. ავტორის აზრით, სპლენინ B წარმოიქმნება ელენთაში გლიკოგენიდან. იგი ზრდის კაპილარების შეღწევადობას და ამცირებს ერითროციტების მდგრადობას ანტიშრატის მოქმედების მიმართ, ასევე ახდენს გავლენას ძვლის ტვინზე, ამცირებს თრომბოციტების რაოდენობას, აღსანიშნავია, რომ სპლენინ B-ს სეკრეცია ფარისებრი ჯირკვლის გავლენის ქვეშაა.

ბევრი მკვლევარი ამტკიცებს, რომ ელენთაში პროდუცირდება ჰუმორალური ფაქტორი - ძვლის ტვინის ინჰიბიტორი, რომელიც ელენთის ვენით შედის ღვიძლში, სადაც ინაქტივირდება. გამოყოფილ იქნა ჰუმორალური ფაქტორები, რომლებიც ახდენს მარეგულირებელ გავლენას სისხლის უჯრედოვანი შემადგენლობისა. მეცნიერებმა შეძლეს ელენთაიდან მიეღოთ სტეროიდული ბუნების ორი ფაქტორი. ერთი მათგანი „თრომბოციტოზინად“ წოდებული ხელს უწყობს თრომბოციტების რაოდენობის გადიდებას და მათი შეჭიდების უნარის გაზრდას. მეორე ფაქტორი („თრომბოციტოპენი“) ავლენს საწინააღმდეგო მოქმედებას.

მკვლევარებმა აღმოაჩინეს ფაქტორი „ლეიკოციტოლიზინი“, იგი აჩქარებს ლეიკოციტების დაშლას, რომელიც მუხრუჭდება ღვიძლში წარმოშობილი სხვა ფაქტორებით - „ანტილეიკოციტოზინ“-ით. ბიოლოგიურ აქტივობას ავლენენ ელენთის



ლიპიდური ექსტრაქტები, რომლებიც ხელს უშლიან თრომბოციტების აგრეგაციას (შეწებებას). ეს ექსტრაქტები ახდენენ ანთების საწინააღმდეგო მოქმედებას მის (ანთების) საწყის ფაზებში, რომელიც მიმდინარეობს თრომბოციტების ურთიერთშეწებებით. 1949-1950 წლებში გერმანელმა მეცნიერმა **გ. რეინმა** ჩაატარა ექსპერიმენტების სერია, რომელიც მიედგინა ელენტას ჰუმორალური გავლენის შესწავლას. მეცნიერის აზრით, ქსოვილური სუნთქვის უკმარისობისას ელენტა სისხლში გამოყოფს ჰუმორალური ტიპის ნივთიერებას „ჰიპოკსილიენინს“. **გ. რეინმა** დაადგინა, რომ იგი ახდენს ნორმალიზაციას ჟანგვითი პროცესებისაგულის კუნთში, ხელს უწყობს ჟანგბადის უფრო ეკონომიურ მოხმარებას და გულზე გავლენას ახდენს მხოლოდ ჟანგბადის უკმარისობისას.

**ელენტის ექსტრაქტა მოქმედების მრავალგვარობა** მოწმობს მათ მნიშვნელოვან მარეგულირებელ როლზე ორგანიზმის ჰუმორალური წონასწორობისათვის. მაგრამ ბევრი ზემოთ მოყვანილფაქტორთაგან, არ არიან გამოყოფილი თავისუფალი სახით, რის გამოც მათი ქიმიური ბუნება შეუსწავლელია. აღსანიშნავია, რომ გამოკვლევათა დიდი წილი მიძღვნილია ელენტის იმ ფაქტორების მიმართ, რომელნიც პრეპარატების სახით დანერგილნი არიან ჯანდაცვის პრაქტიკაში.

დღეისათვის არსებობენ ელენტის ქსოვილებიდან მიღებული, გამოწვლილვით შესწავლილი, კლინიკური გამოცდებითა დადროით შემოწმებული, თერაპიულ პრაქტიკაში ფართოდ გამოყენებული პრეპარატები. ელენტის შედარებით ახალ პრეპარატს წარმოადგენს „სოლკოსპლენი“, რომელიც მიიღეს შვეიცარიელმა მეცნიერებმა ელენტის ექსტრაქტის დიალიზის გზით. მას იყენებენ სასქესო აშლილობისას როგორც ქალებში, ისე მამაკაცებში. იგი არის სასქესო ფუნქციის სტიმულატორი, რომელიც ნორმალიზაციას უკეთებს სასქესო ჯირკვლების მოქმედებას.

ჯანდაცვის პრაქტიკაში ფართო გამოყენება ჰპოვა „სპლენინმა“. ელენტის ეს პრეპარატი მიღებულია 1945 წელს, ყოფილი სსრკ-ის ექსპერიმენტალური ბიოლოგიისა და პათოლოგიის ინსტიტუტის ექსპერიმენტალური ენდოკრინოლოგიის ლაბორატორიაში, უკრაინის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსის **ვ. პ. კომისარენკოს** მიერ. **სპლენინის ქიმიური ბუნება** საკმაოდ დაწვრილებითაა შესწავლილი. პრეპარატში აღმოჩენილია ამინომჟავების დიდი რაოდენობა, პეპტიდი, რომელიც შეიცავს 13 ამინომჟავას, მრავალი ცხიმოვანი მჟავები, ლიპიდები, მიკროელემენტები და ვიტამინები. **სპლენინის აქტიური საწყისი** ჯერ კიდევ არაა გამოყოფილი. სხვადასხვა ცხოველებზე ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა აჩვენეს ამ პრეპარატის გამოხატული დეტოქსიკაციური მოქმედება.

**სპლენინი** მაღალეფექტურია ორსულობის ადრეული ვადების **ტოქსიკოზების მკურნალობისას**. გარდა ამისა, **სპლენინი** გამოიყენება **რენტგენოთერაპიის შემდგომი გართულებების სამკურნალოდ**, მედიკოსებს შენიშნული აქვთ, რომ ამ პრეპარატის 3-4 ინექციის შემდეგ ადამიანის საერთო მდგომარეობა მნიშვნელოვნად უმჯობესდება: ქრება გულის რევა და თავის ტკივილები, ჩნდება ჭამის მადა, ნორმალიზდება ძილი. მკვეთრად გამოხატული დეტოქსიკაციური თვისებების წყალობით პრეპარატი ახდენს გამოხატულ თერაპევტულ ეფექტს სხვადასხვა ფორმის ჰეპატიტების და ღვიძლის ფუნქციონალური



დარღვევებისას, თირეოტოქსიკოზისას, პარაფარისებრი ჯირკვლის უკმარისობისას, შიზოფრენიისა და დიაბეტით დაავადებისას.

მკვლევართა მიერ აღმოჩენილია პრეპარატის კიდევ ერთი უნარი - დათრგუნოს ალერგიული რეაქციების გამოვლინებები. **სპლენინი** ახდენს გამოხატულ თერაპევტულ ეფექტს ალერგიული სურდოს, ჭინჭრის ციებისა და ალერგიული დერმატიტების მკურნალობისას. **სპლენინის** მრავალი სამკურნალო ეფექტი შეიძლება აიხსნას მისი **მემბრანოტროპული თვისებებით**, ე.ი. უჯრედის მემბრანის სტაბილიზირების უნარით. ამ პრეპარატით დამუშავებული ერთროციტები, ნაკლებად მგრძობიარენი არიან **ჰიპოტონიური შოკის** მიმართ. **სპლენინის** მრავალი ეფექტის მექანიზმი ჯერ კიდევ არაა სრულყოფილად შესწავლილი. არ არის გარკვეული ქიმიური ბუნება მის შემადგენლობაში შემავალი ბიოლოგიურად აქტიური ფაქტორებისა. პრეპარატის შესწავლა დღესაც გრძელდება.

**დღეისათვის ელენტიდან გამოყოფილია მხოლოდ ორი პეპტიდი, რომელთა სტრუქტურა დადგენილია:**

1. „თაფცინი“, რომლისბიოსინთეზი მიმდინარეობს ელენტაში **ლეიკოკინინის** სახით, ხოლოსაბოლოო სტრუქტურა ფორმირდება ლეიკოციტების მემბრანების ზედაპირზე. დღეისათვის „თაფცინი“ სინთეზირებულია, ასევე მიღებულია მისი ბიოაქტიური ანალოგები.

2. ფაქტორი, რომელიც თავისი სტრუქტურით მოგვაგონებს „**თიმოპოეტინს**“ და „**სპლენინად**“ წოდებული. იგი ისევე როგორც **თიმოპოეტინი**, შედგება 49 ამინომჟავისაგან და გააჩნია ხუთი ამინომჟავისაგან შედგენილი აქტიური მონაკვეთი, რომელსაც ეწოდა „**სპლენოპენტინი**“. **სპლენოპენტინი** განსხვავდება **თიმოპენტინისაგან** ერთი ამინომჟავით და მათი ბიოლოგიური ეფექტები ერთმანეთისაგან მნიშვნელოვნად განსხვავდება.

**ელენტის ჰუმორალურ ფაქტორებს** სწავლობენ უკრაინაში, კიევის ენდოკრინოლოგიისა და ნივთიერებათა ცვლის სამეცნიეროკვლევით ინსტიტუტში, სადაც მიღებულია მთელი რიგი ახალი, მნიშვნელოვანი მონაცემები, რის გამოც შესაძინევად გაფართოვდა ცოდნის ფარგლები ელენტის ფუნქციისფიზიოლოგიისა და პათოლოგიის შესახებ, ასევე იმ მოვლენების მნიშვნელობის შესახებ, რომლებიც წარმოიშვებიან **ელენტის ფუნქციის დარღვევისას**. მაგრამ ამ ორგანოს მრავალი გამოცანა ჯერ კიდევ ამოუხსნელია.

### **ბუნებრივ ნივთიერებათა სამყაროს პარადოქსები**

სხვადასხვა ბუნებისა და წარმოშობის ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების შესწავლისას ცხადი ხდება მათი დაყოფის პირობითობა მედიატორებად (რომლებიც უზრუნველყოფენ უჯრედშორის კავშირებს), ჰორმონებად (რომლებიც სიგნალს გადასცემენ უფრო დიდ მანძილებზე), ფერომონებად (ორგანიზმებს შორის ურთიერთობის საშუალებებად) და ტოქსინებად (ცხოველთა თავდაცვის საშუალებებად).

სტრუქტურული ჰომოლოგია ასრულებს მნიშვნელოვან როლს ბიოსტიმულატორისა და რეცეპტორის ურთიერთქმედებაში, იმ დროს როცა ფიზიოლოგიური პასუხი განისაზღვრება ფუნქციონალური სისტემით, რაზეც ის მოქმედებს. ერთი და იგივე ნივთიერება (ბიოლოგიური რეგულატორი) შეიძლება ასრულებდეს სხვადასხვა ფუნქციას, რაც დამოკიდებულია ორგანიზმის სახეზე. ამ მხრივ საინტერესოა პეპტიდური ჰორმონის პროლაქტინის თვისებები.

თევზებში და ხმელეთის ცხოველებში იგი მონაწილეობას ღებულობს ოსმორეგულაციაში, ფრინველებში ის იწვევს „დედობრივ ქცევას“, ხოლო ძუძუმწოვრებში იგი სტიმულირებას უკეთებს სარძევე ჯირკვლის ზრდას და რძის სეკრეციას.

დღეისათვის დადგენილია, რომ ერთი და იგივე ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერება შეიძლება გამოიმუშაონ სხვადასხვა სახის ცხოველებმა. ამფიბიებისა და რეპტილიების ზოგიერთი შხამები ქიმიურად ძალზე ახლოს დგანან ერთმანეთთან. აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ცხოველებში აღმოჩენილი ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებების იდენტური ნაერთები აღმოჩნდა მცენარეულ სამყაროში. ასეთი მოვლენა ჯერ-ჯერობით აუხსნელია. ყველაზე სრულყოფილად აღნიშნული შესწავლილია სასქესო ჰორმონებისათვის. ქვედა ცხრილში მოყვანილია ადამიანის სასქესო ჰორმონების შემცველობა ზოგიერთ მცენარეებში.

შესაძლებელი გახდა დაედგინათ, რომ „ესტროგენული ეფექტი“ მცენარეებში განპირობებულია არა მხოლოდ სასქესო სტეროიდებით, არამედ სხვა ნაერთებითაც. მათ „ფიტოესტროგენები“ უწოდეს. ბირმაში და ტაილანდში, ერთ-ერთი პარკოსანი მცენარის ფესვებს, ქალები იყენებდნენ როგორც სააბორტო საშუალებას. გამოყოფილი იქნა მისი აქტიური საწყისი, რომელიც აგებულებით ძალიან გავს ქალის ჰორმონს - ესტრონს. გამოყოფილი ნივთიერება კანქვეშ შეყვანისას ისეთივე აქტივობით ხასიათდებოდა, როგორც 17β-ესტრადიოლი და არ კარგავდა თვისებებს შინაგანად მიღებისას. მისი აქტივობა სამჯერ მაღალია, მედიცინაში ფართოდ გამოყენებული სინთეზური ნაერთის, დიეთილსტილბესტროლის აქტივობაზე, ამ ნაერთს ეწოდა „მირესტროლი“.

ნაერთი	მცენარე	კონცენტრაცია მგ/კგ
ესტრონი	ფინიკის პალმის თესლი და ყვავილები	0,40 3,3
	ბროწეულის ხის თესლი	17,0
	ვაშლის ხის თესლი	0,1
ესტრიოლი	გირიფის ყვავილები	0,11
17β-ესტრადიოლი	ლობოს თესლი	0,1
გესტოსტერონი	ფიჭვის მგვერი	0,08
ანდროსტენდიონი	ფიჭვის მგვერი	0,59

ცხრილში მოყვანილია ადამიანის სასქესო ჰორმონების შემცველობა ზოგიერთ მცენარეებში ესტროგენული ბუნების ნივთიერებათა აღმოჩენამ მცენარეებში, წარმოშვა აზრი, რომ ისინი აქ უბრალოდ კი არ გროვდებიან, არამედ ღებულობენ მონაწილეობას

მცენარეთა სასიცოცხლო პროცესებში. ჩატარებულმა ექსპერიმენტებმა აჩვენეს, რომ ესტროგენები და ანდროგენები სტიმულაციას უკეთებენ თესლების გაღვივებას და ზრდას, ხელს უწყობენ ყვავილების განვითარებას.

ახლად წარმოშობილი მცენიერება ეკოლოგიური ბიოქიმია სწავლობს ცხოველური და მცენარეული სამყაროს ერთიანობის პრობლემებს, რადგანაც უკვე დადასტურებული ფაქტია, რომ ერთი და იგივე ბიოლოგიურად აქტიური ნივთიერებები შეიძლება სინთეზირდებოდნენ, როგორც ცხოველური, ასევე მცენარეული სამყაროს წარმომადგენელთა მხრიდან.

ცხრილში მოყვანილია მცენარეთა და ცხოველთა საერთო თავდაცვითი ტოქსინების ჩამონათვალი<sup>332</sup>.

ტოქსინები	ცხოველები	მცენარეები
ალკალოიდი ანაბაზინი	ჭიანჭველათა APHAENOGASTER შხამი	თამბაქოს ფურცლები NICOTIANA
ლინამარინების და ლოტაუსტრალინების ციანოგენური გლიკოზიდები	რჩილის ZYGAENA და პეპელა HELI-CONIUS თავდაცვითი ციანიდები	სამყურასა და სხვა მცენარეების ტოქსინები
პიდროქინონი	მოსურალა ხოჭოს DYTISCUS თავდა-ცვითი ნივთიერებები	ეკლების XANTHIUM CANADENSO
გერპენოიდი β სელინენი	ფრთაქერცლას BATTUS POLYDAMUS - ჭკურიდან მიღებული ნივთიერება	ნიახურის ფოთლებიდან მიღებული ნივთიერება
5- პიდროქსიგრიპგამინი	ღათვის ანდროკონიები ACTIA CAJA	ჭინჭრის მსუსხავი ბუსუსები.

<sup>332</sup> მ. მაცაბერიძე. ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები ახალი ბაზრების შექმნის ტექნოლოგიის კომპონენტების გამოყენებით. სტუ, 2009; გვ. 119.

მასალათა კვლევის სისტემური ტოპოლოგიისათვის; კვლევის სტრატეგიათა ტოპოლოგია; ექსპერიმენტის სანდოობა; საკვლევი კითხვის დასმა; დაკვირვების ობიექტი; კვლევითი მეთოდი; საკვლევი ობიექტის მეტრიკა ანუ გაზომვა; გადაწყვეტილების მიღების საუკეთესო ვარიანტი; მმართველობითი გადაწყვეტილების მიღების თეორია; გადაწყვეტილების მიღების თეორია; საკვლევი თემის ირგვლივ ჰიპოთეზების ჩამოყალიბება; საძიებელი ცვლადი; სანდო ექსპერიმენტი; კვლევითი მეთოდის გლოსარიუმი; ექსპერიმენტის დაგეგმვის იმიტაციური მოდელირება Matlab-ის გარემოში; იმიტაციური მოდელი; ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები; ახალი თაობის მასალების საპროგნოზო მონაცემებისათვის; ზემტკიცე მასალები; ცვეთამდეგი მასალები; ანტიკოროზიული მასალები; თერმომდგრადი მასალები; რადიაციამდეგი მასალები; ინტელექტუალური და მოსარგები საკუნსტრუქტორო მასალები; მჭიდა მასალების პერსპექტივა; სენსორული მასალების პერსპექტივა; განსაკუთრებული ელექტრო-მაგნიტური თვისებების მქონე მასალები; კატალიზური მასალების პერსპექტივა; განსაკუთრებული ოპტიკური თვისებების მქონე მასალები; მემბრანული მასალების პერსპექტივა; ჰიბრიდული მასალები და კონვერგენტული ტექნოლოგიები; ბიომიმეტური და სამედიცინო დანიშნულების მასალები; მასალათა და პროცესების კომპიუტერული მოდელირების პერსპექტივა; მასალათა დიაგნოსტიკის პერსპექტივა; IV ინდუსტრიული რევოლუციის - ციფრული ტრანსფორმაციის ეპოქა.

---

### მასალათა კვლევის სისტემური ტოპოლოგიისათვის

მეცნიერული კვლევის მეთოდოლოგია გამოსაკვლევი სისტემის ზოგადი ტოპოლოგიის აღწერითი გააზრებით კონსტრუირდება. კვლევის სტრატეგიათა ტოპოლოგია შემდეგნაირად შეიძლება დაჯგუფდეს:

1. საკვლევ ასპექტთა იდენტიფიცირება და ფორმულირება.
2. სიტუაციური ანალიზი - საკვლევი თემის საინფორმაციო უზრუნველყოფა.
3. საკვლევი თემის ირგვლივ ჰიპოთეზების ჩამოყალიბება.
4. საექსპერიმენტო კვლევათა უზრუნველყოფის ამოცანები და მათი დაგეგმვის ტექნოლოგიური ასპექტები.
5. კვლევით მიღებული მონაცემების გაანალიზება და დასკვნითი კონცეპტუალიზება.
6. კვლევის შედეგების გამოქვეყნების სტრატეგიათა დასაბუთება.
7. ექსპერიმენტის გამოყენებითი ასპექტების (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) ზოგადი ტოპოლოგია.

მნიშვნელოვანია, რომ ჩატარებული კვლევა/ექსპერიმენტი და მიღებული მონაცემები იყოს სანდო. “ექსპერიმენტი” ლათინური ტერმინია და აღნიშნავს კოგნიტურ (სააზროვნო) გამოცდილებას, ცდას, გადამოწმებას.

**ექსპერიმენტის სანდოობა**, განისაზღვრება გამოყენებული მეთოდოლოგიის გამეორებითი რელევანტურობით, ანუ ჩატარებული ექსპერიმენტის გამეორება ყველა მსურველმა (ანუ სხვა ნებისმიერმა მკვლევარმა) უნდა შეძლოს.

ექსპერიმენტატორი იწყებს კვლევას **საკვლევი შეკითხვის** დასმით დაკვირვების ობიექტთან მიმართებით. მაგალითად რა პირობებში, რამდენი, საიდან, როგორ, რა, როდის, ვინ, რომელი, რატომ და სად? იმისთვის, რომ **კვლევითმა მეთოდმა** შეკითხვაზე გაგვცეს პასუხი, შესაძლებელი უნდა იყოს მისი **შესწავლის ობიექტის** (რომელიმე მახასიათებლის, მასთან დაკავშირებული პროცესის, ან თავადსაკვლევი ობიექტის **მეტრიკა** ანუ **გაზომვა**, თუნდაც რაოდენობრივად.

**არსებული ინფორმაციის შესასწავლად**, ექსპერიმენტატორმა უნდა გამოიყენოს, მონაცემთა ბაზები, ბიბლიოთეკები და ინტერნეტის მონაცემები, რათა დაადგინოს **გადაწყვეტილების მიღების საუკეთესო ვარიანტი**<sup>333</sup> და არ გაიმეოროს წარსულში დაშვებული შეცდომები ან ხარვეზები.

**მმართველობითი გადაწყვეტილების მიღების თეორია**, როგორც მეცნიერება წარმოიშვა გაერთიანებულ სამეფოში (ინგლისში), მეორე მსოფლიო ომის დროს, როდესაც მეცნიერთა ჯგუფმა რთული სამხედრო პრობლემის გადასაწყვეტად რთული დავალება მიიღო - სამოქალაქო თავდაცვის დანაყოფისა და არმიის საცეცხლო პოზიციის ოპტიმალური განთავსების თაობაზე. 1950 წელს ეს თეორია მოდერნიზებული იქნა, და გამოიყენეს სამოქალაქო მრეწველობის პრობლემების გადაწყვეტისათვის. **გადაწყვეტილების მიღების თეორიის თემატიკაზე**<sup>334</sup> ერთ-ერთი პირველი ნაშრომი გამოვიდა 1930 წელს, რომელშიც ნაჩვენებია გადაწყვეტილების მიღების კომპლექსური მიდგომა.

**გადაწყვეტილებათა მიღების თეორია** დამოუკიდებელ სამეცნიერო დისციპლინად ჩამოყალიბდა 1944 წლიდან **თამაშთა თეორიის** გაჩენით. ამიტომაც თანამედროვე გადაწყვეტილებათა მიღების თეორია თამაშის პრინციპებზე მორგებული და თვით **გადაწყვეტილების მიღების პროცესი თამაშთანაა გაიგივებული**. რადგან გადაწყვეტილების მიღება ყველა სფეროში მოითხოვება, ამიტომ ეს დარგი ინტერდისციპლინურია.

აღსანიშნავია მოსაზრება, რომლის მიხედვითაც **გადაწყვეტილების მიღების თეორია** სათავეს იღებს XVII-XVIII საუკუნეებში ცნობილი მეცნიერების **ბლუზ პასკალის, დანიელ ბერნულისა და ტომას ბაიესის** შრომებიდან, მაგრამ მხოლოდ მე-20 საუკუნის 50-იანი

<sup>333</sup> **გადაწყვეტილების მიღება** მმართველობითი პროცესის შემადგენელი ნაწილია და გულისხმობს ალტერნატივის არჩევას. **გადაწყვეტილების მიღებისათვის** განსახორციელებელი/განხორციელებული ქმედებები დაიყვანება სამოქმედო სტრატეგიათა არჩევაზე.

<sup>334</sup> ი. მახარაშვილი. გადაწყვეტილების მიღების ორგანიზაცია საქართველოს რეგიონულ და კორპორაციულ სტრუქტურებში. დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებელი დისერტაცია. კავკასიის საერთ. უნივერსიტეტი. 2016; გვ. 27-28.

წლებიდან დაიწყო მასზე ყურადღების გამახვილება. 1990-იან წლებში მკვლევრებმა ეკონომიკასა და ფინანსებში დაიწყეს საკუთარი მოდელების გაფართოება, რომლებიც მიიღეს ექსპერიმენტულ კვლევებში. შედეგად, 2002 წელს, შემდგომი განვითარების საფუძველზე, ნობელის პრემიით ეკონომიკაში დაჯილდოვდა **დანიელ კანემანი**.

საკვლევი თემის ირგვლივ **ჰიპოთეზების** ჩამოყალიბებისას უნდა გავითვალისწინოთ, რომ **ჰიპოთეზა** გონივრული ვარაუდია იმის შესახებ, თუ რა შედეგი შეიძლება დადგეს კვლევის შედეგად მის გარკვეულ ეტაპზე, ანუ რა შეიძლება მოხდეს მოვლენათა განვითარების სცენარის მიხედვით. **ჰიპოთეზა** ისე უნდა იყოს აგებული, რომ ადვილი იყოს **სამიზელი ცვლადის** გაზომვა. ამავე დროს **ჰიპოთეზა** ისე უნდა იყოს ფორმულირებული, რომ ხელს უწყობდეს **საკვლევ კითხვაზე** პასუხის გაცემას.

ექსპერიმენტის საშუალებით **ჰიპოთეზის შემოწმების პროცესი** ადგენს და ამოწმებს სწორია თუ არა **ჰიპოთეზა**. მნიშვნელოვანია, რომ ექსპერიმენტი სანდო იყოს. **სანდოა ექსპერიმენტი**, რომელშიც დროის ერთ მონაკვეთში მხოლოდ ერთი ფაქტორი იცვლება, ხოლო სხვა ყველა პირობა უცვლელი რჩება, ან აღნიშნულის გამეორება სხვა ექსპერიმენტატორებსაც შეუძლიათ; ასევე აუცილებელია ექსპერიმენტის გამეორება მრავალჯერ იმისთვის, რათა დავრწმუნდეთ, რომ პირველად მიღებული შედეგები შემთხვევითი არ ყოფილა.

**მონაცემების გაანალიზება და დასკვნების გამოტანა** ექსპერიმენტის დასრულების ექსპერიმენტატორი აგროვებს რაოდენობრივ მონაცემებს და აანალიზებს მათ, რათა დაადგინოს მცდარია თუ არა **ჰიპოთეზა**. მეცნიერები ხშირად იღებენ იმგვარ შედეგებს, რითაც მათი **ჰიპოთეზის** არაჭეშმარიტება მტკიცდება. ასეთ შემთხვევაში საჭიროა **ჰიპოთეზის** ხელახლა ჩამოაყალიბება და საკვლევი მეთოდის მთელ პროცესის თავიდან დაწყება. ზოგჯერ, იმ შემთხვევაშიც კი, როცა **ჰიპოთეზა** ჭეშმარიტებას შეესაბამება, მკვლევარს შეუძლია, საკუთარი სურვილისამებრ, თავიდან შეამოწმოს **ჰიპოთეზა** ახალი, განსხვავებული მონაცემების ან გარემოებების გათვალისწინებით.

იმისთვის, რომ კვლევითი პროცესი დასრულდებულად ჩაითვალოს დგება **შედეგების წარდგენის** ეტაპი; პირველ რიგში აქ მოიაზრება **მიღებული შედეგების შესახებ საბოლოო ინფორმაციის წარდგენა ანგარიშის ან პუბლიკაციის საშუალებით**.

კვლევებით მიღებული შედეგების გამოყენებითი ასპექტების (ასეთის არსებობის შემთხვევაში) ზოგადი ტოპოლოგიის წარმოსადგენად აუცილებელია ყველა იმ პერსპექტივის წარმოჩინება, რაც შეიძლება ეკონომიკურად ეფექტური იყოს და ახალი პროდუქტის კომერციალიზაციის გზით ეკონომიკური სარგებლიანობა ხელშესახები გახდეს.

### **კვლევითი მეთოდოლოგიის გლოსარიუმის ზოგიერთი მდგენელი:**

- **კვლევითი მეთოდი** - ნაბიჯთა წყება, რომელთაც ექსპერიმენტატორები იყენებენ, რათა საკვლევ შეკითხვას გასცენ დასაბუთებული პასუხი.



- **მონაცემები** - ფაქტობრივი ინფორმაცია, რომელიც ექვემდებარება ანალიზს და ორგანიზებულია ლოგიკური მსჯელობისა და გადაწყვეტილების მიღებისთვის.
- **ანომალური მონაცემი** - მონაცემი, რომელიც ეწინააღმდეგება სხვა მონაცემების მიერ დადგენილ კანონზომიერებას ან შეუსაბამოა მასთან.
- **მონაცემთა ცხრილი** - მონაცემთა ორგანიზების ფორმა მწკრივებად და სვეტებად
- **მონაცემთა ანალიზი** (ინტერპრეტაცია/ჰერმენევტიკა<sup>335</sup>) - ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას შეგროვილი მონაცემებისაგან საერთო დასკვნის გამოტანა. კანონზომიერებების, ტენდენციების და ურთიერთმიმართებების დადგენა.
- **ჰიპოთეზა** - გარკვეული პროგნოზისა, თუ რა ზეგავლენას მოახდენს დამოუკიდებელი ცვლადი დამოკიდებულ ცვლადზე.
- **პროცედურა** - ეტაპებად გაწერილი ინსტრუქცია კვლევის ჩასატარებლად და მონაცემების მისაღებად.
- **დასკვნა** - აჯამებს ექსპერიმენტის მნიშვნელოვან ნაწილებს და წარმოადგენს მსჯელობას იმის შესახებ, თუ რას გულისხმობს მიღებული მონაცემები, დამოკიდებულებები, კანონზომიერებები.
- **რეზიუმე** - კვლევის მოკლე მიმოხილვა
- **ცვლადი** - ნებისმიერი ფაქტორი, რომელიც შესაძლოა შეიცვალოს ექსპერიმენტირებისას და გავლენა მოახდინოს კვლევის შედეგზე
- **დამოკიდებული ცვლადი** - ცვლადი, რომელიც რეაგირებს დამოუკიდებელი ცვლადის ზემოქმედებაზე და რომლის ცვლილებასაც აკვირდებიან (თვისობრივი) და ზომავენ (რაოდენობრივი) ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას.
- **დამოუკიდებელი (მანიპულირებადი) ცვლადი-ცვლადი**, რომელსაც ექსპერიმენტატორი ცვლის შეგნებულად, რათა შეისწავლოს როგორ აისახება ეს ცვლილება დამოკიდებულ ცვლადზე.
- **საკონტროლო ცვლადი** - ცვლადი, რომელიც ექსპერიმენტის ნაწილია, მაგრამ მისი შემოწმება ან შედარებისთვის გამოყენება არ ხდება და რომელიც ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას არ იცვლება.
- **დიაგრამასვეტად** - დიაგრამის ტიპი, რომელიც გამოიყენება მონაცემების რაოდენობრივი ცვლილების ვიზუალიზაციისათვის.
- **ხაზოვანი დიაგრამა** - დიაგრამის ტიპი, რომელიც ასახავს დროის გარკვეულ მონაკვეთშია აღებული მონაცემების თანმიმდევრობას.

<sup>335</sup>ჰერმენევტიკა (ბერძნ. – განმარტება, თარგმნა, გამოთქმა) –ერთერთი უძველესი, ტრადიციული და უნივერსალური თეორია ტექსტის ინტერპრეტაციისა. ჰერმენევტიკის განვითარების შემდეგი მნიშვნელოვანი ეტაპი იყო **გადამერის** მოღვაწეობა. **გადამერის თეორიის** თანახმად, ტექსტის აზრობრივი პროცენტი ბევრად უფრო მეტია, ვიდრე ის, რაც მის შემოქმედს ჰქონდა ჩაფიქრებული.  
<https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%B0%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%9C%E1%83%94%E1%83%95%E1%83%A2%E1%83%98%E1%83%99%E1%83%90>

## ზოგადად რა არის გეგმა(მათ შორის კვლევების) და რატომ არის ის საჭირო

გეგმა არის ორგანიზაციული მცდელობა ინფორმაციის აკუმულირებისათვის, რათა გაჩნდეს პირობები გადაწყვეტილების მისაღებად. დაგეგმვა ნებისმიერი ორგანიზაციული სტრუქტურის საქმიანობის ამოსავალი კომპონენტია წარმატებული საქმიანობის გარკვეული საფუძველი. გეგმის გარეშე ვერავინ ჩამოაყალიბებს ეფექტიან და ქმედით სტრუქტურას, ვერ მოიწვევს საჭირო ცოდნისა და უნარების მქონე მკვლევარებს, ვერ შეაფასებს ექსპერიმენტატორთა და მთლიანი სამეცნიერო საქმიანობის შედეგებს. თუ არ ვიცით რას ვიკვლევთ, შეუძლებელია იმის დადგენა, ჩვენ მიერ გადადგმული კონკრეტული ნაბიჯი, კვლევებისას, სწორია თუ არა.

## რატომ არის საჭირო კვლევების გეგმის ფორმალურად გაწერა და დამტკიცება?

კვლევების გეგმის ფორმალურად გაწერა საჭიროა, პირველ რიგში, იმიტომ, რომ სრულად დავინახოთ სასურველ შედეგამდე მისასვლელი გზა, მისი ყველაზე მცირე კომპონენტებით. კვლევების ორგანიზება საკმაოდ რთული და მრავალკომპონენტური ორგანიზაციაა. გეგმის მიზანია ყველა კომპონენტის ჰარმონიული საქმიანობის უზრუნველყოფა დასახული მიმართულებით; რაც შეუძლებელია გეგმის ვიზუალიზაციის, მისი დეტალური გაწერის გარეშე. დეტალურად გაწერილი გეგმა უზრუნველყოფს მკვლევართა ინფორმირებულობას მის წინაშე მდგარი მიზნების და ამ მიზნების ფარგლებში, მათზე გადანაწილებული საკვლევი ამოცანების შესახებ.

## ანსხვავებენ სტრატეგიულ და სამოქმედო გეგმებს:

**სტრატეგია** (ანუ სტრატეგიული გეგმა) არის მრავალწლიან პერსპექტივაში, დანახული განვითარების მიმართულება. იგი გვეუბნება, თუ რა მასშტაბური ნაბიჯების გადადგმაა უპრიანი. **სამოქმედო გეგმა** სტრატეგიულ გეგმაში წარმოდგენილი მიზნების მიღწევისათვის საჭირო კონკრეტულ ნაბიჯებს ასახავს. იგი პასუხობს კითხვაზე, თუ რა, როგორ და რა ვადაში უნდა გაკეთდეს იმისათვის, რომ მიღწეული იქნას სტრატეგიული მიზნები. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, **სამოქმედო გეგმა** წარმოადგენს **სტრატეგიულ გეგმაში** მოცემული მიზნების მიღწევის გზას და ამ მიზნების ერთგვარ ფრაგმენტირებას, უფრო მცირე, და შედარებით მოკლე ვადაში შესასრულებელ, ადვილად მართვად კომპონენტებად. **სამოქმედო გეგმები**, როგორც წესი, ერთი წლის პერსპექტივით მზადდება.

**სტრატეგიულ და სამოქმედო გეგმაზე** საუბარი არ იქნება ყოვლისმომცველი დარგობრივ ჭრილში, თუ, არ შემოვიტანთ კიდევ ორ, მნიშვნელოვან კომპონენტს: **ორგანიზაციის ხედვას** და **მისიას**, რაც საფუძვლად უდევს კვლევების **სტრატეგიულ და**



სამოქმედო გეგმებს, რომელთა გარეშეც კვლევების დაგეგმვის საკითხის განხილვა არ ხდება.

**ხედვა და მისია** საფუძვლად ედება კვლევების სტრატეგიას და სამოქმედო გეგმას. ამიტომ, ვიდრე დაგეგმვის პროცესს წამოიწყებდეს, ექსპერიმენტატორმა, აუცილებლად უნდა დაუთმოს დრო საკუთარი გრძელვადიანი ხედვისა და მისიის ფორმულირებას.

**კარგი ხედვა** მოკლე, გასაგები და მამოტივირებელი უნდა იყოს. იგივე მახასიათებლები უნდა ჰქონდეს **კარგ მისიასაც**, თუმცა ეს უკანასკნელი, ასევე, აქცენტს უნდა აკეთებდეს მკვლევართა ღირებულებებსა და იმ გლობალურ საზოგადოებრივ სიკეთეზე, რომლის შექმნის ამბიცია აქვს, მაგალითად, კვლევით დაწესებულებას. **ღირებულებების კომპონენტი** შეიძლება წარმოდგენილი იყოს მისიისაგან დამოუკიდებლადაც. მთავარია, ეს კომპონენტი არ იყოს ამოვარდნილი ზოგადი სურათიდან და, ასევე, ღირებულებები, ექსპერიმენტატორის რეალური იდენტობის განმსაზღვრელი მახასიათებლებად გვევლინებოდეს.

### სტრატეგიულ და სამოქმედო გეგმათა ჩარჩოები

ზემოთნახსენები ჩარჩოები ეფუძნება დაგეგმვის კუთხით არსებულ ლიტერატურას და საუკეთესო საერთაშორისო თუ ადგილობრივ გამოცდილებას. მათი შემუშავებისას მიზანი უნდა იყოს მაქსიმალურად მარტივი, მინიმალისტური სტრუქტურის მომზადება, რომელიც გასაგები და გამოსადეგი იქნება ნებისმიერი მკვლევარისათვის, ამავე დროს, საკმარისიც წარმატებული საქმიანობის ხელშესაწყობად. ხაზგასასმელია, რომ შემოთავაზებული ჩარჩო მხოლოდ სარეკომენდაციო ხასიათისაა. მისი ძირითადი მიზანია სწორი მიმართულების ჩამოსაყალიბებლად კვლევათა დაგეგმვის პროცესში.

**სტრატეგიული მიზანი** - მიზანია, რომელიც გამომდინარეობს ხედვიდან, თუკი ხედვა წარმოადგენს კვლევითი ჯგუფის სასურველ მომავალს 10 – 15 წლის პერსპექტივაში, **სტრატეგიული მიზნები** ის დიდი ნაბიჯებია, რომელთა გადადგმა არის საჭირო შემდეგი 3-5-7-10-და ა.შ. წლის განმავლობაში ხედვის მატერიალიზებისთვის. რადგან **სტრატეგიული მიზნები** ხედვამდე მისასვლელ მსხვილ ერთეულებს წარმოადგენენ. სტრატეგიული მიზანი უნდა იყოს:

- **კონკრეტული** - მკაფიოდ უნდა გვაჩვენებდეს რას გულისხმობს მიზანი. საკუთარ თავში არ უნდა შეიცავდეს ზოგად, ინტერპრეტაციისათვის ორმაგი სემანტიკის მქონე ტერმინებს;
- **გაზომვადი** - იძლეოდეს მისი მიღწევის კუთხით არსებული პროგრესის ობიექტურად შეფასების შესაძლებლობას;
- **მიღწევადი** - თუ სტრატეგიული მიზანი არ არის მიღწევადი, იგი ვერც დაახლოვებს საკვლევი ჯგუფის საერთო, ჩამოყალიბებულ ხედვასთან;
- **რელევანტური** - გამომდინარეობს ორგანიზაციული ხედვიდან;

- **დროში გაწერილი** - დროში გაწერილი, ანუ მიგვითითებს, თუ როდის, რა ვადაში არის მისი შესრულება აუცილებელი, რაც ეხმარება მკვლევარს კონკრეტულ ვადაში გათვლილი ხედვის რეალიზებაში.

**მიზნის მიღწევის ინდიკატორი** არის ობიექტური დასტური იმისა, რომ სტრატეგიული მიზანი მიღწეულია. მიზნის მიღწევის ინდიკატორს ხშირად **წარმატების ინდიკატორსაც** ეძახიან, რადგან იგი გვეუბნება, რას დავინახავთ, თუკი მკვლევარი წარმატებით მიაღწევს დასახულ სტრატეგიულ მიზანს. **წარმატების ინდიკატორის** არსებობა უაღრესად მნიშვნელოვანია მიზნების მისაღწევად. მის გარეშე კონკრეტული მიზნის მიღწევა ან არმიღწევის საკითხი ყოველთვის სათუო და სადაო იქნება. **ინდიკატორების** არსებობა დამაჯერებელს ხდის წარმატებებს მისი პარტნიორებისთვის, თუ მომხმარებლებისთვის.

**წარმატების ინდიკატორების** არსებობა, სერიოზული მამოტივირებელი ფაქტორია ექსპერიმენტატორებისათვის. ერთიანი სტანდარტი, რამდენი შესრულების ინდიკატორი უნდა ჰქონდეს ერთ სტრატეგიულ მიზანს, არ არსებობს. გეგმაზე მომუშავე გუნდის მიზანი უნდა იყოს მაქსიმალურად მრავალმხრივად დაინახოს მიზნის მიღწევასთან დაკავშირებული ინდიკატორები, თუმცა არც ისე, რომ მთელი მომდევნო საქმიანობა შესრულების ინდიკატორების რეალიზების დაუსრულებელ პროცესად იქცეს. **შესრულების ინდიკატორი**, როგორც წესი, სრულიად საკმარისია ერთი სტრატეგიული მიზნის აღსაწერად.

**საჭირო ინფორმაცია ან წყაროები** არის რაოდენობრივი ან თვისობრივი მონაცემები, რომელთა შეგროვებაც საჭიროა **წარმატების ინდიკატორების** და, მაშასადამე, სტრატეგიული მიზნის მიღწევის გზაზე არსებული პროგრესის დასანახად. **სტრატეგიული მიზანი**, ისევე, როგორც მასთან მიზმული კონკრეტული **შესრულების ინდიკატორი** არის შედეგი, რომლის იდენტიფიცირებაც უნდა შევძლოთ მიზნის მიღწევისას. თუმცა ორგანიზაციის სპეციფიკიდან გამომდინარე, განსაკუთრებით კი, განათლების და მეცნიერების სისტემაში, კონკრეტული შედეგები ან ინდიკატორები ხშირად არ წარმოადგენს ხელშესახებ პროდუქტს, რისი არსებობა თავისთავად ნათელია და ადვილად დასანახი. ამიტომაც, საჭირო ხდება რაოდენობრივი ან თვისობრივი მტკიცებულების შეგროვება. ჩარჩოს ამ ნაწილში უნდა მიეთითოს, თუ რა ტიპის მონაცემებს გამოიყენებენ პროგრესის მონიტორინგისთვის და სად მოიპოვებენ ამ მონაცემებს (საკუთარი ძალებით თუ სხვა ორგანიზაციების მიერ შეგროვებული მონაცემებიდან).

### **ექსპერიმენტის დაგეგმვის იმიტაციური მოდელირება Matlab-ის გარემოში**

**ექსპერიმენტი** მოიცავს კვლევის ჩატარების საერთო სქემის ეტაპებს, რთული სისტემების დასამუშავებელი **იმიტაციური მოდელის** გამოყენებით.

## ეს ეტაპებია:

- წინასარი ტესტირება და იმიტაციური მოდელის ადეკვატურობის შემოწმება, შეცდომების გამოვლენა, იმიტაციური მოდელის იმ თვისებების მოხმარებადობის ანალიზი და მისი კორექცია;
- მოდელური ექსპერიმენტის ოპტიმიზაცია, რომელიც შეიცავს ექსპერიმენტის სტრატეგიულ და ტექტიკურ დაგეგმარებას;
- ექსპერიმენტის გეგმის რეალიზაცია, მონაცემების დაგროვება დაპირველადი დამუშავება, რომელიც მიიღება მოდელირების მსვლელობაში. მოდელური ექსპერიმენტის ოპტიმიზაცია დაფუძნებულია ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდების გამოყენებაზე. კომპიუტერზე მოდელირება მოითხოვს მკვლევარის შრომასა და დროის დანახარჯებს, ასევე მანქანური დროის დანახარჯებს. ამიტომ ყოველთვის საჭიროა გვექონდეს გეგმა, რომელიც საშუალებას იძლევა თითოეული ექსპერიმენტიდან მოპოვებული იქნას ინფორმაციის მაქსიმალური რაოდენობა მინიმალური დანახარჯებისას. იმიტაციური მოდელის<sup>336</sup> ექსპლოატაციის პროცესის დაგეგმვა არა მარტო საფინანსო რესურსების დაზოგვის საშუალებას იძლევა, არამედ უზრუნველყოფს კვლევის საფუძვლების სტრუქტურას, რომელიც მოდელირების შედეგების ანალიზის ჩატარების სიმარტივის და ორგანიზაციულობის საშუალებას იძლევა. იმიტაციური მოდელის დაგეგმვა წარმოადგენს აუცილებელი ინფორმაციის მიღების მეთოდებისა და მიდგომების ერთობლიობას, დასამუშავებელი მოდელის გამოყენებით.

## სტრატეგიული დაგეგმარება

სტრატეგიული დაგეგმარება<sup>337</sup> ექსპერიმენტთა ერთობლიობის დაგეგმარებაა, რომლებიც განსხვავდებიან საწყისი მონაცემებით და მათი მსვლელობისას მიღებული უნდა იყოს ყველა საჭირო ინფორმაცია სისტემის შესახებ.

სტრატეგიული დაგეგმარების შემთხვევაში ხდება ორი ტიპის ამოცანის გადაწყვეტა: საკონტროლო - შემავალ პარამეტრებსა და გამომავალ მაჩვენებლებს შორის დამოკიდებულების გათვალისწინება;

პარამეტრების შესაბამისობის განსაზღვრა, რომლებიც გარკვეული აზრით ასრულებენ გამომავალი მაჩვენებლების ოპტიმიზებას.

<sup>336</sup> იმიტაციური მოდელი – მათემატიკურ-კომპიუტერული მოდელი, რომელშიც შეტანილია გარკვეული დინამიკური ელემენტები.

<sup>337</sup> ექსპერიმენტის დაგეგმვის სტრატეგიული და ტექტიკური ტექნოლოგიის იმიტაციური მოდელირება Matlab-ის გარემოში. <http://inso.ge/inso2013/wp-content/uploads/2013/06/1-Bardavelidze-inso-2013.pdf>

## ტაქტიკური დაგეგმარება

**ტაქტიკური დაგეგმარება** უზრუნველყოფს სტატკური გამოცდის ოპტიმიზაციას ფიქსირებული საწყისი მონაცემებისათვის. როგორც აღინიშნა, ფიქსირებული საწყისი მონაცემებით მოდელური ექსპერიმენტი შედგება სისტემის ფუნქციონირების პროცესის იმიტაციის განმეორებითი სერიისაგან, რაც საშუალებას იძლევა მივიღოთ გასაშუალებული სურათი მისი ეფექტურობის შესახებ, მიმდინარე პროცესების და მოვლენების შემთხვევითი ხასიათის გათვალისწინებით.

ბუნებრივია, სურველი იმისა, რომ მივიღოთ ეფექტურობის გამოსაკვლევი მაჩვენებლების უფრო ზუსტი შეფასება პროცესის მინიმალური მოცულობისას, განისაზღვრება ერთი ტიპის იმიტაციის აქტების რაოდენობით.

### ექსპერიმენტის დაგეგმვისას განსაზღვრული უნდა იყოს:

- ფაქტორთა აუცილებელი ნაკრები, რომლებიც გავლენას ახდენენ გამოსაკვლევი სისტემის მახასიათებლებზე და რეაქციის ფაქტორებზე დამოკიდებულების აღწერაზე;
- ფაქტორთა დონეების რაოდენობის და მათი მნიშვნელობების დადგენა ექსპერიმენტის ჩატარების მსვლელობაში;
- ექსპერიმენტის საჭირო რაოდენობისა და ჩატარების რიგითობის განსაზღვრა.

ამრიგად, **სტრატეგიული დაგეგმვის** ჩარჩოებში გამოცდის პირობის შერჩევისათვის პირველ რიგში აუცილებელია, დადგინდეს არსებითი ფაქტორების ჩამონათვალი. შემდეგ აპრიორული ვარაუდით შეირჩევა **მაპროქსიმირებელი პოლინომის** სახე რისთვისაც განისაზღვრება **დაგეგმვის მატრიცა**.

ურთიერთქმედების ანალიზის გათვალისწინებით ტარდება **მატრიცის რაციონალური კვეთა**, ექსპერიმენტის მოცულობის შემცირების მიზნით. ფაქტორთა დონეების ერთობლიობის მიღება იძლევა სრულ წარმოდგენას იმაზე, თუ როგორი უნდა იყოს **ექსპერიმენტის სტრატეგიული გეგმა**.

**ტაქტიკური დაგეგმარება** დაკავშირებულია თითოეული კონკრეტული ექსპერიმენტის ეფექტურობისა და რესურსტევადურობის განსაზღვრასთან, რომელიც წარმოადგენს იმიტაციური მოდელის განმეორებითი და ერთტიპიური გამოცდის სერიას.

### ტაქტიკური დაგეგმარება დაიყვანება ორი ტიპის ამოხსნის გადაწყვეტასთან:

1. საწყისი პირობების განსაზღვრასთან;
2. ცდომილების შემცირებასთან, რომელიც მიიღება სისტემის რეაქციის შეფასების მოდელირებისას.

პირველი ამოცანა წარმოიშვება იმიტაციური მოდელის ფუნქციონირების ხელოვნური ხასიათის გამო. რეალური ობიექტისაგან განსხვავებით, მოდელთან ყოველთვის არსებობს გარდამავალი პერიოდი და თხოულობს განსაზღვრულ დროს დამყარებულ რეჟიმში შესვლისათვის. წარმოიშობა საწყისი პერიოდის გავლენის შემცირების ან გამორიცხვის ამოცანა, მოდელის თითოეული გაშვების ჩატარებისას.

ამ დროს იყენებენ შემდეგ ძირითად მიდგომებს:

1. მოდელის თითოეული გაშვების ხანგრძლივობის გაზრდა, ისე რომ გარდამავალი პერიოდის გავლენა იყოს უმნიშვნელო;
2. საწყისი პერიოდის განხილვიდან გამორიცხვა.

უნდა აღვნიშნოთ, რომ დაგეგმვის პირველი ამოცანის გადაწყვეტისას, განხილული მიდგომების ჩარჩოებში, იყენებენ ძირითად ევრისტიკულ მეთოდებს. პირველისაგან განსხვავებით, **ტაქტიკური დაგეგმვის მეორე ამოცანა** შეიძლება გადაწყვეტილი იქნას მკაცრად მათემატიკურად. მოცემული ამოცანა ფაქტიურად დაიყვანება გამოცდის გარანტირებული მოცულობის განსაზღვრაზე. ამრიგად, **იმიტაციის პროცესის ოპტიმიზაციასთან** ზოგადი მიდგომა ტაქტიკური დაგეგმვის მსვლელობისას მდგომარეობს ნდობით ინტერვალთან დაკავშირებული განტოლებების პოვნაში, ე. ი. **იმიტაციური მოდელირების** მსვლელობაში სიდიდეების შეფასების სიზუსტის მოთხოვნაში.

### **ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები**

ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები შესაძლებელს ხდის მინიმუმამდე დაიყვანოს საჭირო ტესტების რაოდენობა, ჩამოაყალიბოს კვლევის ჩატარების რაციონალური პროცედურა და პირობები. თუ რაიმე მიზეზით, ტესტების რაოდენობა უკვე შეზღუდულია, მაშინ მეთოდები იძლევა იმის შეფასების საშუალებას, თუ რა სიზუსტით მიიღება შედეგები ამ შემთხვევაში. მეთოდები დაფუძნებულია ალბათობის თეორიისა და მათემატიკური სტატისტიკის მეთოდებზე.

**ექსპერიმენტის დაგეგმვა მოიცავს რამდენიმე ნაბიჯს:**

1. **ექსპერიმენტის მიზნის განსაზღვრა** (მახასიათებლების, თვისებების განსაზღვრა და სხვ.) და მისი ტიპი (ატრიბუტული, საკონტროლო, შედარებითი, საკვლევი).
2. **ექსპერიმენტის პირობების გარკვევა** (ხელმისაწვდომი აღჭურვილობა, მუშაობის ვადები, ფინანსური რესურსები, თანამშრომელთა რაოდენობა და დაკომპლექტება და ა. შ.). ტესტების ტიპის შერჩევა (ნორმალური, დაჩქარებული, შემოკლებული

ლაბორატორიულ პირობებში, სტენდზე, პოლიგონზე, სრულმასშტაბიანი ან ოპერატიული).

**3. ექსპერიმენტის შედეგების სტატისტიკური დამუშავება,** შესასწავლი მახასიათებლების ქცევის მათემატიკური მოდელის აგება. დამუშავების აუცილებლობა განპირობებულია იმით, რომ ცალკეული მონაცემების შერჩევითი ანალიზი, განურჩევლად დანარჩენი შედეგებისა, ან მათი არასწორი დამუშავება შეიძლება არა მხოლოდ შეამციროს პრაქტიკული რეკომენდაციების ღირებულება, არამედ გამოიწვიოს მცდარი დასკვნები.

**შედეგების დამუშავება მოიცავს:** გამომავალი პარამეტრების (ექსპერიმენტული მონაცემები) მნიშვნელობების საშუალო მნიშვნელობის და დისპერსიის (ან სტანდარტული გადახრის) ნდობის ინტერვალის განსაზღვრა მოცემული სტატისტიკური სანდოობისთვის;

- მცდარი მნიშვნელობების არ არსებობის შემოწმება შემდგომი ანალიზის საექვო შედეგების გამორიცხვის მიზნით. იგი ტარდება ერთერთ სპეციალურკრიტერიუმთან დასაცავად, რომლის არჩევანი დამოკიდებულია შემთხვევითი ცვლადის განაწილების კანონზე;
- ექსპერიმენტული მონაცემების შესაბამისობის შეფასება ადრე შემოღებულ განაწილების კანონთან. ამის მიხედვით დასტურდება ექსპერიმენტის არჩეული გეგმა და შედეგების დამუშავების მეთოდები, დაზუსტებულია მათემატიკური მოდელის არჩევანი.

---

**მათემატიკური მოდელის აგება** ხორციელდება იმ შემთხვევებში, როდესაც მიიღება შესასწავლი შემავალი და გამომავალი პარამეტრების რაოდენობრივი მახასიათებლები. ეს არის მიახლოების პრობლემები, ანუ არჩევანი მათემატიკური დამოკიდებულებისა, რომელიც ემთხვევა ექსპერიმენტულ მონაცემებს. ამ მიზნებისათვის გამოიყენება **რეგრესიის მოდელები**, რეგრესიის ხაზის ერთერთი მეთოდი არის ფართოდ გამოყენებული **უმცირეს კვადრატთა მეთოდი**.

ფაქტორების ან გამომავალი პარამეტრების ურთიერთდაკავშირების ხარისხის შესაფასებლად ტარდება ტესტის შედეგების კორელაციური ანალიზი. ურთიერთკავშირის საზომად გამოიყენება **კორელაციის კოეფიციენტი**: დამოუკიდებელი ან არაწრფივად დამოკიდებული შემთხვევითი ცვლადებისთვის ის ტოლია ან ახლოს არის ნულთან, ხოლო ერთთან სიახლოვე მიუთითებს რაოდენობების სრულ ურთიერთკავშირზედ ამათ შორის წრფივი ურთიერთობის არსებობაზე. ცხრილის სახით წარმოდგენილი ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავებისას ან გამოყენებისას

საჭიროა შუალედური მნიშვნელობების მიღება. ამისათვის გამოიყენება წრფივი და არაწრფივი (პოლინომიური) ინტერპოლაციის (შუალედური მნიშვნელობების განსაზღვრა) და ექსტრაპოლაციის (მონაცემთა ცვლილების ინტერვალის გარეთმყოფი მნიშვნელობების განსაზღვრა) მეთოდები.

**შედეგების ახსნა** და მათი გამოყენების რეკომენდაციების ფორმულირება, ექსპერიმენტული ტექნიკის დაზუსტება.

შრომის ინტენსივობის შემცირება და ტესტის დროის შემცირება მიიღწევა ავტომატური ექსპერიმენტული კომპლექსების გამოყენებით. ასეთი კომპლექსი მოიცავს სატესტო ეტაპებს რეჟიმების ავტომატური დაყენებით (საშუალებას იძლევა რეალური ოპერაციული რეჟიმების სიმულაციისას), ავტომატურად ამუშავებს შედეგებს, ატარებს სტატისტიკურ ანალიზს და დოკუმენტაციის კვლევას. მაგრამ მკვლევარის პასუხისმგებლობა ამ კვლევებში ასევე დიდია: მკაფიო დასახული ტესტის მიზნები და სწორად მიღებული გადაწყვეტილება საშუალებას იძლევა ზუსტად იპოვოს პროდუქტის სუსტი წერტილი, შეამციროთ დახვეწის და დიზაინის პროცესის გამეორების ღირებულება.

**ექსპერიმენტის დაგეგმვა** არის ექსპერიმენტების ჩასატარებლად პირობების, პროცედურებისა და მეთოდების არჩევის პროცესი, მათი რაოდენობა და პირობები, რომლებიც აუცილებელია და საკმარისია პრობლემის გადასაჭრელად საჭირო სიზუსტით.

#### **ექსპერიმენტის დაგეგმვის მოთხოვნები:**

- ექსპერიმენტების რაოდენობა უნდა იყოს მინიმალური, რათა არ გართულდეს ექსპერიმენტის პროცედურა და არ გაიზარდოს მისი ღირებულება, მაგრამ არა შედეგის სიზუსტის საზიანოდ;
- აუცილებელია ექსპერიმენტის შედეგებზე მოქმედი ფაქტორების ნაკრების დადგენა, მათი რანჟირება, ძირითადი და უმნიშვნელო ცვლადების გამორიცხვა;
- ექსპერიმენტში რიგი ქმედებები შეიძლება შეიცვალოს მათი მოდელებით (პირველ რიგში მათემატიკური), ხოლო მოდელების ადეკვატურობა უნდა შემოწმდეს და შეფასდეს;
- აუცილებელია ექსპერიმენტის სტრატეგიისა და მისი განხორციელების ალგორითმის შემუშავება: ექსპერიმენტის სერიები უნდა გაანალიზდეს თითოეული მათგანის დასრულების შემდეგ მომდევნო სერიაზე გადასვლამდე.



## ექსპერიმენტის გეგმა უნდა შეიცავდეს შემდეგ პარაგრაფებს:

- საკვლევი თემის დასახელება;
- ექსპერიმენტის მიზანი და ამოცანები;
- ექსპერიმენტის პირობები: ოპტიმიზაციის პარამეტრი და ცვლადი ფაქტორები;
- კვლევის მეთოდოლოგია;
- ექსპერიმენტების რაოდენობის დასაბუთება (ექსპერიმენტის ფარგლები);
- გაზომვების განხორციელების საშუალებები და მეთოდები;
- ექსპერიმენტის მატერიალური მხარდაჭერა (აღჭურვილობის სია);
- ექსპერიმენტული მონაცემების დამუშავებისა და ანალიზის ტექნიკა;
- ტესტების განრიგი, სადაც მითითებულია მათი განხორციელების დრო, შემსრულებლები, წარდგენილი ექსპერიმენტული მონაცემები;
- ხარჯთაღრიცხვა.

## ახალი თაობის მასალების საპროგნოზო მონაცემებისათვის

ახალი მასალების დაპროგნოზების დარგში, განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს შემდეგი პრიორიტეტები:

- ❖ საკონსტრუქტურო მასალები;
- ❖ ფუნქციური მასალები;
- ❖ ჰიბრიდული მასალები;
- ❖ კონვერგენტული ტექნოლოგიები<sup>338</sup>;
- ❖ ბიომიმეტური ნანომასალები<sup>339</sup><sup>340</sup>;
- ❖ მასალების და პროცესების კომპიუტერული მოდელირება;
- ❖ მასალათა დიაგნოსტირება.

<sup>338</sup> ტერმინი „კონვერგენტული ტექნოლოგიები“ აღწერს თანამედროვე მეცნიერების ყველაზე მოწინავე მაღალტექნოლოგიური განვითარების ჯგუფს. შემდეგი ოთხი სფერო ჩვეულებრივ კლასიფიცირდება როგორც კონვერგენტული ტექნოლოგიები: 1) ნანოტექნოლოგია; 2) ბიოტექნოლოგია (ფართო გაგებით); 3) საინფორმაციო ტექნოლოგიები; 4) შემეცნებითი მეცნიერებები და ნეიროტექნოლოგიები. აღნიშნული-სათვის ასევე გამოიყენება ტერმინი **NBIC ტექნოლოგია (Nano-Bio-Info-Cogtio)**.

<sup>339</sup> ანუ იგივე **ბიომიმეტიკა** (ინგლ. biomimetic nanomaterials or biomimetics, bioinspired Materials) არის ნანომასალები, რომლებიც ბაძავენ ბიომასალების თვისებებს ან იქმნება ბუნებაში დანერგილი პრინციპების საფუძველზე.

<sup>340</sup> Nanoconfinement-Regulated Peroxymonosulfate Activation via an Anomalously Efficient Mediated Electron-Transfer Pathway on Cobalt. Jiahao Cui, Siting Shao, Lina Li, Peng Zhang, Jianguo Cui, Chun Hu, and Yubao Zhao\*. Publication Date: July 12, 2022. <https://doi.org/10.1021/acsestengg.2c00129> © 2022 American Chemical Society



აღნიშნული პრიორიტეტები გააჩენს პერსპექტიულ საშუალებას სრულიად ახალი ტიპის **ზემტკიცე მასალების**<sup>341</sup> წარმოებისათვის, სადაც იგულისხმება:

- პოლიმატრიცული კომპოზიტები<sup>342</sup>, რომლებიც არმირებულნი იქნებიან ნანოზომის<sup>343</sup> შემავსებლებით - მათი დაპროექტებული მაღალი სიმტკიცით და თერმომდგრადობით;
- ზემტკიცე, მაღალმოდულური და სითბოგამტარი ნახშირბადოვანი არმირებადი ბოჭკოვანი მასალები პოლიმერებისა და მეზოფაზური შენაცხოვებით.

**ცვეთამედეგი მასალების განვითარების პრიორიტეტში მოიაზრება:**

- დაზნარვა მედეგი ფენოვანი, მათ შორის არმირებული - მეტალოპოლიმერული და მეტალომინაპლასტიკური მასალები.
- ნანოსტრუქტურებით მოდიფიცირებული ანტიფრიქციული მასალები<sup>344</sup>, რომლებიც ხასიათდება მაღალი სიმტკიცით, ცვეთამედეგობით აგრესიულ არეებში (აირი, სითხე) მუშაობისას;
- ზემსუბუქი დარტყმამედეგი კომპოზიციური მასალები გრადიენტული ქაფმასალების საფუძველზე;
- დარტყმამედეგი, ვიზრაციამედეგი, ასევე ხმაურისგან და ელექტრომაგნიტური გამოსხივებისგან დამცავი მასალები;
- თერმომდგრადი, დარტყმამედეგი და შემაკავშირებელ-დამლუქავი მასალები, საკონსტრუქტურო და ფუნქციური დანიშნულების კომპოზიტებისათვის.

**ანტიკოროზიული მასალების პერსპექტივაში მოიაზრება:**

- დაჟანგვისა და კოროზიის მიმართ მდგრადი მასალების<sup>345</sup> ტექნოლოგიური რეგლამენტის საფუძველზე;
- მარილთა მიმართ დაბალი ადგეზიურობის, მცირე ხაოიანობის, მაღალი ანტიკოროზიული თვისების მქონე ფუნქციური დანაფარების შექმნა თბოქსელებისათვის, მათი ჰიდრავლიკური წინაღობის შესამცირებლად;
- ფენოვანი, გრადიენტული, გამამაგრებელი და ბარიერული დანაფარები მასალათა კოროზიული, მექანიკური და ეროზიული ცვეთის და თბური ზემოქმედების საწინააღმდეგოდ და სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში ექსპლოატაციისათვის.

<sup>341</sup><https://www.science.org/doi/10.1126/science.1109830>

<sup>342</sup><https://reactlab.stanford.edu/research/multi-functional-composite-materials>

<sup>343</sup><https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8348337/>

<sup>344</sup><https://www.scan-dia.com/en/glossar/a/abrasive-materials/>

<sup>345</sup><https://www.nature.com/articles/s41529-021-00184-3>

### თერმომდგრადი მასალების განვითარება ნიშნავს:

- რეგლამენტირებული სტრუქტურის ისეთი კომპოზიციური მასალების შექმნა, რომლებიც იმუშავებენ 2500 °C ტემპერატურაზე;
  - თერმომტკიცე და თერმომდგრადი ნახშირბადოვანი და ნახშირბად-კერამიკული, ყველა განზომილებით არმირებული და ნანონაწილაკებით მოდიფიცირებული მასალების შექმნა.
- 
- მსუბუქი, მაღალტემპერატურული ინტერმეტალიდური მასალების და ინტერმეტალიდური მატრიცის მქონე, ძნელადღვობადი ოქსიდებითა და ბოჭკოებით განმტკიცებული მასალების შექმნა.
  - ზემსუბუქი ქაფმასალების, ბოჭკოვანი თბომცველი და თბოსაიზოლაციო, მათ შორის მრავალჯერადად აბლაციური მასალების დაპროექტება და შექმნა.
  - დაბალი თბოგამტარებლობის კერამიკული შრის და კომპოზიტური ბარიერული შრეების მქონე თბომცველი დანაფარების შექმნა.
  - იმგვარი მასალების და დანაფარების შექმნა, რომლებიც განკუთვნილია ექსტრემალურად მაღალი ტემპერატურებისა და დინამიკური დატვირთვებისათვის მძლავრ, გვრძელვადიანი მუშა რესურსის, ცვლადი დატვირთვების და სიჩქარის ცვლილების დიდი ამპლიტუდის მქონე, ორთქლის ულტრამაღალი პარამეტრების მქონე აირტურბინებში გამოსაყენებლად.

### რადიაციამდეგი მასალების განვითარების პერსპექტივა ნიშნავს:

- რადიაცია- და კოროზია- მედეგი, მათ შორის დისპერსულად-განმტკიცებული ფოლადები და შენადნობები.

### ინტელექტუალური და მოსარგები საკუნსტრუქტორო მასალების პერსპექტივაში მოიაზრება:

- გარე ზემოქმედებებისადმი(თბური და მექანიკური დატვირთვები) ადაპტირებადი კომპოზიციური მასალების შექმნა;
- თერმული ან ქიმიური ზემოქმედებისას - მასსოვრობის მქონე და პირველადი ფორმის აღდგენის უნარიანი მასალების შექმნა;
- თვითაღდგენადი მასალების შექმნა;
- ოპტობოჭკოვან სტრუქტურებში ელექტრონიკის ელემენტებით ინტეგრირებული მასალები, თვითდიაგნოსტირების და უსადენო მონიტორინგის ფუნქციით დამაბუღ-დეფორმირებადი მდგომარეობისას;

- პიეზოელექტრონული აქტუატორებით ინტეგრირებული მასალების სტრუქტურების შექმნა, რომელთაც შეეძლებათ გარე ზემოქმედებებისადმი ადაპტირება - მათ შორის ზომის, ფორმის და თვისებათა შეცვლა;
- მაღალდეფორმირებადი, მრავალგანზომილებიან-არმირებული მასალების შექმნა, რომელთაც ექნებათ თვითაღდგენის უნარი.

---

### მჭიდა მასალების პერსპექტივაში მოიაზრება:

---

- იმგვარი მჭიდა მასალების შექმნა, რომლებიც მაინტეგრირებელი საფუძველი იქნება მრავალფუნქციური საკონსტრუქციო მასალების შესაქმნელად.

---

### სენსორული მასალების პერსპექტივა გულისხმობს:

---

- მინიატურული, ზემგრძნობიარე, მაღალსელექტიური ქიმიური სენსორების ნანომასალების შექმნა;
- ბიოლოგიური სტრუქტურების ფრაგმენტების მქონე სენსორული მასალების, ბიოსენსორების, ბიოჩიპების და ჰიბრიდული გადამწოდების და მათ ბაზაზე ნეირობიოინტერფეისების შექმნა.

---

### განსაკუთრებული ელექტრო-მაგნიტური თვისებების მქონე მასალებში მოიაზრება:

---

- ნახშირბადოვანი სტრუქტურების შექმნა ნანოელექტრონიკის საჭიროებებისათვის;
- ორგანული მაღალმოლეკულური დენის გამტარი პოლიმერების შექმნა, მათ შორის შერეული ელექტრონ-იონური გამტარუნარიანობით;
- მაღალტემპერატურული ზეგამტარობის მქონე მასალების შექმნა;
- ახალი თაობის, დენის ელექტროქიმიური წყაროებისათვის ნანომასალების შექმნა;
- სპეციალური ელექტროქიმიური და მაგნიტური თვისებების მქონე ფუნქციური ნანოკრისტალური დანაფარების შექმნა;
- ვიბრაციული, აკუსტიკური და ელექტრული ზემოქმედებისგან დამცავი, ოპტიკურ და რადიოდიაპაზონში ხედვის დონის შემამცირებელი მასალების შექმნა;
- მაგნიტური ნანოსტრუქტურების, მათ შორის მოლეკულური და მაგნიტური ნანომასალების შექმნა;

- მაგნიტო-აქტივირებადო, მაგნიტომართვადი მასალების და მაგნიტორეოლოგიური სითხეების შექმნა.

---

#### კატალიზური მასალების პერსპექტივაში მოიაზრება:

---

- ნახშირწყალბადების ნედლეული გადასამუშავებელი ტექნოლოგიური პროცესების კატალიზატორების შექმნა, წარმოებული ძრავის საწვავის ხარისხის გასაუმჯობესებლად;
- ნავთობქიმიური პროცესების ნანოსტრუქტურირებული და ნანომასშტაბიანი კატალიზატორების შექმნა, ნავთობის მძიმე ფრაქციის ნარჩენების და ზებლანტი ნავთობის გადასამუშავებლად;
- კატალიზატორების შექმნა ნავთობის მოპოვების თანამდევი აირის კონვერსიისათვის თხევად საწვავში, წყალბადსა და ძვირფას ორგანულ პროდუქტში;
- ალდგენადი ნედლეულის (ბიოგაზი და ბიომასა) ღირებულ ორგანულ პროდუქტად გადამუშავების კატალიზური ტექნოლოგიების შემუშავება;
- ორგანული ნედლეულის გადამუშავების კატალიზური პროცესების პრინციპების შემუშავება.

---

#### განსაკუთრებული ოპტიკური თვისებების მქონე მასალების პერსპექტივაში მოიაზრება:

---

- ორგანული LED-დიოდების, მზის დრეკადი პანელ-გენერატორების, დისპლეების და სინათლის შემკრებთათვის მასალების შექმნა;
- იშვიათმიწა- და გარდამავალი მეტალების იონებით აქტივირებადი ლუმინესცენციური მასალების შექმნა;
- სინათლის გამომსხივებელი ნანოსტრუქტურების შექმნა, მათ შორის კვანტური, ლაზერებისა და ლუმინესცენციური მოწყობილობებისათვის;
- ნანოსტრუქტურირებული ოპტიკური ბოჭკოების და სინათლის გამტარების<sup>346</sup>, „ბრეგის მესრების“ და ფოტონური სტრუქტურების შემუშავება;
- ნანოსტრუქტურირებული თხევადკრისტალური მასალების შექმნა;
- იმგვარი დანაფარების შექმნა, რომლებიც ცვლიან სინათლის შთანთქმას და ელექტრო გამტარებლობას გარე ზემოქმედებით.

---

<sup>346</sup> ლითონის მილი შიდა ამრეკლი ზედაპირით, გამჭვირვალე ღეროთი, ძაფი, რომლის მეშვეობითაც სინათლის სხივები გადადის მილის ერთი ბოლოდან მეორეში.

### მემბრანული მასალების პერსპექტივები:

- მემბრანული მასალების, მემბრანული რეაქტორების და მემბრანული კატალიზური პროცესების შექმნა ძვირფასი ქიმიური პროდუქტის საწარმოებლად.
- ნანოსტრუქტურირებული მემბრანების შექმნა გაუმჯობესებული სატრანსპორტო თვისებებით და მათ საფუძველზე - აირის და სითხის გამყოფი და გამწმენდი მოწყობილობების შექმნა.
- ჰიბრიდულ მემბრანათა და თბური ელემენტების ბიმეტალური კატალიზატორების საფუძველზე ნანომასალების შექმნა.

### ჰიბრიდულ მასალებში და კონვერგენტულ ტექნოლოგიებში მოიაზრება:

- ჰიბრიდულ მასალათა შექმნის პრინციპები, მეთოდები და ტექნოლოგიები, სტრუქტურები, მოწყობილობები და სისტემები იბრიდული კომპონენტური ბაზის(ბიოჩიპები, დეტექტორები და აქტუატორები), ჰიბრიდული სენსორიკის შემუშავება (მიკროფლუიდები, ნანოქემოსენსორები, ბიომსგავსი ბიონიკური სენსორები და სენსორული პლატფორმები);
- სინთაზური(ანუ ხელოვნური), ბიოლოგიური და ბიოლოგიურის მსგავსი სტრუქტურების, მოწყობილობების და სისტემების(ცილები, ცილოვანი კომპლექსები, ხელოვნური უჯრედები, „მკურნალი“ ვირუსები) შესაქმნელი ტექნოლოგიების, პრინციპების და მეთოდების ორგანიზება;
- ნეირიბიოინტერფეისების, ბიოლოგიურის მსგავსი და ანტროპომორფული ტექნიკური მოწყობილობების და სისტემების, მათ შორის რობოტოტექნიკური საშუალებების შექმნა;
- არაორგანული, ორგანული, ჰიბრიდული და ბიოლოგიურის მსგავსი მასალების და სტრუქტურების სინქროტრონულ-ნეიტრონული დიაგნოსტიკების ახალი მეთოდების შემუშავება.

### ბიომიმეტური და სამედიცინო დანიშნულების მასალების პერსპექტივები:

- ცენტრალური ნერვული სისტემის მასტიმულირებელი ტექნოლოგიების, მასალების და მოწყობილობების შექმნა.
- ინვაზიური და არაინვაზიური დიაგნოსტიკების განსაკუთრებული ფუნქციური მახასიათებლების მქონე მასალების შექმნა.
- ბიოკომპოზიტების და პოლიმერების, ნანოსტრუქტურირებულ ნახშირბადოვანი, კერამიკულ, მეტალურ და პოლიმერულ დანაფარებიანი მასალების, ბიოაქტიური მინების შექმნა.



- ბიორეზორბირებადი<sup>347</sup> მასალების შემუშავება ყბა-სახის ქირურგიისა და სტომატოლოგიის საჭიროებებისათვის.
- იმპლანტირებად-ბიოდეგრადირებადი და სამკურნალო საშუალებათა კონტროლირებადი გამოთავისუფლების თვისების მქონე ტრანსდერმალური სისტემების შექმნა.
- ნანოკაფსულირებადი და წამლის, აქტიური ნივთიერების, ასევე გენეტიკური მასალის კონკრეტულ ადგილზე მიმტანი მასალების შემუშავება.
- მაღალ ადგეზიური სხვადასხვა სუბსტრატების, მათ შორის ბიოლოგიური - ჭრილობის, დამწვრობის დამცველი დანაფარების, წამლის ადგილამდე მიტანის სისტემების შემუშავება.

### მასალათა და პროცესების კომპიუტერული მოდელირების პერსპექტივაში მოიაზრება:

- მასალათა სტრუქტურის და თვისებების მოდელირება - როგორც მასალის შედგენილობის და სამგანზომილებიანი ორგანიზებულობის ფუნქცია, ამავე მასალის ფუნქციური და საკონსტრუქციო თვისებების მსაზღვრელი;
- ზრდის, აგრეგაციის, თვითაწყობის და ნანომასალების, ასევე სუპრამოლეკულური<sup>348</sup> სისტემების პროცესთა მოდელირება;
- აირადი და თხევადი ფაზიდან, თხელი ფირების ქიმიური გამოლექვის პროცესების მოდელირება;
- ნანოფოროვან მასალებში და მემბრანებში გადატანითი პროცესების მოდელირება;
- მრავალშრიან ნანოსტრუქტურირებად მასალებში მუხტის და ენერჯის გადატანის პროცესების მოდელირება;
- ბიოლოგიური აქტივობის მქონე რეცეპტორული სისტემების, მოლეკულების და პრეპარატების მოდელირება.

<sup>347</sup> ბიორეზორბირებადი მასალებით მიმდინარეობს ყბა-სახის ძვლების და კბილების მასალების ჩანაცვლება ტრიკალციუმის ფოსფატით, ფოროვანი ჰიდროქსიაპატიტით, კალციუმის ფოსფატის მარილებით, პოლიურეთანით და ბიომინებით.

<sup>348</sup> სუპრამოლეკულური (Supramolecular chemistry) ქიმია (ანუ სუპერმოლეკულური ქიმია) არის მეცნიერების ინტერდისციპლინარული სფერო, რომელიც მოიცავს ქიმიურ, ფიზიკურ და ბიოლოგიურ ასპექტებს მოლეკულებზე ბევრად რთული ქიმიური სისტემების განხილვისას, რომლებიც დაკავშირებულია ერთ მთლიანობად ინტერმოლეკულური (არაკოვალენტური) ურთიერთქმედებით. სუპრამოლეკულური ქიმიის ობიექტები არის სუპრამოლეკულური ანსამბლები, რომლებიც აგებულია სპონტანურად, დამატებითი ფრაგმენტებისგან, ანუ აქვთ გეომეტრიული და ქიმიური შესატყვისობა, როგორც ცოცხალ უჯრედში - ყველაზე რთული სივრცითი სტრუქტურების სპონტანური კონსტრუირებისას.

- „ჭკვიანი“ კონსტრუქციებისათვის განკუთვნილი, ინტელექტუალური მასალების შესაქმნელი ნანოსტრუქტურების და თვითორგანიზებადი ნაერთების ახალი კომპლექსური სისტემების მოდელირება.
- ბიოლოგიურ ობიექტთა ცალკეული თვისებების რეპროდუქციის თვისების მქონე ხელოვნური და სინთეზური წარმოშობის ახალი მასალების მოდელირება.
- ნანო-, ბიო-, ინფო- და კოგნიტურ ტექნოლოგიათა მოდელირება.

### მასალათა დიაგნოსტიკის პერსპექტივაში მოიაზრება:

- მასალათა დიაგნოსტიკის პერსპექტიული ტექნოლოგიები, დაფუძნებულნი ფიზიკური ველების ურთიერთქმედებაზე და უზრუნველყოფნი მაღალი ინფორმაციულობისა და ობიექტის საკვლევი მონაცემების სანდოობით;
- მასალების კვლევის და პროცესების **in situ** და **operando**<sup>349</sup> (სინთეზი, „თვითაწყობის“ პროცესების ჩათვლით; ნანონაწილაკების მოდიფიცირება და გარდაქმნა; დეგრადირება; ნანონაწილაკების მონაწილეობით მიმდინარე ქიმიური პროცესები და სხვა) არადესტრუქციული მეთოდების შემუშავება;
- ნანობიექტთა ვიზუალიზაციის მეთოდების შემუშავება (ატომურ-ძალოვანი, სკანირებადი და ელექტრონული მიკროსკოპის სხვადასხვა სახეები);
- ნანონაწილაკების და ნანომასალების(სწრაფი და ნელი ელექტრონების დიფრაქცია, რენტგენის ფოტოელექტრონული, ოჟე-სპექტროსკოპია) ზედაპირთა საკვლევი მეთოდების შემუშავება;
- მასალების, ნანომასალების ჩათვლით, ქიმიური შედგენილობის ლოკალურად მსაზღვრელი სპეციალური მეთოდების შემუშავება.

### ახალი მასალების პერსპექტიული ბაზრები ქვემოთ ჩამოთვლილი პრიორიტეტული მიმართულებებისათვის:

- ❖ აერო-კოსმოსური ტექნიკა და ინფრასტრუქტურა.
- ❖ საავტომობილო საშუალებები და საგზაო ინფრასტრუქტურა.
- ❖ ბირთვული ენერგეტიკა.
- ❖ საყოფაცხოვრებო ქიმია და პარფიუმერია.
- ❖ საწყლოსნო ტრანსპორტი (გემები და პორტის ინფრასტრუქტურა).
- ❖ ენერჯის განახლებადი წყაროები (მზის და ქარის ენერჯია).
- ❖ სარკინიგზო ტრანსპორტი (მოძრავი შემადგენლობა და საგზაო საშუალებები).
- ❖ საბინაო და კომუნალური მომსახურება.

<sup>349</sup> ზოგადად **In situ** და **operando** სპექტროსკოპია გვაწვდის ინფორმაციას კატალიზატორების ქიმიურ და ფიზიკურ თვისებებზე ბიომასის დამუშავების რეალურ პირობებში, გვთავაზობს ინფორმაციას კატალიზურად აქტიური სახეობების ან კატალიზატორის დეაქტივაციის მექანიზმების შესახებ.

- ❖ ხე-ტყის სამრეწველო კომპლექსი.
- ❖ ნავთობისა და გაზის გადამუშავება და ნავთობქიმია.
- ❖ სამთო და გადამამუშავებელი მრეწველობის აღჭურვილობა.
- ❖ განათების აღჭურვილობა.
- ❖ კვების ინდუსტრია.
- ❖ ხელსაწყოთმშენებლობა.
- ❖ სოფლის მეურნეობა.
- ❖ სპეციალური ტექნიკა.
- ❖ სასპორტო საქონელი.
- ❖ ჩარმშენებლობა.
- ❖ სამშენებლო კომპლექსი.
- ❖ ტექსტილისა და ტყავის ნაწარმი.
- ❖ ფარმაცევტული და სამედიცინო მოწყობილობები.
- ❖ ეკოლოგია.
- ❖ ელექტრონიკა და საკომუნიკაციო საშუალებები;
- ❖ ელექტროენერგეტიკა.

**საინოვაციო პროდუქტი და მომსახურება დარგში - აერო-კოსმოსური ტექნიკა და ინფრასტრუქტურა:**

- სენსორები სხვადასხვა გარემოს შედგენილობის ანალიზისათვის.
- ფიზიკურ სიდიდეთა გადამწოდები ნანომასალების საფუძველზე.
- სათბობის ელემენტები, კატალიზატორები საინოვაციო ენერგომატარებელთა მისაღებად.
- მსუბუქი და ზემტკიცე მასალების ახალი სახეობები.
- თერმომდგრადი ნანოსტრუქტურირებული კომპოზიციური, კერამიკული და ლითონური მასალები.
- ნანოსტრუქტურირებული კომპოზიციური და კერამიკული მასალები და დანაფარები განსაკუთრებული თერმული თვისებებით (თბოგამტარნი, თერმომარეგულირებელნი).
- ნანოსტრუქტურირებულ-ანტიკოროზიული დანაფარები.
- ნანოსტრუქტურირებულ-ანტიფრიქციული და ადგეზიური მასალები.
- ნანოსტრუქტურირებული ჰიდროფობული მასალები.
- რადიაციამდეგი და რადიოპროტექტორული ნანოსტრუქტურირებული კომპოზიციური მასალები და დანაფარები.
- ნანოსტრუქტურირებული კომპოზიციური მასალები განსაკუთრებული ოპტიკური თვისებებით (ფოტონური კრისტალები).
- ახალი თაობის მზის ბატარეები.



- გამომსხივებლები (მათ შორის ლაზრები და ორგანული შუქდიოდები) ნანოჰეტეროსტრუქტურების საფუძველზე.
- კომპოზიციური, კერამიკული მასალები და ნანოფლოიდები განსაკუთრებული მაგნიტური თვისებებით.
- ელექტრონიკის ელემენტები - გრაფენის, ფულერენების, ნახშირბადოვანი ნანომილების, კვანტური წერტილების საფუძველზე.
- ნანოსტრუქტურირებული კომპოზიციური მასალები განსაკუთრებული ელექტროგამტარებლობითი თვისებებით, ზეგამტარი მასალების ჩათვლით.
- ნანოსტრუქტურირებული მასალები „ფორმის მეხსიერების“ ეფექტით და „თვითაღდგენადი“ მასალები.

**საინოვაციო პროდუქტი და მომსახურება დარგში: ავტოსატრანსპორტო  
საშუალებები და საგზაო ინფრასტრუქტურა**

- დენის ქიმიური წყაროების ნანოსტრუქტურირებული მასალები.
- სათბობის ელემენტები, საინოვაციო ენერგომატარებლების მისაღები კატალიზატორები.
- სხვადასხვა არეთა შედგენილობის საანალიზო სენსორები.
- სხვადასხვა ფიზიკური სიდიდეების გადამწოდები ნანომასალათა საფუძველზე.
- აირთა გამაცალკეებელი მემბრანული ნანომასალები.

**საყოფაცხოვრებო ქიმიის და პარფიუმერიის საინოვაციო პროდუქტი:**

- სხვადასხვა ფიზიკური სიდიდეების გადამწოდები ნანომასალათა საფუძველზე.
- წყლის გაწმენდის(წყლის მომზადება, კვებითი ნედლეულის გადამუშავება) პროცესების ნანოსტრუქტურირებული მასალები და რეაგენტები.
- ქიმიური პროდუქციისა და პარფიუმერიის საწარმოო ნანოტექნოლოგიები და ნანოკატალიზატორები.

**საინოვაციო ენერგომატარებლების მისაღები კატალიზატორების შექმნა, რომლებიც  
ქვემოთმითითებული პარამეტრებისაა:**

- მაღალი სელექტიურობა.
- მაღალი კონვერსიის უნარი.
- მაღალი მწარმოებლობა.
- რეგენერაციის უნარი.
- პროდუქტისგან გამოყოფის სიადვილე.

- დაბალი ფასი.

---

### ახალი მასალები და კატალიზატორები მომავლის ენერგეტიკისათვის

---

#### ახალი საკონსტრუქციო მასალები და დანაფარები:

- ახალი საკონსტრუქციო მასალების და დანაფარების(თერმოზარერიული, ანტიეროზიული, ანტიკოროზიული) შემუშავება, რომელთაც შეუძლიათ ფუნქციონირება ექსტრემალურად მაღალ ტემპერატურებზე და დიდი დინამიური დატვირთვების პირობებში, მძლავრი აირტურბინების დასამზადებლად, ხანგრძლივი სამუშაო რესურსით, ცვლადი დატვირთვებისას, სიჩქარის ცვლილების დიდი ამპლიტუდებით.
- ახალი მასალების და დანაფარების შემუშავება ქარის ძრავების პირებისათვის და მათი გამოყენებისა და დამუშავების ტექნოლოგიები.
- ახალი მასალების და დანაფარების შემუშავება მაღალი შთანთქმისუნარიანობით და მუშაობის დიდი რესურსით მზის კოლექტორების დასამზადებლად.
- ახალი დანაფარების შემუშავება მაღალამრეკლადი უნარით და მუშაობის დიდი რესურსით მზის გამოსხივების კონცენტრატორების დასამზადებლად.

---

#### ახალი თბომდგრადი მასალები:

---

- ახალი თბომდგრადი მასალების შემუშავება მაღალი წნევის პირობებში და მტვრიან, მაღალტემპერატურულ აირად გარემოში სამუშაოდ, იმგვარი თბოენერგეტიკული დანადგარების შესაქმნელად - ორთქლის ულტრამაღალი პარამეტრებით, მყარი საწვავის გამოყენებისას.

---

#### რადიაციამდეგი ახალი მასალები:

---

- ახალი რადიაციამდეგი მასალების შექმნა, რომელთაც შეეძლებათ დიდი ხნის განმავლობაში ფუნქციონირება ბირთვული რეაქტორის აქტიურ ზონაში.
  - იმგვარი ახალი მასალების შექმნა, რომელთაც შეეძლებათ მაღალტემპერატურული, აირით გაგრილებული რეაქტორის აქტიურ ზონაში ხანგრძლივი დროით ფუნქციონირება.
  - თერმოზარერიული რეაქტორებისათვის ახალი მასალების შემუშავება.
-

### **ახალი თაობის - დენის გამტარი და ელექტრო საიზოლაციო მასალები:**

---

- ახალი თაობის დენის გამტარი და ელექტრო საიზოლაციო მასალების შემუშავება მაღალი საექსპლოატაციო მახასიათებლებით - პერსპექტიული ელექტროდანადგარებისა და ელექტროენერგეტიკული სისტემებისათვის.
  - ზეგამტარი მასალების შემუშავება სამრეწველო მასშტაბის ელექტროენერგეტიკაში გამოსაყენებლად.
  - ფოტოგარდამქმნელთა ახალი მასალების შემუშავება.
- 

### **თბოდამცველი და თბოსაიზოლაციო მასალები:**

---

- ახალი თბოდამცველი და თბოსაიზოლაციო მასალების შემუშავება - მაღალი თერმული წინაღობითა და გაუმჯობესებული საექსპლოატაციო მახასიათებლებით, პერსპექტიულ ენერგოდანადგარებში ენერგოდაზოგვის მიზნით.
- 

### **მილსადენების ახალი ფუნქციური დანაფარები:**

---

- ახალი ფუნქციური დანაფარების შემუშავება, სიხისტის მარილებთან დაბალი ადგეზიურობით, მცირე ხაოიანობით და მაღალი ანტიკოროზიული თვისებებით - თქბოქსელების საექსპლოატაციო ვადის გაზრდისა და ჰიდრაულიკური წინაღობის შესამცირებლად.
- 

### **ახალი მემბრანული მასალები - ფორების წინასწარ მოცემული ზომებით:**

---

- აირების და სითხეების გამოყოფის პერსპექტიული პროცესების ახალი მემბრანული მასალების შემუშავება, ფორების კონტროლირებადი ზომებით.
  - ახალი მემბრანული მასალების და გამტარი სტრუქტურების შემუშავება ელექტროქიმიური გენერატორებისა და აკუმულატორებისათვის.
- 

### **კატალიზატორთა ახალი ტიპები:**

---

- მაღალსელექტიური, ხანგამძლე და მისაღები ფასის მქონე ახალი კატალიზატორების მოძიება, ნახშირწყალბადური ნედლეულის ღრმა გადამუშავებისა და ძრავის საწვავის ხარისხის ზრდის ტენდენციით.
-

- ახალი ტიპის კატალიზატორების შექმნა ძრავის საწვავის და ქიმიურ-ტექნოლოგიური პროდუქციის ფართო სპექტრის წარმოებისათვის, სინთეზ-გაზის<sup>350</sup>(სინთეზური აირის) საფუძველზე.

---

### სამეცნიერო-ტექნოლოგიური განვითარების დაპროგნოზების სისტემურობისათვის

სამეცნიერო-ტექნოლოგიური განვითარების პროგნოზი არის უმთავრესი მდგენელი სახელმწიფოს სტრატეგიული დაგეგმვისა, რაც მიმართულია საინოვაციო პოლიტიკის საექსპერტო-ანალიტიკური უზრუნველყოფისათვის. ყოველივე აღნიშნული კი ემსახურება ქვეყნის სამეცნიერო-ტექნოლოგიური განვითარების პრიორიტეტების გამომუშავების ამოცანებს.

პროგნოზების თანამდევნი დასკვნები და რეკომენდაციები გამოყენებადია შემდეგ სფეროებში:

- აღმასრულებელი ხელისუფლების ორგანოებში: სტრატეგიული დაგეგმვის დარგობრივი პრობლემატიკის უზრუნველსაყოფად.
- სახელმწიფოს მონაწილეობის მქონე კომპანიებისათვის - პროგრამული დოკუმენტების რეალიზებისას, ტექნოლოგიური პლატფორმების და საინოვაციო ტერიტორიული კლასტერების სტრატეგიული გეგმების უზრუნველსაყოფად.
- უმაღლესი საგანმანათლებლო და სამეცნიერო ინსტიტუციებისათვის - სამუშაოთა პრიორიტეტული მიმართულებების და განვითარების სტრატეგიული დოკუმენტების უზრუნველსაყოფად.
- კერძო ბიზნესისათვის - საწარმოო-საკვლევო პროგრამების და პროექტების უზრუნველსაყოფად, ტექნოლოგიური პარტნიორების მოსაძიებლად.
- საპროგნოზო მონაცემების გამოყენება მიზანშეწონილია ეტაპობრივად და არა სამეცნიერო-ტექნოლოგიური ციკლის დასკვნით ეტაპზე.

---

განვითარების პროცესების საექსპერტო-ანალიტიკური უზრუნველყოფისათვის გასათვალისწინებელია ის რეალობა, რაც დაკავშირებულია ექსპერტიზასთან:

**ექსპერტიზა** არის დისციპლინათაშორისი საქმიანობის სფერო და მოიცავს, საინჟინრო-ტექნოლოგიურ, ბიო-სამედიცინო, სამართლებრივ, სოციოლოგიურ, სოციალურ, ფსიქოლოგიურ, ეკონომიკურ და სხვა მრავალ ასპექტს და მდგენელს.

---

<sup>350</sup>**სინთეზ-გაზი:** გაზ-გენერატორიდან გამოსული ტექნოლოგიური გაზი გასუფთავების შემდეგ წარმოადგენს სინთეზ-გაზს, რომელიც ძირითადად არის ნაზავი ნახშირბადის მონოქსიდისა და წყალბადისა. **სინთეზ-გაზის** გამოყენების ძირითადი სფეროებია ელექტრო და თერმული ენერჯის წარმოება, ნახშირბადის მონოქსიდის და წყალბადის წარმოება, მეთანოლის სინთეზი, ოქსოსინთეზი და ფიშერ-ტროპშის სინთეზი.

ყველა დარგობრივი მიმართულების ექსპერტიზა წარმოებს მოქმედ კანონმდებლობასთან შესაბამისობის დადგენის მიზნით და წარმოადგენს სათანადო დასკვნის პროექტის მომზადების დასრულებულ ციკლს.

გადაუდებლად აუცილებელია აღინიშნოს, რომ ექსპერტიზის საექსპერტო კვლევის საგანს ადგენს შესაბამისი კომპეტენტური ორგანო სათანადო დადგენილებით, სადაც კონკრეტულად უნდა იყოს ხაზგასმული ის საკითხები ან პრობლემები რისი გარკვევაც აინტერესებს ექსპერტიზის შესახებ გამოტანილი დადგენილების ავტორს ან ინსტიტუციას.

#### **IV ინდუსტრიული რევოლუციის - ციფრული ტრანსფორმაციის ეპოქა**

ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიები (ICT) სწრაფად განვითარებადი და მზარდი სფეროა, რომელიც IV ინდუსტრიული რევოლუციის - ციფრული ტრანსფორმაციის ეპოქაში განსაკუთრებულ როლს თამაშობს გლობალური დღის წესრიგის ფორმირებაში, მსოფლიო ეკონომიკურ მოვლენებში, საზოგადოებრივ განვითარებაში, საჯარო ადმინისტრირებასა და მართვაში.

თანამედროვე ადამიანისთვის კი, მისი მოღვაწეობის ინტერესებისა თუ საქმიანობის სტილის მიუხედავად, ციფრულ სამყაროში ადაპტირება და ამისთვის უნარ-ჩვევების შექმნა-გაუმჯობესება სასიცოცხლოდ აუცილებელი ფაქტორია. კაცობრიობის წინაშე მდგარი რეალური გამოწვევები საჭიროებს არსებული ტექნოლოგიური შესაძლებლობების ეფექტური გამოყენებით თანამედროვე გადაწყვეტილებების მიღებას.

ნებისმიერი განვითარებული ქვეყნის საჯარო სექტორი ციფრული ტრანსფორმაციის პროცესში აქტიურად უნდა ეცნობოდეს და იკვლევდეს ახალ ტექნოლოგიებს, თანამედროვე ინოვაციურ მიღწევებს, და ცდილობდეს ამ ტექნოლოგიური ნოვაციების გამოყენებით გაზარდოს საჯარო სექტორის ეფექტიანობა, ეფექტურობა, ანგარიშვალდებულება, ღიაობა და მომხმარებელზე ორიენტირებული, სანდო და საიმედო სერვისები შესთავაზოს ინფორმაციულ საზოგადოებას.

„ციფრული“ არ არის მხოლოდ ტექნოლოგიის აღმნიშვნელი ტერმინი, არამედ ის განსაზღვრავს თუ რა შეუძლია ICT-ის სოციალურ-ეკონომიკური პროცესებისა და სხვადასხვა სფეროს ტექნოლოგიური ტრანსფორმაციით. „ციფრული ტრანსფორმაცია“ გულისხმობს პრობლემების გადაჭრის ახალ გზებს, უნიკალური გამოცდილების შექმნას და ბიზნეს-პროცესების გაუმჯობესებას. დღეს უკვე არსებობს ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები, რომლებიც სრულიად შეცვლის ადამიანთა ცხოვრებას.



დღევანდელ მსოფლიოში, ზეთანამედროვედ, აღიარებულია რვა ტექნოლოგიური გადაწყვეტილება, მათ შორის პირველ ადგილს იკავებს **ხელოვნური ინტელექტი (შემდგომში - “AI”)**. თანამედროვე მსოფლიოში ხელოვნური ინტელექტის მიმართ ინტერესი სწრაფად იზრდება. საერთაშორისო საინფორმაციო მედიასაშუალებები ხელოვნურ ინტელექტს გამორჩეულ ადგილს უთმობს.

მსოფლიოს წამყვანი პოლიტიკოსები და მკვლევარები თავიან დებატებში სულ უფრო და უფრო ხშირად საუბრობენ AI-სა და მასთან დაკავშირებულ კაცობრიობის მომავალზე. ხელოვნურ ინტელექტთან დაკავშირებული თემატიკა დომინირებს ასევე მდგრადი განვითარების მომავლისა და ციფრული ტრანსფორმაციის შესახებ საერთაშორისო მოთამაშეების კვლევებსა და პოლიტიკურ-სამართლებრივ შეთანხმებებში. ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში, მეცნიერები, მკვლევარები, აქტივისტები თუ საჯარო პოლიტიკის განმახორციელებელი სულ უფრო და უფრო მეტად ინტერესდებიან **ხელოვნური ინტელექტის** ტექნოლოგიით.

მოცემული კვლევა<sup>351</sup> მიზნად ისახავს მსმენელს გადასცეს ინფორმაცია ხელოვნური ინტელექტის, როგორც არა მხოლოდ ტექნოლოგიური გადაწყვეტის, არამედ როგორც ბიზნესის, ასევე საჯარო ადმინისტრაციის პროცესების განვითარების სრულიად განსხვავებული მეთოდოლოგიის, გადაწყვეტილების მიღების, მართვისა და ზედამხედველობის მექანიზმის თანამედროვე ინსტრუმენტის, ძირითადი ასპექტების შესახებ. აღნიშნული კვლევა შემუშავდა **„გამჭვირვალობისა და ეთიკური სტანდარტების ხელშეწყობა ხელოვნური ინტელექტის (AI) გამოყენებაში“** პროექტის ფარგლებში, რომელსაც, არაკომერციული სამართლის საერთაშორისო ცენტრის (ICNL) მხარდაჭერით, ახორციელებს ინფორმაციის თავისუფლების განვითარების ინსტიტუტი (IDFI). აღნიშნული ინიციატივის მიზანია, საჯარო უწყებების მიერ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას მეტი გამჭვირვალობის, ეთიკური სტანდარტების შემუშავებისა და დანერგვის ხელშეწყობა. ხელოვნური ინტელექტი არის ციფრული ტრანსფორმაციის, მეოთხე ინდუსტრიული რევოლუციის მონაპოვარი. **ხელოვნური ინტელექტი არის კომპიუტერული მეცნიერების დარგი, ICT-ის სპეციალური, განვითარებული სახეობა, რომელიც ასრულებს ისეთ ინტელექტუალურ ქმედებებს, რომლებიც, როგორც წესი, დამახასიათებელია მხოლოდ ადამიანისთვის.** ანუ ინტერესის სფეროა ავტომატური გადაწყვეტილების მიღების პროცესები/სისტემები, რომლებიც ახდენს ადამიანური ქცევის იმიტაციას, პროგნოზირებას ან/და ანაცვლებს მას. ევროპის საბჭო ხელოვნურ ინტელექტს განმარტავს, როგორც: „მეცნიერებების, თეორიების, ტექნოლოგიების ერთობლიობა, რომლის მიზანია ადამიანის კოგნიკური უნარების რეპროდუცირება მანქანის მიერ. არსებული განვითარების დონის გათვალისწინებით, ხელოვნური

<sup>351</sup> ხელოვნური ინტელექტი: არსი, საერთაშორისო სტანდარტები, ეთიკური ნორმები და რეკომენდაციები. 2020; 40 გვ. [https://idfi.ge/public/upload/Article/1111Artificial-Intelligence-GEO\\_Web%20Version.pdf](https://idfi.ge/public/upload/Article/1111Artificial-Intelligence-GEO_Web%20Version.pdf)

ინტელექტი ნიშნავს ადამიანის მიერ გასაკეთებელი რთული ინტელექტუალური დავალებების დელეგირებას მანქანისთვის.”<sup>352</sup>

ევროკომისიის მაღალი რანგის ექსპერტთა ჯგუფის (AI HLEG) შემუშავებული განმარტების მიხედვით, კი „ხელოვნური ინტელექტი ახასიათებს ისეთ სისტემებს, რომლებიც, გარემოს ანალიზით, ავლენს ინტელექტუალურ ქცევას და, დამოუკიდებლობის გარკვეული დონით, ახორციელებს ქმედებებს კონკრეტული მიზნების მისაღწევად. AI-ზე დაფუძნებული სისტემები შეიძლება იყოს ვირტუალურ სამყაროში სრულად პროგრამული უზრუნველყოფაზე დაფუძნებული (მაგ.: ხმის ასისტენტები, გამოსახულების ანალიზის პროგრამული უზრუნველყოფა, საძიებო სისტემები, ხმის და სახის ამომცნობი სისტემები) ან შესაძლებელია, რომ AI ჩანერგილი იყოს კომპიუტერულ მოწყობილობებში (მაგ.: განვითარებული რობოტები, ავტომატური მართვის/თვითმართვადი მანქანები, დრონები, საგნების ინტერნეტის აპლიკაციები).”<sup>353</sup>

ხელოვნური ინტელექტისთვის დამახასიათებელი ადამიანის მსგავსი უნარებია: აღქმა, არგუმენტაცია, მსჯელობა/ შეფასება, ქმედება ადამიანური ფაქტორის გამორიცხვით/მცირედი ინტერაქციით. თანამედროვე სამეცნიერო ლიტერატურაში (Gutwirth and Friedwald) ინფორმაციულ-საკომუნიკაციო ტექნოლოგიების ფუნქციური თვალსაზრისით კატეგორიზაციისას სამ ძირითად მიმართულებას გამოყოფენ:

- 1) ინტერნეტ-ტექნოლოგიები;
- 2) ინტერფეის-ტექნოლოგიები
- 3) ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები.

ხელოვნური ინტელექტის განმარტებისას რამდენიმე ცნებას გამოყოფენ: **ვიწრო, ზოგადი და სუპერ ხელოვნური ინტელექტი.**

**ვიწრო ხელოვნური ინტელექტის** მაგალითები დღეს ყველაზე ფართოდ გავრცელებულია - ეს არის ერთეული დავალებების შესასრულებლად, კონკრეტული ამოცანებისთვის შექმნილი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები. დღესდღეობით, ხელოვნური ინტელექტის განვითარება და მისი წარმატებული მომავალი ადამიანური ძალისხმევის, მისი ჩარევის გარეშე წარმოუდგენელია.

**ზოგადი ხელოვნური ინტელექტის** პირობებში, ადამიანისა და ტექნოლოგიის უნარები გათანაბრებულია. ასეთ შემთხვევად შეგვიძლია განვიხილოთ უპილოტო მართვის სისტემები.

<sup>352</sup><https://www.coe.int/en/web/human-rights-rule-of-law/artificial-intelligence/glossary>

<sup>353</sup><https://ec.europa.eu/futurium/en/ai-alliance-consultation>

**ხელოვნური სუპერინტელექტი** კი ჯერჯერობით მხოლოდ წარმოსახვითი პროდუქტია. ეს ის შემთხვევაა, როდესაც ხელოვნური ინტელექტი გაუსწრებს ადამიანურ უნარებს და მასზე უკეთ, მართებულად და სწრაფად შეძლებს მოქმედებას ანუ გადაწყვეტილების მიღებას.

გაუთანაბრდა თუ არა კომპიუტერული შესაძლებლობები ადამიანურს, გაუსწრო თუ არა მან კაცობრიობის აზროვნებას და რამდენად შეუძლია ტექნოლოგიას თვითსწავლება და თვითგანვითარება ადამიანური ფაქტორების ჩარევის გარეშე, ეს საკითხები ჯერ კიდევ მრავალი სამომავლო კვლევისა და შეფასების საგანია. ხელოვნური ინტელექტი არ უნდა გახდეს ადამიანური ინტელექტის კონკურენტი.

იდეალურ შემთხვევაში, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით, ადამიანმა უნდა მოახერხოს რთული, კომპლექსური საკითხების უმოკლეს დროში და მაქსიმალური სიზუსტით გადაწყვეტა, ისევე როგორც მარტივი დავალებების სრული დელეგირება. ასევე მნიშვნელოვანია, რომ განვასხვავოთ ხელოვნური ინტელექტი და მანქანური სწავლება, ვინაიდან ეს უკანასკნელი ხელოვნური ინტელექტის მხოლოდ ნაწილია, ქვეკატეგორიაა და მათი ურთიერთჩანაცვლებით გამოყენება არ არის მართებული.

**მანქანური სწავლება**, როგორც წესი, ყოველთვის დაკავშირებულია სტატისტიკურ საქმიანობასთან და უფროდაუფრო მეტი მონაცემების დამუშავების, მონაცემებზე დაყრდნობილი გამოცდილებით ამგვარ სისტემას აქვს შედეგების გაუმჯობესების შესაძლებლობა.

**ღრმა სწავლება** ანუ **ჩაღრმავებული სწავლება** ასევე ხელოვნური ინტელექტის სახეობაა და იგი მოიცავს ნეირონული ქსელების მიერ არასისტემური, არასტრუქტურირებული მონაცემების დამუშავებას. ხელოვნური ინტელექტი, რა თქმა უნდა, **მონაცემთა მეცნიერებასთან (data science)** მჭიდრო თანაკვეთაშია, ვინაიდან იგი სწორედ **დიდი მონაცემების** დამუშავებით საზრდოობს და მონაცემებს, როგორც მთავარ რესურსს, იყენებს.

**ხელოვნური ინტელექტი** დიდი რაოდენობით ციფრული ინფორმაციის შეგროვების, დამუშავებისა და ანალიზის შედეგად გვეხმარება უსწრაფესად, ადამიანური ძალისხმევის გარეშე, მოვიძიოთ სასურველი ინფორმაცია და ობიექტურ კრიტერიუმებზე დაყრდნობით, ანალოგიური მოცემულობების გაანალიზებით, სტატისტიკურად ყველაზე რაციონალური გადაწყვეტილება მივიღოთ. ხელოვნურ ინტელექტს ორი ძირითადი მახასიათებელი განსაზღვრავს:

I. **ავტონომიურობა**: კომპლექსურ გარემოში, მრავალი ცვლადის არსებობის პირობებში, დავალებების შესრულება მომხმარებლის მუდმივი კონტროლის ან მონიტორინგის და ზედამხედველობის გარეშე.



II. ადაპტირების უნარი: გამოცდილებაზე დაყრდნობით თვითსწავლა და შედეგების გაუმჯობესების უნარი. უზარმაზარი მოცულობის მონაცემების ანალიზი გაცილებით უფრო ზუსტი და სრულყოფილი პროგნოზების გასაკეთებლად ადამიანის მიერ ან ავტომატიზებული (მაგ. ალგორითმებზე დაფუძნებული) ფორმით გადაწყვეტილების მიღების მხარდასაჭერად, მაგალითად, დანაშაულის პრევენციისთვის ან ეკონომიკური და საზოგადოებრივი ტენდენციების გამოსაკვლევად.

AI-ის ყველაზე ცნობად მაგალითებად შეიძლება დასახელდეს: დისტანციური მართვის სისტემები, უპილოტო საფრენი აპარატები, თვითმმართვედი ავტომობილები.

საგზაო მანიშნებლების და მასთან დაკავშირებული ინფრასტრუქტურის მაქსიმალური სრულყოფის პარალელურად იზრდება ხელოვნური ინტელექტის სატრანსპორტო მიზნის გამოყენების შესაძლებლობები. იგივე მექანიზმი მუშაობს თვითმმართვედი გემების, მიმტანი რობოტებისა და დრონების მაგალითზე. ხელოვნური ინტელექტი ირჩევს საგზაო მარშრუტის ოპტიმალურ შესაძლებლობას, თავს არიდებს შემხვედრ დაბრკოლებებს და იღებს რთულ გადაწყვეტილებებს ცვალებადი და დინამიური, კომპლექსური გარემო მოცემულობების გათვალისწინებით.

თუკი ბეჭდური მედიის შემთხვევაში, ყველა მყიდველისთვის ერთი და იგივე ინფორმაცია ხდება ხელმისაწვდომი, აღნიშნულისგან განსხვავებულ გარემოს ვიღებთ ონლაინ მედია საშუალებების, სარეკლამო შეთავაზებების, ონლაინ საძიებო სისტემების გამოყენებისას, როდესაც სისტემა გვთავაზობს კონკრეტული ალგორითმების მეშვეობით ჩვენი ინტერესებისა და პრეფერენციების შესაბამისად პერსონიფიცირებულ ინფორმაციას. ამ ყოველივეს კი Google, Facebook, Netflix თუ Instagram-ი სწორედ ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით შექმნილი ალგორითმებით ახერხებს.

ხელოვნური ინტელექტი გამოიყენება ინდივიდუალურ საკითხებზე კონკრეტული მითითებების, რეკომენდაციების მისაღებად ანალოგიურ თემებზე უკვე არსებული ცოდნისა და გამოცდილების გათვალისწინებით, განსაკუთრებით ჯანდაცვის სფეროში. ასევე ხელოვნური ინტელექტის ზოგადი მაგალითებია: ხმის ამომცნობი სისტემები, ტექსტის და ვიზუალური მონაცემების გამშიფრავი, სახის ამომცნობი, ხმოვანი ასისტენტები, Apple-ის SIRI, Amazon-ის ALEXA. “სმარტ” მობილურ მოწყობილობებზე, კომპიუტერულ სისტემებში ვირტუალური ასისტენტები. მომხმარებლებთან ურთიერთობის სისტემებში (CRM) პირველი რგოლის კითხვა-პასუხის რეჟიმში ავტომატური მოპასუხე.

**ციფრული ასისტენტები** გაცილებით ამარტივებენ ჩვენს ყოველდღიურობას, ისინი საშუალებას გვაძლევენ უმოკლეს დროში მოვძებნოთ ინფორმაცია; სერვისის მომხმარებლებთან ჩატბოტებისა და ვირტუალური თანაშემწეების საშუალებით ნახევრად ავტომატიზებული კომუნიკაცია, ბუნებრივი ენის დამუშავების (NLP) მიერ

მხარდაჭერილი ტექსტური მონაცემების ინტერპრეტაცია, აუდიო და ტექსტური მასალის აღქმა. ხელოვნური ინტელექტის ქართული საზოგადოებისთვის ცნობილი მაგალითია **ჰუმანოიდი სოფია**<sup>354</sup>, რომელიც ღია მმართველობის პარტნიორობის (OGP) ფარგლებში 2018 წლის გლობალურ სამიტზე ეწვია თბილისს. მისი გამოყენება სერვისის მიწოდების მიმართულებით მოიაზრება.

ხელოვნური ინტელექტის დანერგვისთვის ნებისმიერ ქვეყანაში შესაბამისი წინაპირობების არსებობა მოითხოვება. უპირველეს ყოვლისა, მნიშვნელოვანია მაღალგანვითარებული ICT ინფრასტრუქტურისა და ციფრული მმართველობის ფართომასშტაბიანი გამოყენების პრაქტიკა, ურთიერთთავსებადი მონაცემთა ბაზებისა და ინფორმაციული სისტემების გამართული ფუნქციონირება, მონაცემთა ხარისხის, მთლიანობისა და ხელმისაწვდომობის უპირობოდ უზრუნველყოფა, გამართული და დოკუმენტირებული ბიზნეს-პროცესების გამოყენება როგორც უწყებრივ, ასევე ორგანიზაციათაშორისი ტრანზაქციების განხორციელებისას. მონაცემთა ბაზები უნდა იყოს გაციფრულებული და ხელმისაწვდომი, მონაცემთა ბაზებში არსებული ინფორმაცია და მონაცემები უნდა იყოს სრული, სწორი და განახლებული.

ინფრასტრუქტურული და მმართველობითი ფაქტორების კვალდაკვალ, ხელოვნური ინტელექტის პროექტების ინიცირებისთვის არანაკლებ მნიშვნელოვანი წინაპირობაა კვალიფიციური ადამიანური რესურსების არსებობა და ზოგადად, ქვეყანაში ციფრული უნარ-ჩვევების მქონე, განვითარებული ინფორმაციული საზოგადოება. AI-ის კვლევებისა და განვითარებისთვის, ხელოვნური ინტელექტით კონკურენტული უპირატესობის მისაღწევად აუცილებელია, რომ ქვეყნებმა ჩამოაყალიბონ ხელოვნური ინტელექტის ხელშემწყობი გარემო. ეთიკური სტანდარტები, საკანონმდებლო, სტრატეგიული და მარეგულირებელი ჩარჩოები, ფისკალური პოლიტიკა - ეს ყოველივე შეგვიძლია განვიხილოთ, როგორც ხელშემწყობი მექანიზმები. რა თქმა უნდა, მარეგულირებელი ნორმების გარეშე, უზარმაზარი რაოდენობის მონაცემების დამუშავებაზე ორიენტირებული ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები სერიოზული რისკის მატარებელი შეიძლება გახდეს. თუკი ტექნოლოგია გადაწყვეტს კონკრეტული მოქალაქე მიიღებს თუ არა ბანკიდან საკრედიტო პროდუქტს, მოხვდება თუ არა განმცხადებლის რეზიუმე შერჩეულ კანდიდატთა სიაში, ან უფრო მეტიც, თავისუფლების აღკვეთის ნაცვლად აღკვეთი ღონისძიების სახით დაექვემდებარება თუ არა პირი გირაოთი ან თავდებობით გათავისუფლებას, ამგვარი შემთხვევების მარეგულირებელი ჩარჩოების შემუშავება საკმაოდ კომპლექსური საკითხია.

რეგულაციებმა, ერთი მხრივ, მაქსიმალურად ყველა ნიუანსის დაცვით უნდა უზრუნველყოს მხარეთა უფლება-მოვალეობების ბალანსი, და, მეორე მხრივ,

---

<sup>354</sup> ხელოვნური ინტელექტი: არსი, საერთაშორისო სტანდარტები, ეთიკური ნორმები და რეკომენდაციები. 2020; გვ. 11. [https://idfi.ge/public/upload/Article/1111Artificial-Intelligence-GEO\\_Web%20Version.pdf](https://idfi.ge/public/upload/Article/1111Artificial-Intelligence-GEO_Web%20Version.pdf)

კანონმდებლობა არ უნდა გახდეს ახალი ინდუსტრიული რევოლუციის ხელისშემშლელი ფაქტორი, ტექნოლოგიური სიკეთეების ბარიერი. სტრატეგიული ჩარჩოს გარეშე ხელოვნური ინტელექტის განვითარება შესაძლოა მრავალი გამოწვევის წინაშე დადგეს. ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგია უნდა ასახავდეს ქვეყნის ICT, ინოვაციების, ეკონომიკური განვითარებისა და ციფრული ტრანსფორმაციის სფეროებში ქვეყნის კურსს.

**ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგია** უნდა იყოს ეროვნულ დონეზე შეთანხმებული გრძელვადიანი მიზნების, პრიორიტეტების, ჩარჩოებისა და ინფრასტრუქტურული პროექტების ერთობლიობა, რომელიც შეესაბამება ზოგადად ქვეყნის საჯარო პოლიტიკას. სტრატეგია, როგორც ეროვნული დონის გზამკვლევი ხელოვნური ინტელექტის სფეროში, უნდა იყოს აღსრულებადი და ამ პროცესში ჩართული უნდა იყოს ყველა დაინტერესებული მხარე.

არსებული წინაპირობების გამოყენებით, ხელშემწყობი ინსტრუმენტებისა და ჩარჩოების შექმნით რეალიზებული ხელოვნური ინტელექტი და მისი წარმატებით განხორციელებული ინიციატივები შედეგად მოიტანს ეკონომიკურ ზრდას, სოციალურ კეთილდღეობას, გაუმჯობესებულ სახელმწიფო სერვისებს, ეფექტიან საჯარო ადმინისტრირებას.

### **ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება მსოფლიოში: სექტორები, სერვისები, მაგალითები**

საჯარო სექტორში ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების გლობალურად მზარდი ტენდენცია იკვეთება. არაერთ ქვეყანაში უკვე არსებობს სპეციალურად შექმნილი საჯარო სტრუქტურები ამ მიმართულების განსავითარებლად. მაგალითად, დიდი ბრიტანეთი და არაბთა გაერთიანებული ემირატები, სადაც, შესაბამისად, ხელოვნური ინტელექტის სამსახური და ხელოვნური ინტელექტის სამინისტრო ჩამოაყალიბეს. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება ავითარებს სახელმწიფო სერვისების მიწოდების პროცესსა და აუმჯობესებს სერვისების (სახელმწიფო სერვისები სახელმწიფო ორგანოებისთვის (G2G), სახელმწიფო სერვისები ბიზნესისთვის (G2B), და სახელმწიფო სერვისები მოქალაქეებისთვის (G2C) ხარისხს.

ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებებით საჯარო სერვისების მიწოდება იხვეწება, მოქალაქეთა ჩართულობა გადაწყვეტილების მიღების

პროცესში იზრდება და საბოლოოდ, ვიღებთ უფრო პასუხისმგებლიან, ანგარიშვალდებულ, გამჭვირვალე და ეფექტურ საჯარო სექტორს<sup>355</sup>.

განვითარებული ქვეყნები ხელოვნურ ინტელექტს ყველაზე აქტიურად შემდეგ მიმართულებებში იყენებენ:

- ალგორითმების გამოყენებით მმართველობითი პროცესებისა და საჯარო სექტორის საქმიანობის გაუმჯობესება; საჯარო პოლიტიკის მოდერნიზება;
- საჯარო უწყებების ბიზნესპროცესების ავტომატიზაცია, დოკუმენტბრუნვისა და საქმის წარმოების სისტემების განახლება;
- საჯარო სექტორში ინოვაციური პროექტების სტიმულირება;
- სახელმწიფო ელექტრონული სერვისების მიწოდება და მოქალაქეთა ჩართულობის გაძლიერება, მათ შორის, პროაქტიული და პერსონალიზებული სერვისების შეთავაზება.

**ხელოვნური ინტელექტი ყველაზე აქტუალურად შემდეგი საჯარო ამოცანების გადასაწყვეტად გამოიყენება:**

- აღსრულება: საკანონმდებლო და მარეგულირებელი მოთხოვნების აღსრულება, მონიტორინგი და ინსპექტირება.
- საჯარო პოლიტიკის კვლევა, ანალიზი, მონიტორინგი: მტკიცებულებებსა და მონაცემებზე დაფუძნებული გადაწყვეტილების მიღების პროცესის მხარდაჭერა.
- მიმდინარე საქმეებზე ან შემთხვევებზე დაფუძნებული ანალიზი/არგუმენტაცია (Case base Reasoning), არსებულ მონაცემებზე, ძველ საქმეებზე დაყრდნობით ახალი გადაწყვეტილებების მიღება.

● საჯარო სერვისები და ჩართულობა: მოქალაქეებსა და ბიზნეს სუბიექტებზე ორიენტირებული საჯარო სერვისების მიწოდების გაუმჯობესება, სერვისების პერსონალიზაცია, ლოგიკურ-დედუქციური მეთოდებით ინფორმაციის მნიშვნელობის აღქმა და ამგვარი ინფორმაციის მოძიების გამარტივება; მოქალაქის პრიორიტეტებისა და მოთხოვნების გათვალისწინებით მასზე მორგებული, პერსონალიზირებული საჯარო სერვისების მოძიება და შეთავაზება.

● სუბსიდირება, სოციალური დახმარების მინიჭება: სოციალურ დახმარებას მიკუთვნებული კონკრეტული სამიზნე ჯგუფების გამოვლენა.

<sup>355</sup> S. Ghosh, “Application of Natural Language Processing (NLP) Techniques in E-Governance”, in E-Government Development and Diffusion: Inhibitors and Facilitators of Digital Democracy. PA: Hershey, 2009, pp.122-132.

- შიდა დოკუმენტბრუნვის სისტემები: ორგანიზაციული მართვის სისტემების (კადრები, შესყიდვები, ICT სისტემები) მხარდაჭერა. ხმოვანი მონაცემების დამუშავება - ცხელი ხაზის სისტემები, მათ შორის სასწრაფო სამედიცინო დახმარების ან სხვა საგანგებო სიტუაციების მართვის სისტემები (911, 112) აქტიურად ნერგავენ ხელოვნურ ინტელექტს აუდიო მონაცემების ამოცნობა-დამუშავების მიზნით, რაც კრიტიკულ სიტუაციებში სწორი სტრატეგიის დაგეგმვისა და განმცხადებლის დაუყოვნებლივი დახმარებით მისი გადარჩენის ალბათობას ზრდის.

მაგ.: დანიაში ხელოვნური ინტელექტის სასწრაფო სამედიცინო დახმარების სერვისში დანერგვით, დარეკვის პროცესშივე გულის გაჩერების ამოცნობა პაციენტებში 73 %-დან 93 %-დე გაზარდა<sup>356</sup>. ასევე ესპანეთში ცრუ საპოლიციო შეტყობინებების ამოცნობა სწორედ ხელოვნური ინტელექტის მიერ ხმოვანი დამუშავების შესაბამისად ხორციელდება.

ციფრული ვიზუალური მონაცემებისა და პირის იდენტიფიცირება/ამოცნობის შესაძლებლობები - ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებით შესაძლებელია შეიქმნას სახის ამოცნობის, ვიზუალური მონაცემებისა და პირის იდენტიფიცირების სისტემები. მაგ.: ესტონეთში მთავრობა აგრარული სავარგულების დასამუშავებლად გარკვეულ სუბსიდიებს გასცემს რეგიონის მაცხოვრებლებისთვის. თუმცა, რამდენად მიზნობრივად ხდება გლეხების მიერ ამ თანხების ხარჯვა ხშირ შემთხვევაში ან არაკონტროლირებადი იყო ან არათანაზომიერ ადმინისტრაციულ ხარჯს იწვევდა ინსპექტორების ადგილზე გაგზავნითა და მონიტორინგის სამუშაოების ჩატარებით. ამჟამად კი სატელიტური მონაცემების და სურათების გამოყენებით ესტონეთის მთავრობა ახორციელებს სასოფლო-სამეურნეო მიწებზე აგრარული სამუშაოების ჩატარების კონტროლს<sup>357</sup>.

**ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ცოდნის მენეჯმენტი** - კონკრეტული საქმის აღწერილობით მასთან დაკავშირებული საქმეების, ინფორმაციის, გადაწყვეტილებების მოძიება ექსპერტული ანალიზისთვის. მაგ.: სლოვაკეთის მთავრობა იყენებს ხელოვნურ ინტელექტს სემანტიკური მონაცემების შესაგროვებლად. სამართალწარმოების და დავების გადაწყვეტის ალტერნატიულ საშუალებებში კი პორტუგალია იყენებს ხელოვნურ ინტელექტს.

**კოგნიტური მართვა**, პროცესების ავტომატიზაცია და დაკავშირებული და ავტომატიზებული მანქანები - პროცესების ავტომატიზაციითა და მონაცემებზე დაფუძნებული ხელოვნური ინტელექტის სისტემების ერთობლივი გამოყენებით მომსახურების არაერთი დარგის განვითარება და ორგანიზაციების back-office-ების

<sup>356</sup><https://sifted.eu/articles/ai-that-eavesdrops-on-a-and-e/>

<sup>357</sup>[https://forbes.kz/process/technologies/how\\_estonia\\_uses\\_artificial\\_intelligence\\_in\\_the\\_healthcare\\_legal\\_industry\\_and\\_agriculture/](https://forbes.kz/process/technologies/how_estonia_uses_artificial_intelligence_in_the_healthcare_legal_industry_and_agriculture/)

ოპტიმიზაციაა შესაძლებელი. მაგ.: შვედეთის საჯარო უწყების მუნიციპალიტეტებში დასაქმება ხდება AI რობოტთან ინტერვიუს შედეგად<sup>358</sup>.

**საფრთხეების შესწავლა, ანალიტიკა, დაზვერვა** - ქსელში მოწყვლადობის, სუსტი მხარეების გამოსავლენად და თავდაცვითი გადაწყვეტილებების განსახორციელებლად ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების მაგალითები მსოფლიოში მატულობს. მაგალითად: ნორვეგიის უსაფრთხოების სამსახური კიბერუსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად მავნე კოდის იდენტიფიცირებისთვის იყენებს მანქანურ სწავლებას.

კომპიუტერული პროდუქტების მზარდი მოხმარება ადამიანის უფლებათა დაცვის გარანტორი მარეგულირებელი ჩარჩოების არარსებობის ფონზე, რა თქმა უნდა, მრავალ რისკს და საფრთხეს ქმნის. პრაქტიკულად არ არსებობს, ან ძალზედ მწირია საზოგადოების ინფორმირებულობის დონე იმ კოლოსალური პერსონალური მონაცემების შესახებ, რომლებსაც მანქანური სწავლების ტექნოლოგიები მიეწოდებათ, როგორც ქცევითი მონაცემები.

ონლაინ ტრანზაქციების განხორციელებისას, მომხმარებლები ხშირად ამჟღავნებენ საკუთარ პერსონალურ მონაცემებს (ჯანმრთელობასთან დაკავშირებული, ოჯახური თუ პოლიტიკურ-საზოგადოებრივი მონაცემები), ამის შესახებ პირდაპირი და ცალსახა ინფორმირების გარეშე. უმრავლეს მომხმარებელს ასევე არ აქვს წარმოდგენა როგორ ხდება პერსონალურ მონაცემებზე დაკვირვება, თვალთვალი, და შემდგომ ამ მონაცემებით ვაჭრობა. ჩვენ მიერ ნებით თუ უნებლიედ გამჟღავნებული მონაცემები კი კომპიუტერულ სისტემებს ქცევის პროგნოზირების, ინდივიდუალური პრეფერენციების გამოცნობის საშუალებას აძლევს და ამას ტექნოლოგია აკეთებს გაცილებით მეტი სიზუსტით, ვიდრე ადამიანი.

დღეისათვის „**დაპროგნოზების უნარიანი პროდუქტები**“ სოლიდურ ფასად იყიდება „**ახალი ტიპის**“ საბაზრო სივრცეში და იქმნება 21-ე საუკუნის „**დაზვერვითი კაპიტალიზმი**“. მსგავსი პრაქტიკა, ერთი მხრივ, ცალსახა გამოწვევის წინაშე აყენებს ინდივიდის მიერ პერსონალური მონაცემების კონტროლისა და პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობის უფლების უზრუნველყოფას, და მეორე მხრივ, ცალკეული მულტინაციონალური კომპანიების მხრიდან მონაცემების მონოპოლიზირების საფრთხეებს აჩენს. უფრო მეტიც, ქცევითი მონაცემები და „**პროგნოზირების უნარიანი**“ ტექნოლოგიები ასევე გამოიყენება პირის პერსონალურ პრეფერენციებზე, ქვეცნობიერზე ზეგავლენის მოსახდენად მიწოდებული და ასევე მისაწოდებელი ინფორმაციული რესურსების კონტროლით.

ინდივიდები შეიძლება დაექვემდებარონ მათზე განხორციელებულ ქცევით ექსპერიმენტებს. ფაქტიურად, ალგორითმები, რომლებიც ვიწროდ მიზნობრივია და

<sup>358</sup><https://www.smartcitiesworld.net/news/news/swedish-municipality-deploys-robots-for-safer-recruitment-5251>



შეუძლია ქვეცნობი-ერზე ზეგავლენის მოხდენა, დარწმუნება, ის გავლენას ახდენს ინდივიდის აზრების ჩამოყა-ლიბებასა და დამოუკიდებლად გადაწყვეტილების მიღების შესაძლებლობაზე. ეს ყველაფერი ქმნის ინდივიდებზე მარტივად, ეფექტიანად და უჩინრად მანიპულირების ხელშემწყობ გარემოს. **არამართლზომიერ, მავნე განზრახვით გამოყენებული ხელოვნური ინტელექტი აზიანებს საზოგადოებრივი ცხოვრების ყველა ასპექტს და მთლიანად შეცვლის ჩვენს ყოველდღიურობას.**

ტექნოლოგიური ძალაუფლება უფრო მეტად აქტუალურს ხდის სამართლებრივი კონტროლისა და სახელმწიფოს მხრიდან ზედამხედველობის სხვა დემოკრატიულ მექანიზმებს. მაგალითისთვის აქ შეიძლება გამოვიყენოთ Cambridge Analytica და ეთიკურ საკითხებთან დაკავშირებული სკანდალი. ეს გახლავთ სოციალური მედიის ისტორიაში ერთ-ერთი ყველაზე გახმაურებული ინციდენტი, რომლის დროსაც დონალდ ტრამპის 2016 წლის საარჩევნო კამპანიაში ჩართულმა მონაცემთა პოლიტიკური ანალიზის მწარმოებელმა კომპანიამ - Cambridge Analytica-მ მოიპოვა და დაამუშავა 50 მილიონი Facebook მომხმარებლის (ამერიკული ელექტორატის) პერსონალური მონაცემები მათი თანხმობის გარეშე. შემდგომში ეს კოლოსალური ინფორმაცია გამოყენებული იქნა მათ მიმართ პერსონალიზირებული პოლიტიკური რეკლამირების განსახორციელებლად<sup>359</sup>.

გარდა ზემოაღნიშნული საფრთხეებისა, ასევე საყურადღებოა პერსონალური მონაცემების დამუშავებისას გამოყენებული მეთოდები. მაგალითად, როგორ, რა კრიტერიუმებით ხდება პირების ამა თუ იმ ჯგუფებად კატეგორიზაცია, თუ კი ამ პროცესში სწორად, მართლზომიერად, კანონის შესაბამისად გაწერილი მეთოდი არ იქნა გამოყენებული, შესაძლებელია შეიქმნას **სეგრეგაციისა და დისკრიმინაციის** რისკი, ზოგიერთი პროფაილის მომხმარებელს შესაძლებელია არასაფუძვლიანად მიენიჭოს უპირატესობა სხვებთან შედარებით. ამ ყოველივემ ფუნდამენტურად შეცვალოს ინდივიდების ცხოვრება და სოციალური გარემო.

არასწორი პრეფერენციებით შექმნილმა ალგორითმებმა შეიძლება ჯანდაცვის სერვისების და სოციალური სუბსიდიების, სამსახურში დასაქმების თუ სამართალწარმოების პროცესში არასამართლიანი და არაკანონიერი, არამართლზომიერი გადაწყვეტილების მიღების პრეცედენტი შექმნას.

ასევე ჩნდება **რისკები სიტყვის თავისუფლებისა და თვითგამოხატვის უფლების რეალიზაციასთან დაკავშირებით**, ინტერნეტ შუამავლების მიერ ალგორითმებში გამოყენებული ფილტრაციის მეთოდოლოგიის ღიაობა ასევე ძალიან საყურადღებოა, ისევე როგორც სახის ამომცნობი ტექნოლოგიების გამოყენებისას პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობის, შეკრების თავისუფლებისა და თავისუფლად გადაადგილების უფლების დაცვა.

<sup>359</sup><https://www.cnn.com/2018/03/21/facebook-cambridge-analytica-scandal-everything-you-need-to-know.html>

ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ალგორითმების გამოყენებისას მკაფიო იდენტიფიცირებაა საჭირო რა გავლენას ახდენს ეს ტექნოლოგია და რა შედეგის მომტანია როგორც ინდივიდისთვის, ასევე ჩვენი ცხოვრების სხვადასხვა სფეროსა და გლობალურად ამა თუ იმ ქვეყნის დემოკრატიულ განვითარებაზე. ხელოვნური ინტელექტის დადებითი გავლენა, მის იმპლემენტაციასთან დაკავშირებული რისკები და საფრთხეები არაერთი საერთაშორისო ორგანიზაციის კვლევის საგანი გახდა. **დღესდღეობით არ არსებობს ხელოვნური ინტელექტის საყოველთაოდ შეთანხმებული სამართლებრივი ჩარჩო, მარეგულირებელი სტანდარტები და საერთაშორისო დონეზე შეთანხმებული დღის წესრიგი.**

საყურადღებოა ხელოვნური ინტელექტის შესახებ სხვადასხვა საერთაშორისო აქტორის მიერ მიღებული მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებები, სამართლებრივი ჩარჩო და სტრატეგიული მიდგომები.

### ევროკავშირი

მსოფლიო საზოგადოება, გლობალური ლიდერები აღიარებენ, რომ ხელოვნური ინტელექტით განვითარებული ქვეყანა საკმაოდ ძლიერი კონკურენტული უპირატესობით სარგებლობს საერთაშორისო ასპარეზზე. ევროკავშირი აცხადებს, რომ ადამიანზე-ორიენტირებული ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას ადამიანის უფლებებისა და თავისუფლებების, კანონის უზენაესობისა და დემოკრატიის პრინციპების განხორციელებაში მას დღეს კონკურენტი არ ჰყავს. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება საერთაშორისო სამართლებრივი რეჟიმის მოთხოვნებს ექვემდებარება და ამ მხრივ, **ევროკავშირს**, სხვა საერთაშორისო მოთამაშეებს შორის, წამყვანი როლი უჭირავს. ევროკავშირის სხვადასხვა ინსტიტუტები, მათ შორის ევროკომისია ცალსახად მხარს უჭერს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებას, ახალისებს და ფინანსურ უზრუნველყოფას უცხადებს მის ფართომასშტაბიან დანერგვას. „ევროკავშირში არსებობს ყველა ის ძირითადი ინგრედიენტი, რაც მას ხელოვნური ინტელექტის რეგულაციის პირობებში ლიდერად წარმოაჩენს, საკუთარი მიდგომებისა და ღირებულებების დაცვით.“ - ამ 2018 წლის განცხადებით ევროკომისია იწყებს ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგიის განვითარებას, ცოდნისა და განვითარების, კვლევით პროექტების ფართომასშტაბიან იმპლემენტაციას. ევროკავშირი ხელოვნური ინტელექტის სამართლებრივი ჩარჩოების ანალიზისას, უპირველეს ყოვლისა, ეყრდნობა არსებულ სამართლებრივ გარემოს. უდავოა, რომ **მონაცემთა დაცვის ჩარჩო რეგულაციის (GDPR)<sup>360</sup>** მოქმედება ვრცელდება ხელოვნური ინტელექტის სამოქმედო არეალზე და ამ

<sup>360</sup> GDPR წევრი სახელმწიფოებისაგან მოითხოვს, რომ კანონით „შეუთავსონ ამ რეგულაციით გათვალისწინებული პერსონალურ მონაცემთა დაცვის უფლება გამოხატვისა და ინფორმაციის თავისუფლებას (მათ შორის, პერსონალურ მონაცემთა დამუშავებისას ჟურნალისტური, აკადემიური, სახელოვნებო და ლიტერატურული მიზნებით)

[https://www.echr.coe.int/documents/d/echr/Handbook\\_data\\_protection\\_KAT](https://www.echr.coe.int/documents/d/echr/Handbook_data_protection_KAT)



რეგულაციას ჭეშმარიტად დიდი შესაძლებლობა გააჩნია ხელოვნური ინტელექტის გამჭვირვალობის მაღალი დონის უზრუნველსაყოფად.

**ევროკავშირი**, ერთი მხრივ, მიიღტვის ხელოვნური ინტელექტის სფეროში ტალანტებისა და ინვესტიციების მოსაზიდად, ხოლო, აღნიშნულის საპირწონედ, არანაკლებ მნიშვნელობას ანიჭებს ადამიანის უფლებათა და თავისუფლებათა დაცვის, ევროპული ღირებულებების შენარჩუნებას ტექნოლოგიური ინოვაციების გამოყენების პროცესში. ამ მიმართულებით ბალანსირებული პოლიტიკის გატარება ევროკავშირისთვის მნიშვნელოვანი გამოწვევაა.

GDPR რეგულაციის შვიდი ძირითადი პრინციპი (პერსონალურ მონაცემთა დამუშავების შესახებ) ხელოვნური ინტელექტის შექმნის პროცესიდან დაწყებული გასათვალისწინებელია, ესენია:

- გამჭვირვალობა, სამართლიანობა და კანონიერება;
- დამუშავების მიზნის შეზღუდვა (ე.წ. purpose limitation);
- მონაცემთა მინიმუზაცია;
- სიზუსტე;
- ანგარიშვალდებულება;
- მთლიანობა და კონფიდენციალურობა;
- შენახვის ლიმიტირება.

GDPR-ის გამოყენებისას ნიშანდობლივია სამი ძირითადი უფლების გარანტია:

- **წვდომის უფლება (right of access)** - თითოეულ ინდივიდს აქვს უფლება მოიპოვოს წვდომა იმ პერსონალურ მონაცემებზე, რაც მის შესახებ მუშავდება;
- **დავიწყების უფლება (right to be forgotten)** - მონაცემთა სუბიექტს უფლება აქვს მოითხოვოს დამუშავებული მონაცემების წაშლა, ხოლო დამმუშავებელი ვალდებულია უზრუნველყოს ამ უფლების რეალიზება, თუკი ამ მონაცემების შემდგომი დამუშავების ვალდებულება არ გააჩნია;
- **განმარტების უფლება** - მონაცემთა დამმუშავებელმა უნდა განმარტოს მონაცემთა დამუშავებასთან დაკავშირებით დასმული კითხვები.

მიუხედავად GDPR-ის გამოყენების საკითხზე კონსენსუსისა, მრავალი საკითხი ჯერ კიდევ ბუნდოვანია. მაგალითად: ხელოვნური ინტელექტის მთელი პროცესი საფუძვლებიდან აგებულია დაშვებებზე და ალბათობებზე. ამ დროს GDPR-ის მოთხოვნა ცალსახაა მონაცემთა სიზუსტესთან დაკავშირებით.

ასევე რთულია გამჭვირვალობისა და ანგარიშვალდებულების მოთხოვნების სრულად გათვალისწინება ხელოვნური ინტელექტის ზოგიერთი პროცესის მიმართ ტექნიკური ახსნადობის ლიმიტირებული შესაძლებლობის გამო (მაგ.: ჩაღრმავებული სწავლება, ნეირონული ქსელები); მინიმუზაციის, მიზნის ლიმიტირების, ანონიმიზაციის

პრინციპების პრაქტიკული განხორციელება ხელოვნური ინტელექტის აპლიკაციების მასშტაბურობის, მონაცემთა მასიური ანალიზის ტექნოლოგიური გარემოს პირობებში.

ასევე სრულად ავტომატიზებული პროცესებით (AI-ის შემთხვევაში) მონაცემთა დამუშავება, რაც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ადამიანებზე, თუკი ხელოვნური ინტელექტის მთავარი დანიშნულებაა მონაცემთა უზარმაზარი ნაკადების სკანირება იმისთვის, რომ ტენდენციები გამოავლინოს, პატერნები იპოვოს, მაშინ საწყისშივე პრობლემა ჩნდება GDPR-ის საკვანძო პრინციპებთან(მაგ.: მონაცემები შეგროვება და დამუშავება მხოლოდ კონკრეტულად იდენტიფიცირებულ მიზნისთვის).

**ხელოვნური ინტელექტის (AI) საკითხებზე** ევროკავშირის ფარგლებში მიღებული/გამოცემული არაერთი სარეკომენდაციო ხასიათის სახელმძღვანელო დოკუმენტია, რომელიც წევრ ქვეყნებს ხელოვნური ინტელექტის დანერგვისას კარგ პრაქტიკას სთავაზობს<sup>361</sup>.

ევროკომისია მნიშვნელოვნად მიიჩნევს ევროპის **ePrivacy** რეგულაციისა და **Cybersecurity Act**-ის განახლებას ხელოვნური ინტელექტის მარეგულირებელი ნორმებით, ასევე ამ მიმართულებით კვლევების გაგრძელებას და დაფინანსების გაზრდას.

GDPR-ის მოთხოვნების ხელოვნური ინტელექტის მიმართ გამოყენების საკითხებზე შესაბამის კვლევებს აგრძელებს **Article 29 Working Party** და ევროკავშირის მონაცემთა უსაფრთხოების საბჭო, რომელიც სახელმძღვანელო მითითებებსა და რეკომენდაციებს გამოსცემს AI-ის შემქმნელებისა და მომხმარებლებისთვის. ასეთი სახელმძღვანელო პრინციპებიდან აღსანიშნავია, მაგალითად:

- მონაცემთა სუბიექტების ინფორმირება, რომ მათი მონაცემები გამოიყენება პროფილირებისთვის;
- მონაცემთა დამუშავების მნიშვნელობის, მიზნების, შედეგებისა და შესაძლო გავლენის შესახებ მაქსიმალური ინფორმირება;
- მონაცემთა სუბიექტისთვის მიღებული გადაწყვეტილების არგუმენტირებული ახსნა და მისი გასაჩივრების შესაძლებლობის შესახებ ინფორმირება.

სახელმძღვანელო მითითებები ასევე ცალსახად განსაზღვრავს, რომ მონაცემთა დამუშავება მაქსიმალურად მინიმალური მოცულობით მოხდეს, მონაცემთა შენახვის დროც იყოს ლიმიტირებული აუცილებლობის პრინციპის დაცვით, მონაცემთა დამუშავებელი ან უფლებამოსილი პირი უნდა იღებდეს პასუხისმგებლობას მონაცემთა დამუშავების პროცესზე. ასევე ხელოვნური ინტელექტის აპლიკაციის შემქმნელი უნდა

<sup>361</sup> ევროკომისია “White Paper on Artificial Intelligence – A European Approach to excellence and trust”, 2020 წელი ([https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf));

2) ევროკომისია „Report on the safety and liability implications of Artificial Intelligence, the Internet of Things and robotics“, 2020 წელი (<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?qid=1593079180383&uri=CELEX%3A52020DC0064>);

3) ევროკავშირის საბჭო „Governance of the Artificial Intelligence Strategy for Europe“ (<https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-11352-2018-INIT/en/pdf>);

4) ევროპის ეკონომიკური და სოციალური კომიტეტი „Opinion about AI“ (<https://www.eesc.europa.eu/en/our-work/opinions-information-reports/opinions/artificial-intelligence-consequences-artificial-intelligence-digital-single-market-production-consumption-employment-and>)

პასუხობდეს შეკითხვას: - რამდენად აუცილებელია ამა თუ იმ მონაცემის დამუშავება სისტემის ფუნქციონირებისთვის.

## ევროპის საბჭო

**რისკი** - ტექნოლოგიებმა არ უნდა იქონიოს ნეგატიური გავლენა იმ ძირითად ევროპულ ღირებულებებზე, რომელზეც, როგორც ფუნდამენტზე, დგას ევროპული ქვეყნების გაერთიანება ევროკავშირის სახით და რომლის დასაცავადაც შექმნილია ევროპის საბჭო.

ევროპის საბჭო მნიშვნელოვანი საერთაშორისო მოთამაშეა, როდესაც საქმე ეხება ადამიანის უფლებების, დემოკრატიისა და კანონის უზენაესობის მოთხოვნებისა და გარანტიების დაცულობას ტექნოლოგიურ სივრცეში. მაგალითისთვის, ევროპის საბჭოს მიერ შემუშავებულია ინტერნეტ მმართველობის სტრატეგია 2016-2019<sup>362</sup>, ისევე როგორც მისი განახლებული პროექტი - „ციფრული მმართველობის სტრატეგია 2020-2023“.

ევროპის საბჭოს ხელოვნური ინტელექტის შესახებ Ad-hoc კომიტეტი<sup>363</sup> (CAHAI), რომლის მთავარი დანიშნულებაა ხელოვნური ინტელექტის სამართლებრივი ჩარჩოების, მარეგულირებელი ნორმების, სტანდარტების და ეთიკური პრინციპების შესწავლა-ანალიზი. რა თქმა უნდა, ევროპის საბჭოს ქოლგის ქვეშ არსებული ეს ინსტიტუტი განსაკუთრებულ აქცენტს აკეთებს ადამიანის უფლებათა ევროპული სტანდარტების, დემოკრატიისა და კანონის უზენაესობის დაცვის მხარეებზე ხელოვნური ინტელექტის შექმნის, განვითარებისა და გამოყენების სტადიებზე. კომიტეტი დაფუძნდა 2019 წელს, იგი აერთიანებს 47 ქვეყნის წარმომადგენლებს, მათ შორის საქართველოდან (სახელმწიფო ინსპექტორის აპარატი) და ასევე დამკვირვებლის სტატუსით ჩართულ ქვეყნებს (მაგ. კანადა) და ამ სფეროში ინტერესის მქონე საერთაშორისო ორგანიზაციებს - გაერო, ევროკავშირი, ეუთო.

CAHAI-ის სამუშაო გარემო საკმაოდ ფართომასშტაბიანი და ინკლუზიურია, მასში აქტიურად ჩართულია მრავალი დაინტერესებული მხარე, მათ შორის კერძო კომპანიები, აკადემიური და კვლევითი სექტორი, არასამთავრობო ორგანიზაციები.

CAHAI ევროპის საბჭოს მნიშვნელოვანი უფლებამოსილი რგოლია ხელოვნური ინტელექტის სამართლებრივი ნორმებისა და ეთიკური სტანდარტების განსაზღვრის სფეროში. იგი სამი სამუშაო ჯგუფისგან შედგება, რომლებიც შემდეგი თემატური მიმართულებით მუშაობენ:

- 1) ხელოვნური ინტელექტის პოლიტიკის განმსაზღვრელი (Policy Development) ჯგუფი;
- 2) ხელოვნური ინტელექტის სამართლებრივი კვლევების ჯგუფი;
- 3) კომუნიკაციებისა და კონსულტაციების ჯგუფი.

<sup>362</sup><https://edoc.coe.int/fr/internet/7128-internet-governance-council-of-europe-strategy-2016-2019.html>

<sup>363</sup><https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/cahai>

CAHAI-ის სამუშაო ჯგუფის მიზანშეწონილობის კვლევაში (ე. წ. **Feasibility Study**) ასახულია ხელოვნური ინტელექტის მარეგულირებელი საერთაშორისო სამართლებრივი ინსტრუმენტები, ეთიკური სახელმძღვანელო მითითებები, ხელოვნური ინტელექტის შესახებ ეროვნული ინსტრუმენტების, პოლიტიკისა და სტრატეგიების მიმოხილვა, არსებული საერთაშორისო და ეროვნული ინსტრუმენტების უპირატესობები, ნაკლოვანებები და შეზღუდვები.

ევროპის საბჭოს ფარგლებში უკანასკნელი წლების განმავლობაში შემუშავებულია მნიშვნელოვანი სამართლებრივი ინსტრუმენტები, სტანდარტები, ანგარიშები და ინიციატივები, რომლებიც ნაწილობრივ ეხება და გავლენას ახდენს ხელოვნური ინტელექტის განვითარებაზე<sup>364</sup>. ასევე ინფორმაციული და სახელმძღვანელოდ გამოსაყენებელია ხელოვნური ინტელექტის თანამედროვე ტენდენციებზე ევროსაბჭოს შესაბამისი კვლევები და ანგარიშები<sup>365</sup>.

### ეკონომიკური განვითარებისა და თანამშრომლობის ორგანიზაციის (OECD) ხელოვნური ინტელექტის სამუშაო ჯგუფი

OECD-ი ხელოვნურ ინტელექტს განმარტავს, როგორც „მანქანურ ტექნოლოგიებზე დაფუძნებულ სისტემას, რომელსაც შეუძლია, ადამიანის მიერ განსაზღვრული მიზნების

---

<sup>364</sup>1) “Unboxing Artificial Intelligence: 10 steps to protect Human Rights“ ევროპის საბჭოს ადამიანის უფლებათა კომისარის რეკომენდაციები, 2019 წელი (<https://rm.coe.int/unboxing-artificial-intelligence-10-steps-to-protect-human-rights-reco/1680946e64>);

2) ევროპის საბჭოს მინისტრთა კომიტეტის დეკლარაცია “On the manipulative capabilities of algorithmic processes”, 2019 წელი ([https://search.coe.int/cm/pages/result\\_details.aspx?objectid=090000168092dd4b](https://search.coe.int/cm/pages/result_details.aspx?objectid=090000168092dd4b));

3) ევროპის საბჭოს ადამიანის უფლებათა და კანონის უზენაესობის გენერალური დირექტორატი „ხელოვნური ინტელექტისა და მონაცემების დამუშავების შესახებ სახელმძღვანელო მითითებები“, 2019 წელი (<https://rm.coe.int/guidelines-on-artificial-intelligence-and-data-protection/168091f9d8>);

4) ევექტური მართლმსაჯულების ევროპული კომისიის (CEPEJ) „European Ethical Charter on the Use of Artificial Intelligence in Judicial Systems and their environment“, 2018 წელი 5) ევროპის საბჭოს საპარლამენტო ასამბლეის რეკომენდაცია „Technological convergence, artificial intelligence and human rights“, 2017 წ.

<https://pace.coe.int/pdf/eb957373c02acc48df23359a09d52367e46172953326667a8259ffe25682ae848428feba12/recommendation%202102.pdf>

<sup>365</sup>1) ევროპის საბჭოს კვლევა „A study of the implications of advanced digital technologies (including AI systems) for the concept of responsibility within a human rights framework“, 2019

(<https://pace.coe.int/pdf/eb957373c02acc48df23359a09d52367e46172953326667a8259ffe25682ae848428feba12/recommendation%202102.pdf>);

2) „Governing the Game Changer – Impacts of artificial intelligence development on human rights, democracy and the rule of law“, ევროპის საბჭოს კონფერენციის დასკვნები, ჰელსინკი, 2019 წელი (<https://rm.coe.int/conclusions-from-the-conference/168093368c>);

3) ევროპის საბჭოს ადამიანის უფლებათა და კანონის უზენაესობის გენერალური დირექტორატი „Artificial Intelligence and Data Protection: Challenges and Possible Remedies“, 2018 წელი (<https://rm.coe.int/artificial-intelligence-and-data-protection-challenges-and-possible-re/168091f8a6>);

4) ევროპის საბჭოს ანტიდისკრიმინაციული დეპარტამენტისთვის შესრულებული აკადემიური კვლევა „დისკრიმინაცია, ხელოვნური ინტელექტი და ალგორითმების მიერ გადაწყვეტილების მიღება“, 2018 წელი

(<https://rm.coe.int/discrimination-artificial-intelligence-and-algorithmic-decision-making/1680925d73>); 5) ევროპის საბჭოს კვლევა ”STUDY ON THE HUMAN RIGHTS DIMENSIONS OF AUTOMATED DATA PROCESSING TECHNIQUES (IN PARTICULAR ALGORITHMS) AND POSSIBLE REGULATORY IMPLICATIONS“, 2018 (<https://rm.coe.int/algorithms-and-human-rights-studyon-the-human-rights-dimension-of-aut/1680796d10>)



გათვალისწინებით, შეიმუშაოს პროგნოზები და რეკომენდაციები ან მიიღოს გადაწყვეტილებები, რომლებიც გავლენას ახდენს რეალურ ან ვირტუალურ გარემოზე.

AI სისტემები შექმნილია სხვადასხვა დონის ავტონომიური ხარისხით მუშაობისთვის”<sup>366</sup>.

2019 წელს 42-მა ქვეყანამ ხელი მოაწერა ეკონომიკური განვითარებისა და თანამშრომლობის ორგანიზაციის OECD-ის ხელოვნური ინტელექტის პრინციპებს, რომლის მიზანია ქვეყნების შეთანხმება ხელოვნური ინტელექტის უსაფრთხოდ, სამართლიანად და სანდოდ გამოყენება/განვითარებაზე.

OECD-ის ხელოვნური ინტელექტის პრინციპებია<sup>367</sup>:

- 1) ინკლუზიური ზრდა, მდგრადი განვითარება და კეთილდღეობა;
- 2) ადამიანზე ორიენტირებული ღირებულებები და სამართლიანობა;
- 3) გამჭვირვალობა და ახსნადობა;
- 4) სიმტკიცე, უსაფრთხოება და საიმედოობა;
- 5) ანგარიშვალდებულება.

OECD-ი ხელმომწერ სახელმწიფოებს რეკომენდაციას აძლევს<sup>368</sup>:

- 1) AI-ის კვლევასა და განვითარებაში ინვესტირება;
- 2) AI-ის ხელშემწყობი ციფრული ეკოსისტემის განვითარება;
- 3) AI-ის ხელშემწყობი მარეგულირებელი ჩარჩოების ჩამოყალიბება;
- 4) ადამიანური კაპიტალის განვითარება და შრომითი ბაზრის ტრანსფორმირება;
- 5) საერთაშორისო თანამშრომლობა სანდო AI-ის მომავლისთვის.

### გაერთიანებული ერების ორგანიზაცია (UN)

გაეროს სისტემის ფარგლებში 35-ზე მეტი სპეციალური დაწესებულება თუ ორგანო იყენებს ხელოვნურ ინტელექტს მსოფლიოში არსებულ სხვადასხვა მნიშვნელოვან გამოწვევასთან გასამკლავებლად, მათ შორის ჰუმანიტარული კრიზისები თუ კლიმატის ცვლილებები. ყოველწლიურად გაეროს სპეციალიზებული ორგანიზაცია - საერთაშორისო სატელეკომუნიკაციო კავშირი ატარებს გლობალურ სამიტს - “AI for Good Global Summit”<sup>369</sup>, რომელიც წარმოადგენს AI ინოვაციებისა და სხვა დაინტერესებული მხარეების ჩართულობით გლობალური და ინკლუზიური დიალოგის პლატფორმას და

<sup>366</sup><https://legalinstruments.oecd.org/en/instruments/OECD-LEGAL-0449>

<sup>367</sup> OECD-ის ხელოვნური ინტელექტის პრინციპებია: <https://www.oecd.org/going-digital/ai/principles/>

<sup>368</sup> OECD-ის საბჭოს რეკომენდაციები ხელოვნური ინტელექტის შესახებ, 2019.

<sup>369</sup> AI for Good-ის მიზანია AI-ის პრაქტიკული აპლიკაციების იდენტიფიცირება გაეროს მდგრადი განვითარების მიზნების წინსვლისთვის და ამ გადაწყვეტილებების მასშტაბირება გლობალური გავლენისთვის. ეს არის გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მოქმედებაზე ორიენტირებული, გლობალური და ინკლუზიური პლატფორმა AI-ზე. <https://aiforgood.itu.int/about-ai-for-good/>

მისი მიზანია ხელოვნური ინტელექტის შესაძლებლობების განვითარებისა და გამოყენების საერთო ხედვაზე ჩამოყალიბება. გაეროს სპეციალური მომხსენებლები, ხელოვნური ინტელექტისა და ადამიანის უფლებების შესახებ კვლევებისა და ანგარიშების<sup>370</sup> წარმოებით, მნიშვნელოვან რეკომენდაციებს და სახელმძღვანელო მითითებებს აძლევენ ქვეყნებს, რომლებსაც **ხელოვნური ინტელექტის** ადამიანის უფლებების დაცვის მაღალი სტანდარტით დანერგვა სურთ.

პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობის შესახებ გაეროს სპეციალური მომხსენებელი, ჟოზეფ კანატაჩი და მისი ხელმძღვანელობით არსებული სამუშაო ჯგუფები ამუშავებს „**ხელოვნური ინტელექტის გადაწყვეტილებებში პერსონალურ მონაცემთა დაცვის სახელმძღვანელო მითითებებს**“ გაეროს ადამიანის უფლებათა საყოველთაო დეკლარაციისა და სამოქალაქო და პოლიტიკურ უფლებათა საერთაშორისო კონვენციის მოთხოვნების შესაბამისად. ამ ეტაპზე კვლევითი დოკუმენტის პროექტი წარდგენილია გაეროს წევრ ქვეყნებთან უკუკავშირის მოსაპოვებლად.

გაეროს ადამიანის უფლებათა საყოველთაო დეკლარაციის მე-7 მუხლი (დისკრიმინაციის აკრძალვა) და მე-12 მუხლი (პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობა), სამოქალაქო და პოლიტიკურ უფლებათა საერთაშორისო კონვენციის მე-2, მე-3 და მე-17 მუხლი ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას სავალდებულოა შესასრულებლად შეთანხმების ხელმოწერი ყველა წევრი სახელმწიფოსთვის. სახელმძღვანელო მითითებებში აღნიშნულია ალგორითმების საჯაროობის აუცილებლობა, ისევე როგორც მათ საფუძველზე გადაწყვეტილების მიღების პროცედურების, კრიტერიუმების შეწონილი ქულების და სხვა ნაბიჯების შესახებ ინფორმაციის გამჭვირვალობა.

**ხელოვნური ინტელექტის** მიერ მისაღები გადაწყვეტილებები და შესაძლო შედეგები უნდა იყოს განჭვრეტადი და აუცილებელია იდენტიფიცირდეს ყველა შემთხვევა, როცა ხელოვნური ინტელექტის მიერ მიღებული გადაწყვეტილება და დამდგარი შედეგი არ არის ახსნადი, განჭვრეტადი, პროგნოზირებადი და არ ჯდება დადგენილ პატერნებში.

**ხელოვნური ინტელექტის** მიერ მიღებული გადაწყვეტილებების მონიტორინგი უნდა ხორციელდებოდეს ადამიანის და არა „მანქანის“ მიერ.

**ხელოვნური ინტელექტის** გამოყენებისას დიდი მონაცემების რაოდენობასა და ხარისხს გადაწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება. შესაბამისად, კრიტიკულად აუცილებელია გამოყენებულ მონაცემთა ბაზების შესახებ ინფორმაციისა და მათი დამუშავების საფუძვლების საჯაროდ ხელმისაწვდომობა.

**ხელოვნური ინტელექტის** განვითარება უნდა მოხდეს ეთიკური, მორალური და სამართლებრივი მექანიზმებით კონტროლირებად გარემოში. პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობის შესახებ გაეროს სპეციალური მომხსენებელი ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას 7 ძირითადი პრინციპის დაცვისკენ მოგვიწოდებს:

---

<sup>370</sup> აზრისა და გამოხატვის თავისუფლებისა შესახებ გაეროს სპეციალური მომხსენებლის ანგარიში „Implications of artificial intelligence technologies for human rights in the information environment“ (<https://www.undocs.org/A/73/348> ), 2018 წელი; 2) United Nations – Secretary-General’s High-level Panel on Digital Cooperation (<https://www.un.org/en/digital-cooperation-panel/> ) 3) United Nations – Special Rapporteur on the promotion and protection of the right to freedom of opinion and expression (<https://undocs.org/A/73/348> )

1. იურისდიქცია. მნიშვნელოვანია, რომ ხელოვნური ინტელექტის შექმნისა და გამოყენების პროცესში მკაფიოდ იქნას განსაზღვრული ის სამართლებრივი ჩარჩო, რომელიც გამოიყენება მის მიმართ. ამით მიიღწევა იურიდიული შედეგების განჭვრეტადობა და სამოქალაქო ბრუნვის მდგრადობა.

2. სამართლებრივი საფუძვლები და მიზნის ლიმიტირება. ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებულ გადაწყვეტილებას აუცილებლად სჭირდება მყარი სამართლებრივი საფუძველი პერსონა-ლურ მონაცემთა დამუშავებისთვის.

3. ანგარიშვალდებულება - ხელოვნური ინტელექტის გადაწყვეტილებები უნდა ექვემდებარებოდეს ანგარიშვალდებულებისა და პასუხისმგებლობების უზრუნველყოფა მექანიზმებს. შესაძლებელი უნდა იყოს ალგორითმებისა და მათი შექმნა-გამოყენების პროცესის შეფასება, კონტროლი და აუდიტი.

4. კონტროლი - **AI გადაწყვეტილებები** უნდა იყოს მონაცემთა დამუშავების სრული კონტროლის ქვეშ. სისტემის პირველადი დიზაინის იდეიდან საბოლოო რეალიზაციამდე და მისი ფუნქციონირების შეწყვეტამდე, ზედამხედველობა უნდა ხორციელდებოდეს მონაცემების დამუშავების პროცესზე. კერძოდ, რა მონაცემები მუშავდება AI-ის მიერ, რომელი პარამეტრები და მონაცემთა საზომები წარმოადგენს გადაწყვეტილების მიღების საფუძველს და როგორ უნდა იყოს ისინი ერთმანეთის შეწონილი. შედეგები უნდა დაექვემდებაროს მუდმივი მონიტორინგის პროცესს, შესაძლო მიკერძოებისა და დისკრიმი-ნაციის საკითხები უნდა შემოწმდეს და გამოსწორდეს როგორც სისტემის გაშვებამდე, ასევე რეგულარული ინტერვალებით მისი მოქმედების ყველა ფაზაში.

5. გამჭვირვალობა და განმარტებადობა (Explainability) - ხელოვნური ინტელექტის სისტემის მიმართ დაინტერესებულ მხარეებსა და მომხმარებლებს ნდობა არ ჩამოუყალიბდებათ, თუკი სისტემის შესაძლებლობების, შესრულებული ამოცანებისა და დამდგარი შედეგების მიზეზ-შედეგობრივი კავშირის ღიად და ცალსახად დემონსტრირება არ მოხდება. ხელოვნური ინტელექტის გადაწყვეტილება უნდა იყოს ერთმნიშვნელოვნად აღქმადი და პროცესებისა და შედეგების თვალსაზრისით განჭვრეტადი.

6. მონაცემთა სუბიექტის უფლებები, რომელიც მოიცავს სუბიექტის მიერ თანხმობის გამოწვევას, რასაც არ შეიძლება მოჰყვეს ნეგატიური შედეგები მისთვის. ასევე მონაცემთა სუბიექტს უნდა ჰქონდეს შესაძლებლობა მოითხოვოს უფლებამოსილი პირის მიერ გადაწყვეტილების მიღება, თუკი არსებობს ეჭვი, რომ ხელოვნური ინტელექტის გადაწყვეტილება მცდარია ან არასწორ მონაცემებს ეყრდნობა.

7. გარანტიები. კონტროლის მექანიზმების დანერგვა ორგანიზაციულ ჭრილში აუცილებელი წინაპირობაა რისკებისა და საფრთხეების შესაფასებლად და მათთან გასამკლავებლად. ISO 27000 (ინფორმაციული უსაფრთხოების მართვის სისტემა) 27701 (პერსონალურ მონაცემთა დაცვის ჭრილში) ერთ-ერთი შემოთავაზებაა მონაცემთა დაცვის, რისკების გამოვლენისა და საპასუხო ღონისძიებების განსაზღვრად.

## UNESCO

გაერთიანებული ერების განათლების, მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციის (იუნესკო) განცხადებით, მსოფლიომ პოზიტიურად უნდა გამოიყენოს **ხელოვნური ინტელექტის** მნიშვნელოვანი პოტენციალი მდგრადი განვითარების მიზნების მისაღწევად, ცოდნის საზოგადოების (**knowledge society**) განსავითარებლად და სოციალურ-ეკონომიკური პროგრესის მისაღწევად<sup>371</sup>. იუნესკოს მთავარი მიმართულება არის ადამიანზე ორიენტირებული ხელოვნური ინტელექტის განვითარებაზე მუშაობა.

კერძოდ, ორგანიზაცია იკვლევს როგორ უნდა მოხედრხდეს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება კაცობრიობის პროგრესის მისაღწევად, ადამიანის უფლებების უზრუნველსაყოფად, ცოდნისა და გამოცდილების გასაძლიერებლად, ინკლუზიური ციფრული მედია წიგნიერების გასაძლიერებლად.

## G20

2019 წელს იაპონიაში გამართულ G20-ის ქვეყნების ვაჭრობისა და ციფრული ეკონომიკის მინისტრები შეთანხმდნენ **ადამიანზე ორიენტირებული ხელოვნური ინტელექტის** განვითარების ვალდებულებებზე, რომელიც ეფუძნება OECD-ის ხელოვნური ინტელექტის რეკომენდაციებს. მინისტრები აღიარებენ, რომ ქვეყნებს შორის მონაცემთა თავისუფალი და უსაფრთხო გაცვლა მნიშვნელოვანია ციფრული ეკონომიკის განვითარებისთვის. ამ პროცესში კი საერთაშორისო სამართლის ნორმების დაცვა, ისევე როგორც მონაცემთა უსაფრთხოების, ინტელექტუალური საკუთრების, პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობის პატივისცემა აუცილებელი მოთხოვნებია.

G20-ის ქვეყნები მნიშვნელოვნად მიიჩნევენ **ხელოვნური ინტელექტის** გარშემო დისკუსიების გაგრძელებას ისეთ თემებზე, როგორცაა ინკლუზიური ზრდა, მდგრადი განვითარება და კეთილდღეობა, ადამიანზე ორიენტირებული ღირებულებების, სამართლიანობის, გამჭვირვალობის, უსაფრთხოებისა და დაცულობის, ანგარიშვალდებულების პრინციპების ასახვა **ხელოვნური ინტელექტის** სისტემებში<sup>372</sup>.

## კვლევითი ორგანიზაციების გლობალური ინიციატივები

<sup>371</sup> “ON A POSSIBLE STANDARD-SETTING INSTRUMENT ON THE ETHICS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE”, 2019 წელი <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000369455>

<sup>372</sup> Ministerial Statement on Trade and Digital Economy – Human Centered Artificial Intelligence <https://www.mofa.go.jp/files/000486596.pdf>



ხელოვნური ინტელექტის თემატიკაზე მსოფლიო მასშტაბით არაერთი კერძო ინიციატივა და პლატფორმაა შექმნილი. მათ შორის აღსანიშნავია:

- European Expertise and Expert Institute (EEEI),
- Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE),
- AI Transparency Institute,
- AccessNow,
- The Future Society,
- Homo Digitals,
- Article 19,
- Algorithm Watch.

მსოფლიოს უმსხვილესმა ტექნოლოგიურმა ორგანიზაციამ - **The Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)** წამოიწყო გლობალური ინიციატივა ავტონომიური და ინტელექტუალური სისტემების ეთიკური ნორმების შესახებ, რომლის მიზანია ახალი ტექნოლოგიების, მათ შორის, **ხელოვნური ინტელექტის** გამოყენებისას დაცული და გარანტირებული იყოს ადამიანის უფლებები და კეთილდღეობა, ადამიანის უფლებათა გლობალური სტანდარტების, მათ შორის ადამიანის უფლებათა ევროპული კონვენციის (ECHR)-ისა და „პერსონალური მონაცემების ავტომატური დამუშავებისას ფიზიკური პირების დაცვის შესახებ“ 108+ მოდერნიზებული კონვენციის შესაბამისად.

IEEE-ს ასევე შემუშავებული აქვს ავტონომიური და ინტელექტუალური სისტემების ეთიკური სერტიფიცირების პროგრამა და სტანდარტიზაციის სახელმძღვანელო.

Human Rights Watch-ი, როგორც ადამიანის უფლებადამცველი ორგანიზაცია, იკვლევს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას ადამიანის უფლებების დარღვევის საქმეებს მსოფლიოს ნებისმიერ კუთხეში, სწავლობს ლეტალური ავტონომიური შეიარაღების გამოყენების პრაქტიკას, სახის ამომცნობი საშუალებების დანერგვას უმცირესობების მონიტორინგისა და პროფილირებისთვის, ასევე საპენსიო დანაზოგების არასწორი გადანაწილებისა და შემცირების შემთხვევებს.

ტორონტოს დეკლარაცია მანქანური სწავლების სისტემებში თანასწორობის უფლებისა და დისკრიმინაციის თავიდან აცილების შესახებ (Toronto Declaration), ინიცირებული იყო 2018 წელს Amnesty International-ის, Human Rights Watch, Wikimedia Foundation-ის და სხვა მნიშვნელოვანი მოთამაშეების მიერ.

### საერთაშორისო გამოცდილების მაგალითები

ხელოვნური ინტელექტის განვითარების დონით ქვეყნების მზაობის შეფასება მნიშვნელოვანია საერთაშორისო ლიდერების, გლობალური ტენდენციებისა და რეგიონული კონკურენტუნარიანობის შესაფასებლად.

ამ თვალსაზრისით საინტერესო საქმიანობას ეწევა ბრიტანეთში დაფუძნებული საერთაშორისო საკონსულტაციო ჯგუფი - „Oxford Insight“-ი, რომელიც, ერთი მხრივ,

სხვადასხვა ქვეყნებს რეკომენდაციას უწევს როგორ განავითარონ **ხელოვნურ ინტელექტზე** დაფუძნებული გადაწყვეტილებები, ხოლო, მეორე მხრივ, 2017 წლიდან შესაბამისი მეთოდოლოგიითა და კრიტერიუმებით ამუშავებს 172 ქვეყნის ხელოვნურ ინტელექტთან დაკავშირებულ მონაცემებს და აქვეყნებს სახელმწიფოების ხელოვნური ინტელექტის მზაობის ინდექსს.

**ხელოვნური ინტელექტის მზაობის ინდექსი სამი კომპონენტისა და შესაბამისი ათი მიმართულებისგან შედგება:**

- მმართველობითი კომპონენტი: მიზნები, მმართველობითი ჩარჩო და ეთიკური ნორმები, ციფრული უნარები და ადაპტირების უნარი.
- ტექნოლოგიური სექტორი: ადამიანური კაპიტალი, ინოვაციური შესაძლებლობები, ტექნოლოგიური სექტორის მასშტაბი.
- მონაცემები და ინფრასტრუქტურა: ინფრასტრუქტურა, მონაცემთა ხელმისაწვდომობა, მონაცემთა ხარისხი. Oxford Insight-ის „AI Readiness Index 2020“-ის მიხედვით, AI-ის სახელმწიფო მზაობის თვალსაზრისით 172 ქვეყანას შორის პირველი ათეული ასე გამოიყურება: აშშ, დიდი ბრიტანეთი, ფინეთი, გერმანია, საფრანგეთი, სინგაპური, სამხრეთ კორეა, დანია, ჰოლანდია და ნორვეგია. თუმცა, აქვე აღსანიშნავია, რომ ამავე ორგანიზაციის მიერ **“Responsible AI”**ის თვალსაზრისით ჩატარებული კვლევის შედეგები აჩვენებს, რომ ყველაზე მეტად წესებისა და პრინციპების, სამართლებრივი და ეთიკური მოთხოვნების დაცვით **ხელოვნურ ინტელექტს** ავითარებს ევროკავშირის წევრი ქვეყნები, მათი პირველი ხუთეული ამგვარი ნუსხით ფორმირდება: **ესტონეთი, ნორვეგია, ფინეთი, შვედეთი, დანია.**

სკანდინავიურ-ბალტიურ ქვეყნებს ჩამორჩება აშშ და ბრიტანეთი პასუხისმგებლობის დაცვით **ხელოვნური ინტელექტის** გამოყენების თვალსაზრისით, ხოლო რუსეთი, ჩინეთი და ინდოეთი ყველაზე დაბალი ქულებით შეფასდა.

**ამერიკის შეერთებული შტატები** იყო პირველი ქვეყანა 2016 წელს, რომელმაც მიიღო AI-ის ეროვნული სტრატეგია. აშშ-ის კვალდაკვალ სტრატეგიული ჩარჩოები მალევე შეიმუშავეს ჩინეთმა, დიდმა ბრიტანეთმა, სამხრეთ კორეამ, საფრანგეთმა და ფინეთმა. თუკი განვაზოგადებთ, აშშ თავისი სილიკონ ველის მაღალტექნოლოგიური ჰაბითა და კერძო სექტორის ინოვაციურობით უპირობო უპირატესობას ფლობს, თუმცა ევროკავშირი სტრატეგიული და სამართლებრივ-ეთიკური ჩარჩოების განვითარების მაღალი დონით გამოირჩევა.

**აშშ:** ყველაზე მეტი, ფართომასშტაბიანი და გავლენიანი კვლევები AI-ის სფეროში დღემდე განხორციელდა აშშ-ში, 3,000 სტუდენტი ყოველწლიურად სწავლობს და იკვლევს ხელოვნურ ინტელექტს, 1,400-მდე სტარტაპი და მსოფლიოს 10-დან 7 უმსხვილესი AI კომპანია მუშაობს ამ სფეროში. ყოველივე ეს, ზემოაღნიშნული კვლევითი ცენტრების, უნივერსიტეტების, კომპანიებისა და საჯარო სტრუქტურების

მრავალწლიანი თანამშრომლობითი გამოცდილებით, აშშ ცალსახად აყალიბებს AI-ის გლობალურ ლიდერად.

ქვეყნაში არსებობს თავდაცვის დეპარტამენტისა და ხელოვნური ინტელექტის ერთობლივი განყოფილება, რომლის მიზანია აშშ-ის თავდაცვის უნარიანობის განვითარება და სამხედრო გადაწყვეტილებებში AI-ის დანერგვა.

აშშ-ი ხელოვნური ინტელექტის კომერციალიზაციის მიმართულებითაც აქტიურად მუშაობს და ასევე ცდილობს ამ დარგის ძლიერი ექსპერტების მოძიებასა და ინტელექტუალური რესურსების იმპორტს ქვეყანაში.

**ჩინეთი:** ხელოვნური ინტელექტის მსოფლიო ლიდერობისთვის აშშ-ის სერიოზული კონკურენტია ჩინეთი. 2030 წლისთვის იგი აპირებს თავისი სტრატეგიული გეგმით მოიპოვოს მსოფლიო დომინანტობა და აღიარებს ხელოვნურ ინტელექტს, როგორც სტრატეგიულ უპირატესობას ცოდნის ეკონომიკაში.

**ჩინეთში 2017 წელს მიღებული სტრატეგია სამი ძირითადი საკითხის გარშემო ჩამოყალიბებული:**

ა) დაეწიოს წამყვან ქვეყნებს და შექმნას 19 მილიარდი ევროს ღირებულების AI ეკონომიკა და მასთან დაკავშირებული სფეროები - 126 მილიარდის ღირებულებით.

ბ) 2025-ისთვის გახდეს ლიდერი მსოფლიოში 51 მილიარდ ევროს AI ეკონომიკითა და მასთან დაკავშირებული სფეროების - 635 მილიარდი ღირებულებით.

გ) გახდეს ერთპიროვნული სუპერძალა 2030-ში 130 მილიარდი ევროს AI ეკონომიკითა და მასთან დაკავშირებული სფეროების - 1.2 ტრილიონი ევროს ღირებულებით.

ჩინეთი ერთადერთი ქვეყანაა, რომელიც ხელოვნური ინტელექტის განვითარების შეფასებას მაკროეკონომიკური მაჩვენებლებით და ინდიკატორებით ზომავს.

**სამხრეთ კორეა:** სამხრეთ კორეა ორიენტირებულია ხელოვნური ინტელექტის ტალანტების მოძიება-გადამზადებაზე, კვლევითი კომპონენტის გაძლიერებაზე, მეცნიერებისა და ეკონომიკის სექტორების თანამშრომლობით პროექტებზე.

**ევროკავშირის წევრი ქვეყნები და დიდი ბრიტანეთი:** ხელოვნური ინტელექტის განვითარების, მისი რეგულირებისა და მართვის მიზნით, ყველაზე მეტი სტრატეგია ევროკავშირის წევრ ქვეყნებშია შექმნილი, ევროკავშირის თითქმის ყველა წევრ ქვეყანას შემუშავებული აქვს სტრატეგიული ჩარჩო და სამოქმედო გეგმა ხელოვნური ინტელექტის განვითარებისთვის.

ბულგარეთი, ხორვატია, საბერძნეთი, რუმინეთი, სლოვენია, ჯერ კიდევ 2020-ის დასრულებამდე გეგმავდნენ შესაბამისი სტრატეგიების დამტკიცებას. ევროკავშირის წევრი ქვეყნების უმრავლესობაში სტრატეგიები 2019-2020 წლებში მიიღეს<sup>373</sup>.

**საფრანგეთის AI სტრატეგია:** მთავარი აქცენტები კვლევაზე და სამიზნე ჯგუფების შექმნაზე კეთდება, რომლებიც ფოკუსირებულ საკითხებს შეისწავლიან და მოამზადებენ

<sup>373</sup>[https://ec.europa.eu/knowledge4policy/ai-watch/national-strategies-artificial-intelligence\\_en](https://ec.europa.eu/knowledge4policy/ai-watch/national-strategies-artificial-intelligence_en)

რეკომენდაციებს. 2018 წლის სტრატეგიის სახელწოდებაა „ხელოვნური ინტელექტი კაცობრიობისთვის“ და მასში რამდენიმე მნიშვნელოვანი საკითხი გამოიყოფა:

- 1) ღია მონაცემების პოლიტიკის განვითარება: სახელმწიფო სექტორში არსებული გამოუყენებელი მონაცემებისთვის „მეორე სიცოცხლის“ მინიჭება და მათი გასაჯაროება საზოგადოებრივი სიკეთის შესაქმნელად.
- 2) მარეგულირებელი ჩარჩოების და ხელშემწყობი გარემოს შექმნა ინოვაციური AI პროდუქტებისთვის (მაგ.: უპილოტო ავტომობილები).
- 3) სახელმწიფო სექტორში გამოყენებული ყველა ალგორითმის საჯაროობა, ზოგადად AI-ის გამჭვირვალობის პრინციპის მაქსიმალურ დონეზე უზრუნველყოფა, რისთვისაც ქმნის ექსპერტთა პანელებს/საბჭოს და დამკვირვებელთა ჯგუფებს. ალგორითმები უნდა დაექვემდებაროს აუდიტის შემოწმებას, განჭვრეტადობას მოქმედებისა და შედეგობრივ ჭრილში.
- 4) ხელოვნური ინტელექტის ყველაზე აქტიურად გამოსაყენებელ დარგებად საფრანგეთი ასახელებს ჯანდაცვას, ტრანსპორტს, გარემოს დაცვას, უსაფრთხოებასა და თავდაცვას.
- 5) საფრანგეთი ცალსახად განსაზღვრავს, რომ ხელოვნური ინტელექტის მიერ მიღებულ გადაწყვეტილებებზე პასუხისმგებელი და ანგარიშვალდებულია ამგვარი სისტემების გამომყენებელი ორგანიზაციები.
- 6) AI-ის გაშვებამდე უნდა ჩატარდეს გავლენის შეფასების კვლევა დისკრიმინაციის, მიკერძოების და გამორიცხვის მიმართულებით. გერმანია: გერმანიას შექმნილი აქვს საკმაოდ მრავლისმომცველი სამართლებრივი ბაზა ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას (განსაკუთრებით თვითმართვადი ავტომობილების შემთხვევაში) პასუხისმგებლობების, უფლებების, ანგარიშვალდებულებების შესახებ. მაგალითად, ინციდენტის დროს მოქალაქეთა დისკრიმინაცია აკრძალულია. გერმანიაში არსებობს თვითმართვადი საშუალებების ეთიკური კომისია, რომელიც სახელმძღვანელო პრინციპებს გამოსცემს. ასევე, დაფუძნებულია ალგორითმების მიერ გადაწყვეტილების მიღების სოციალური შედეგების კვლევაზე მომუშავე ეროვნული კომისია.

**გაერთიანებული სამეფო:** ბრიტანეთის ლორდთა პალატა და საინფორმაციო კომისრის ოფისი აქტიურად მუშაობს ხელოვნური ინტელექტის საკითხებზე. ლორდთა პალატა ხელოვნური ინტელექტის ალგორითმების აღქმადობაზე აკეთებს აქცენტს, ხოლო მონაცემთა დაცვის კომისია კი მარეგულირებელი და სამართლებრივი ჩარჩოების ჩამოყალიბებაზე ახორციელებს კვლევებს და შეიმუშავებს რეკომენდაციებს<sup>374</sup>.

**ბრიტანეთი** აპირებს დიდი ინვესტიციის ჩადებას ხელოვნური ინტელექტის მიმართულებით საგანმანათლებლო სფეროში. ქვეყანაში რამდენიმე სტრუქტურაა შექმნილი ხელოვნური ინტელექტისთვის, ასეთებია მინისტერიალის სამუშაო ჯგუფი,

<sup>374</sup><https://ico.org.uk/media/for-organisations/documents/2013559/big-data-ai-ml-and-data-protection.pdf>



ხელოვნური ინტელექტის საბჭო, მონაცემთა ეთიკისა და ინოვაციების ცენტრი, მთავრობის ციფრული სერვისებისა და ხელოვნური ინტელექტის ოფისი<sup>375</sup>.

**ფინეთი:** ფინეთში შექმნილია ხელოვნური ინტელექტის მაღალი დონის ექსპერტთა ჯგუფი, რომლის დანიშნულებაცაა შეისწავლოს გარემოებები ქვეყნის შიგნით ხელოვნური ინტელექტის საინოვაციო ბაზრის განსავითარებლად.

**სკანდინავიურ-ბალტიური ქვეყნების ჯგუფი** მიიჩნევს, რომ თავიდან უნდა იქნეს არიდებული ზედმეტი რეგულაციები და მთელი ძალისხმევა ხელოვნური ინტელექტის სტანდარტიზაციისკენ იყოს მიმართული. ინფრასტრუქტურა, პროგრამული უზრუნველყოფა, ტექნიკა, მონაცემები, რომლებიც ხელოვნური ინტელექტის შესაქმნელად გამოიყენება დაფუძნებული უნდა იყოს ურთიერთ-თავსებადობის, პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობის, უსაფრთხოების, სანდოობის, კეთილსინდისიერი გამოყენებისა და პორტატულობის სტანდარტებზე.

**დანია:** დანია ხელოვნურ ინტელექტს განიხილავს ქვეყნის „ციფრული ზრდისა და განვითარების“ კონტექსტში. მონაცემთა ღიაობის წახალისება, რეგულაციების შემსუბუქება და მოქნილი სამართლებრივი გარემოს შექმნა, კიბერუსაფრთხოების გაძლიერება - ეს არის ამ ქვეყნის მიდგომა ხელოვნური ინტელექტის განვითარების პროცესში.

**ნორვეგია:** ეთიკურად, პასუხისმგებლობის დაცვითა და სანდოობის მაღალი დონით ხელოვნური ინტელექტის დანერგვა არის ნორვეგიის ხელოვნური ინტელექტის სტრატეგიის ამოსავალი ქვაკუთხედი. სტრატეგიაში აღნიშნულია, რომ:

- ხელოვნური ინტელექტი ქმნის კონკურენტულ უპირატესობას;
- თეორიიდან - პრაქტიკამდე ეთიკური AI-ის დანერგვა სექტორული სტანდარტებისა და მოთხოვნების გათვალისწინებით; ნორვეგიის მონაცემთა დაცვის ინსპექტორი განახორციელებს ალგორითმების ინსპექტირება-აუდიტს;
- ხელოვნური ინტელექტისთვის საჭირო უნარ-ჩვევებით აღჭურვილ ახალ ტალანტებს უზრუნველყოფს შესაბამისი განათლების სისტემა; ნორვეგია შეეცდება სკანდინავიური შესაძლებლობების კონცენტრაციას NLP-ის (ბუნებრივი ენის დამუშავება - Natural language Processing) განვითარების პროექტებში.

**შვედეთი:** ხელოვნური ინტელექტის შესახებ შვედეთის სტრატეგია ოთხ მთავარ მიმართულებაზე კონცენტრირდება: განათლება და სწავლება; კვლევა; ინოვაცია და გამოყენება; ჩარჩოები და ინფრასტრუქტურა.

**იტალია:** ხელოვნურ ინტელექტზე ძირითადი საჯარო პოლიტიკის დოკუმენტი „ხელოვნური ინტელექტი ხალხის სამსახურში“ ახალისებს საჯარო სექტორს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისკენ. მნიშვნელოვანია, რომ საჯარო შესყიდვების პროცესი AI-ისთან დაკავშირებით იყოს გამჭვირვალე, AI რობოტების მიერ ზიანის

<sup>375</sup><https://www.gov.uk/government/collections/a-guide-to-using-artificial-intelligence-in-the-public-sector>

მიყენების შემთხვევებში იდენტიფიცირებულია პასუხისმგებლობისა და დამდგარი ზიანის მარეგულირებელი სამართლებრივი ჩარჩო.

ამჟამად იტალია იყენებს ევროკავშირის მიერ დაფინანსებულ მანქანური სწავლების - მონაცემთა მოპოვების კონტრ-ტერორისტულ საშუალებას - DANTE (Detecting and Analysing Terrorists)<sup>376</sup>. აღნიშნული სისტემა არაერთ კითხვას აჩენს სამართალდამცავი ორგანოების მიერ პროფილირებისა და პროცედურული ნორმების დაცვის თვალსაზრისით.

**ესპანეთი:** ესპანეთის მთავრობა იკვლევს ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების ეკონომიკურ სექტორებს, შესაძლო სოციალურ გავლენას შრომით ბაზარზე და ამ ტექნოლოგიის მიერ ადამიანების ძალაუფლებით აღჭურვას.

### ხელოვნური ინტელექტი და ეთიკური სტანდარტები

ცნობილია რომ, ეთიკური პრინციპები და ნორმები ე. წ. „რბილ“ სამართლებრივ მექანიზმად აღიქმება, რომელიც შესასრულებლად სავალდებულო ხასიათის მატარებელი არ არის, თუმცა მისი დაცვა კარგი მმართველობითი პრაქტიკის, ძლიერი კორპორატიული კულტურის ჩამოყალიბებას უწყობს ხელს და ორგანიზაციის მაღალ რეპუტაციულ და პასუხისმგებლურ მიდგომებზე მიუთითებს.

უკანასკნელ ათწლეულში ხელოვნური ინტელექტის ეთიკურ გამოყენებაზე კვლევით-სამეცნიერო ორგანიზაციების, საჯარო და კერძო სექტორების, აკადემიური წრეების, კომპანიების არაერთი ნაშრომი გამოქვეყნდა, რომელთა მრავალფეროვნების მიუხედავად, მთავარ საკითხში ყველა დაინტერესებული მხარე ერთ კონკრეტულ მიდგომას ავითარებს - ხელოვნური ინტელექტის მხოლოდ „ეთიკურად“ გამოყენებითაა შესაძლებელი საზოგადოებრივი კეთილდღეობის და სოციალურ-ეკონომიკური პროგრესის მიღწევა. ასევე, საინტერესოა, ხელოვნური ინტელექტის რეალიზების თითოეულ ეტაპზე სავალდებულო და ნებაყოფლობითი მოთხოვნების თანაკვეთა. კერძოდ, ეთიკური პრინციპების, ტექნიკური სტანდარტების, საუკეთესო პრაქტიკის და სხვა მსგავსი არასავალდებულო მმართველობითი ინსტრუმენტების კორელაცია კანონის უზენაესობის, დემოკრატიის, ადამიანის უფლებების ფუნდამენტურ პრინციპებთან.

**ხელოვნური ინტელექტი** სამართლებრივ-ეთიკურ ვაკუუმში არ იქმნება. პირიქით, ტექნოლოგიურ გადაწყვეტილებას თან ახლავს მისი მმართველობითი მოდელისა და თვითრეგულირების ჩარჩოების შექმნის პროცესი.

**ხელოვნური ინტელექტის** რბილი მარეგულირებელი ძალა, თვითრეგულაცია ეთიკური პრინციპების ფორმით ყველაზე აქტიურად მუშავდება და გამოიყენება

<sup>376</sup> DANTE მოგაწვდით ავტომატიზირებულ მონაცემებს, ანალიტიკურ გადაწყვეტილებებს და ინტეგრირებულ სისტემას, რათა აღმოაჩინოს, მოიძიოს და გააანალიზოს უზარმაზარი ჰეტეროგენული და რთული მულტიმედიაური და მრავალენოვანი (ხუთ ენაზე) ტერორისტებთან დაკავშირებული კონტენტი როგორც Surface-დან, ასევე Deep Web, მათ შორის Dark Nets.  
<https://cordis.europa.eu/project/id/700367>

ევროპისა და ჩრდილოეთ ამერიკის ქვეყნებში, განსაკუთრებით კი ევროსაბჭოს წევრი-სახელმწიფოების მიერ.

**ხელოვნური ინტელექტის** თვითრეგულირების განვითარებისთვის არაერთი ინიციატივა ხორციელდება აშშ-ში, დიდი ბრიტანეთში, გერმანიაში, ფინეთში, ბელგიაში, იაპონიაში, ჰოლანდიაში, სინგაპურში, ესპანეთში, ჩინეთში, საფრანგეთში, ინდოეთში, სამხრეთ კორეასა და ნორვეგიაში.

ევროკავშირის ფარგლებში ამ მიმართულებით განხორციელებულ ინიციატივებს შორის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანია ევროკავშირის ხელოვნური ინტელექტის მაღალი დონის ექსპერტთა ჯგუფის მიერ შემუშავებული ეთიკური წესები სანდო ხელოვნური ინტელექტის შესახებ (**EU High Level Expert Group on Artificial Intelligence – Ethical Guidelines for Trustworthy Artificial Intelligence**)<sup>377</sup>.

აღნიშნული ჯგუფის მიერ გამოყოფილია **სამი ძირითადი მახასიათებელი**, რომელთა კომბინირებული მთლიანობა ქმნის სანდო ხელოვნური ინტელექტის სტანდარტს, ეს სამი მოთხოვნა ხელოვნური ინტელექტის მიმართ შემდეგია:

- 1) ხელოვნური ინტელექტი უნდა იყოს კანონშესაბამისი;
- 2) ის უნდა იყოს ეთიკური და პასუხობდეს ეთიკურ და ღირებულებით პრინციპებს;
- 3) ის უნდა ქმნიდეს ძლიერ და მედეგ გარემოს, როგორც ტექნოლოგიური, ასევე სოციალური კონიუქტურის გათვალისწინებით. ხელოვნურმა ინტელექტმა არ უნდა გამოიწვიოს ზიანი ან შექმნას ამგვარი ზიანის საფრთხე.

**სანდო ხელოვნური ინტელექტის** შესახებ ეთიკურ გზამკვლევებში დასახელებულია ხელოვნური ინტელექტის მიმართ შემდეგი ძირითადი პრინციპები:

- 1) ადამიანური ზედამხედველობა ტექნოლოგიაზე;
- 2) ტექნოლოგიური სიძლიერე და უსაფრთხოება;
- 3) პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობა და მონაცემების მართვა;
- 4.) გამჭვირვალობა;
- 5) მრავალფეროვნება, არადისკრიმინაციულობა, სამართლიანობა;
- 6) სოციალური და გარემოსდაცვითი კეთილდღეობა;
- 7) ანგარიშვალდებულება.

საჯარო და არასამთავრობო ორგანიზაციების, ასევე კერძო კომპანიებისა და აკადემიური წრეების მიერ შემუშავებული ეთიკური სახელმძღვანელო წესები, რა თქმა უნდა, არ შეიძლება ჩავთვალოთ საკანონმდებლო მოთხოვნების ჩამნაცვლებელ მექანიზმებად, თუმცა მათი პოზიტიური წვლილი არც ისე მცირეა.

ეთიკურ ნორმებს შეუძლიათ პრაქტიკული ზეგავლენა მოახდინონ ხელოვნური ინტელექტის შესახებ გადაწყვეტილების მიღების პროცესებზე და ხელი შეუწყონ **AI სისტემის** განვითარებას სოციალური სიკეთისთვის და ეთიკური ღირებულებებისა და იურიდიული ნორმების დაცვაში.

<sup>377</sup><https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/ethics-guidelines-trustworthy-ai>

ხელოვნურ ინტელექტთან დაკავშირებით ყველაზე მნიშვნელოვან ეთიკურ პრინციპებს შორის გამოყოფენ გამჭვირვალობას, სამართლიანობას, პასუხისმგებლობას, პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობას, ზიანისგან დაცვას - ეს ხუთი ეთიკური პრინციპი თითქმის ყველა აქამდე შემუშავებულ დოკუმენტში დასახელებული და ყველაზე ფართოდ გამოყენებულია, თუმცა ევროკავშირის, ევროპის საბჭოს და სხვა ქვეყნების დოკუმენტების ანალიზის<sup>378</sup> საფუძველზე 11 მნიშვნელოვანი ეთიკური პრინციპი შეგვიძლია დავასახელოთ:

1. **გამჭვირვალობა** (ღიაობა, ახსნადობა, ინტერპრეტაცია, კომუნიკაცია, დემონსტრირება, გამჟღავნება) ეთიკურ სტანდარტებს შორის გამჭვირვალობას ყველაზე ძლიერი მხარდაჭერა გააჩნია, ზოგიერთი ექსპერტი მას არა პრინციპად, არამედ სხვა ყველა ეთიკური ნორმის პრე-რეკვიზიტად, წინარე კონდიციად მიიჩნევს, ვინაიდან სხვა ნორმების აღსრულება სწორედ გამჭვირვალე პროცესების არსებობით არის შესაძლებელი.

- ალგორითმებისა და მონაცემთა დამუშავების მეთოდების საჯაროობა - ხელოვნური ინტელექტი უნდა იყოს ახსნადი, მისი მოქმედება და მიღებული შედეგები გარკვევადი და გაანალიზებადი ადამიანების მიერ. შესაბამისად, ის იძლევა აუდიტის ან სხვაგვარი შემოწმების ჩატარების შესაძლებლობას. ხელოვნური ინტელექტი არ უნდა იყოს „შავი ყუთი“<sup>379</sup>, არამედ - მკაფიოდ ინტერპრეტირებადი ტექნოლოგიური გადაწყვეტილება.

- ხელოვნური ინტელექტის სისტემების შექმნის, განვითარებისა და გამოყენების პროცესში ადამიანის ქმედებების გამჭვირვალობა. ამ შემთხვევაში მთელი აქცენტი გადატანილია ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების პრაქტიკისა და AI-ის სტრატეგიების საჯაროობაზე, მონაცემთა სუბიექტებისთვის პერსონალური ინფორმაციის დამუშავების შესახებ ინფორმაციის გამჟღავნებაზე, საზედამხედველო ორგანოებისთვის სრულფასოვნად პროცესში ჩართულობის უზრუნველყოფაზე.

2. **სამართლიანობა** (თანმიმდევრულობა, ჩართულობა, თანასწორობა, მიუკერძოებლობა, მრავალფეროვნება, ხელმისაწვდომობა, შეუქცევადობა, გამოწვევა, წვდომა) სამართლიანობა, თანასწორობა, მიუკერძოებლობა უპირველესად გულისხმობს ალგორითმების ისე შექმნას და გამოყენებას, რომ მაქსიმალურად იქნას აცილებული პრეფერენციული მიკუთვნებები, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს დისკრიმინაცია. მონაცემთა ბაზების კომპილაციისა და მათი „სწავლების“ დროს ინკლუზიის, მრავალფეროვნებისა და თანასწორობის ყველა შესაძლებლობის გათვალისწინება. ასევე,

<sup>378</sup> “AI Ethics Guidelines: European and Global Perspectives Provisional report by Marcello Ienca\* and Effy Vayena” <https://rm.coe.int/cahai-2020-07-fin-en-report-ienca-vayena/16809eccac>

<sup>379</sup> შავი ყუთი - ტერმინი მეცნიერებაში, კომპიუტერულ ტექნოლოგიასა და ინჟინერიაში, რომლითაც აღინიშნება მოწყობილობა, სისტემა ან ობიექტი, რომელიც აღქმულია მასში შემავალი (საწყისი) და გამომავალი (გადაამუშავებული) ინფორმაციის ჭრილში, მუშა პროცესის ცოდნის ან გაგების გარეშე. [https://ka.wikipedia.org/wiki/შავი\\_ყუთი](https://ka.wikipedia.org/wiki/შავი_ყუთი)



სამართლიანობის პრინციპის იმპლემენტაცია გულისხმობს გადაწყვეტილების გასაჩივრებისა და შესაძლო კომპენსირების მიღების შესაძლებლობასაც.

**3. ზიანისგან დაცვა** (უსაფრთხოება, სიფრთხილე, მთლიანობა) - ცალსახაა, რომ ხელოვნურმა ინტელექტმა არ უნდა გამოიწვიოს განზრახ თუ გაუფრთხილებლობითი ზიანი. თუმცა, ისიც ცხადია, რომ ტექნოლოგიები არის ჰაკერული შეტევების, კიბერთავდასხმების სამიზნე და შესაბამისად, ტექნოლოგიების საშუალებით ზიანის მიყენების რისკიც მზარდია. დაუზიანებლობის პრინციპის რეალიზებისას შესაძლებელია სექტორული ტექნიკური სტანდარტების დამკვიდრება, ტექნოლოგიებში გამოყენებული მონაცემთა ხარისხის შეფასება პროდუქტის ან მომსახურების შექმნის პროცესში მონაცემთა დაცვის სტანდარტებისა და ჩარჩოების გათვალისწინებით (**security and privacy by design**). ასევე მნიშვნელოვანია დაინტერესებული მხარეების ჩართულობა, მათი ინტერესების მხედველობაში მიღება, კანონმდებლობის მოთხოვნათა თანმიმდევრულად აღსრულება, ზედამხედველობის პროცესებისა და შემოწმების, მონიტორინგისა და აუდიტის პრაქტიკის დამკვიდრების აუცილებლობა შიდა უწყებრივი ერთეულების, მესამე გარეშე პირების, დამოუკიდებელი ინსტიტუტების, კონკრეტული მომხმარებლების მხრიდან.

**4. პასუხისმგებლობა (ანგარიშვალდებულება)** - ეს პრინციპი ჯერ კიდევ მრავალი დისკუსიის საგანია. კერძოდ, საერთაშორისო საზოგადოება ვერ თანხმდება, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას ქმედებებსა და დამდგარ შედეგებზე ვინ იღებს პასუხისმგებლობას: ტექნოლოგია, მისი შემქმნელი კონკრეტული პირები თუ მომხმარებელი ორგანიზაციები. თუმცა, ცალსახა ტენდენცია იკვეთება, რომლის მიხედვითაც არა ტექნოლოგია, არამედ უფლებამოსილი პირი ან ორგანო უნდა იყოს პასუხისმგებელი ტექნოლოგიურ გადაწყვეტილებებსა და დამდგარ შედეგებზე.

**5. პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობა** (პერსონალური მონაცემების დაცვა, კონფიდენციალურობა) - მონაცემებზე დაფუძნებული ტექნოლოგიების დანერგვისას (**data intensive technologies**) პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობის, პერსონალურ მონაცემთა უსაფრთხოებისა და დაცულობის უფლების რეალიზება ხშირად დგება გამოწვევის წინაშე. პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობა ხელოვნური ინტელექტის გამოყენებისას შესაძლოა რამდენიმე გზით იქნას მიღწეული:

1) ტექნოლოგიური გადაწყვეტილებები, როგორცაა **Differential privacy** (მონაცემთა აგრეგირება პირის იდენტიფიცირების გამომრიცხავი ფორმით), პერსონალურ მონაცემთა კონფიდენციალურობის დაცვით კომპუტაცია (**privacy-preserving computation**), ჰომომორფული დაშიფვრა (მანქანური სწავლების და ხელოვნური ინტელექტის სისტემის მიერ მონაცემები მუშავდება დაშიფრულ ფორმატში, რაც ამცირებს მათი გამჟღავნების რისკს);

2) საზოგადოების, მონაცემთა სუბიექტების ჩართულობის ზრდა მათი ცნობადობის დონის გაძლიერებით;

3) ხელოვნური ინტელექტის მარეგულირებელი სამართლებრივი ჩარჩოების მკაფიო მოთხოვნების განსაზღვრა.

**6. სარგებლიანობა** (სარგებელი, საერთო კეთილდღეობა, სოციალური სიკეთე) - ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების წახალისებისთვის შექმნილი სტრატეგიები, როგორც წესი, აღიარებს, რომ ეს ტექნოლოგია არა რომელიმე სამიზნე ჯგუფის ან მომხმარებლის სარგებლიანობას უნდა იწვევდეს, არამედ მიმართული უნდა იყოს საზოგადოებრივი კეთილდღეობის, ზოგადსაკაცობრიო წინსვლისა და ადამიანის ფუნდამენტური ღირებულებების დაცვისკენ, ძალაუფლების კონცენტრაციის მინიმიზაციის გათვალისწინებით.

**7. თავისუფლება და ავტონომია** (თვითგამორკვევა, არჩევანი, თანხმობა, ძალაუფლებით აღჭურვა) - ხელოვნური ინტელექტი ხელს უნდა უწყობდეს არაერთი უფლებისა და თავისუფლების რეალიზებას, მათ შორის გამოხატვის თავისუფლებას, ინფორმაციულ თვითგამორკვევას, პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობისა და პიროვნული ავტონომიის უფლებების დაცვას. ეს ერთგვარი პოზიტიური მოთხოვნებია ხელოვნური ინტელექტის მიმართ, თუმცა ნეგატიური შედეგების თავიდან ასაცილებლად ასევე მნიშვნელოვანია AI-მა უზრუნველყოს ადამიანების ტექნოლოგიური ექსპერიმენტებისგან, მანიპულირებისა და თვალთვალისგან დაცვა, რისთვისაც სხვა მექანიზმებთან ერთად, მნიშვნელოვანია, გამჭვირვალე და ახსნადი AI-ის გამოყენება, AI-ის შესახებ ცნობიერების დონის ზრდა, ინფორმირებული თანხმობების მიღების პოლიტიკის დაცვა.

**8. სანდობა.** სანდობის რაციონალური დონის შენარჩუნება მრავალი საერთაშორისო დისკუსიის საგანია. კერძოდ, რამდენად გამართლებულია მორალურად ტექნოლოგიის მიმართ ნდობა, ხომ არ გამოიწვევს გაზრდილი ნდობა ტექნოლოგიური გადაწყვეტილების შემოწმების საკითხის უგულვებელყოფას? თუკი, პირიქით, საჭიროა საზოგადოებრივი ცნობიერების ამალღებითა და სწავლებებით ნდობის გაძლიერება. მნიშვნელოვანია, რომ AI სარგებლობდეს ბალანსირებული ნდობით მომხმარებლების, ისევე როგორც შემქმნელების მხრიდან. ამ მხრივ კი მნიშვნელოვანია განათლება, ანგარიშვალდებულება, AI-ის სისტემების საიმედოობა, მთლიანობის მონიტორინგი და შეფასება დროის ფარგლებში და სტანდარტებთან შესაბამისობით.

**9. მდგრადობა.** AI-ისთან დაკავშირებით აქტიურად არ გამოიყენება, თუმცა მაინც გამოყოფენ ხელოვნური ინტელექტის გავლენას ეკოსისტემაზე, ბიომრავალფეროვნებაზე, შრომით ბაზარსა და უმუშევრობაზე, მონაცემების მდგრად დამუშავებაზე.

**10. ღირსება.** ხელოვნური ინტელექტის მიერ ადამიანის ღირსების მაღალი დაცვის სტანდარტი მიღწეული იქნება, თუკი ეს პრინციპი თავიდანვე ჩადებულია მისი შექმნის არქიტექტურაში, დაცულია საკანონმდებლო მოთხოვნები, ახალი მმართველობითი ინიციატივები ან მთავრობის მიერ გაცემული ტექნიკური და მეთოდური სახელმძღვანელო პრინციპები.

**11. სოლიდარობა.** სოლიდარობა ძირითადად დაკავშირებულია შრომით ბაზარზე ადამიანის უფლებების დაცვის პრობლემატიკასთან, ვინაიდან დგება AI-ის სარგებლის გადანაწილების საჭიროება, რათა არ შეიქმნას სოციალური მდგრადობის საფრთხე და

მეტად იქნას გათვალისწინებული პოტენციურად დაუცველი პირებისა და ჯგუფების ინტერესები. ხელოვნური ინტელექტის ეთიკურ თვითრეგულირებაზე მუშაობს არაერთი ქვეყნის როგორც საჯარო, ასევე არასამთავრობო სექტორი, რაც იმის მანიშნებელია, რომ ეს საკითხი ყველა სფეროსთვის დიდი მნიშვნელობის მატარებელია, მრავალი დაინტერესებული მხარის ჩართულობასა და ინკლუზიურ მიდგომებს საჭიროებს.

საერთაშორისო დონეზე შეთანხმებული ეთიკური ხელოვნური ინტელექტის განსაზღვრება არ არსებობს. ქვეყნები არაერთგვაროვანი, ზოგიერთ შემთხვევაში, არა ურთიერთთავსებადი მიდგომებით მოქმედებენ. თუმცა, თუნდაც ეროვნულ დონეზე, **ეთიკური პრინციპების** იდენტიფიცირება ცალსახად წინ გადადგმული ნაბიჯია. ეს მხოლოდ საწყისი ეტაპია, რომელიც შემდგომ განვითარებას მოითხოვს. ამ ეტაპზე მნიშვნელოვანია იდენტიფიცირებული ეთიკური ნორმების გადათარგმნა მკაფიოდ განსაზღვრულ მოქმედებებში, იმპლემენტაციისთვის შესაბამისი წესებისა და მექანიზმების ჩამოყალიბება, კონფლიქტურ ინტერესთა არსებობისას მოქმედების სახელმძღვანელო ნორმების შემუშავება, განხორციელების პროცესში ჩართული მთავარი და დამხმარე ფაქტორების, საზედამხედველო კომპეტენციების შეთანხმება.

ასევე, მნიშვნელოვანია, ევროკავშირის მონაცემთა დაცვის დამოუკიდებელი საზედამხედველო ორგანოს (**European Data Protection Supervisor- EDPS<sup>380</sup>**) **ხელოვნური ინტელექტის ეთიკური მხარის შესახებ დოკუმენტი**, რომლის მიხედვითაც:

- პიროვნების ღირსება ციფრულ ეპოქაში არ უნდა იქნას შელახული.
- პიროვნება და პირადი მონაცემები არ არის ერთმანეთისგან გამიჯნული.
- ციფრული ტექნოლოგიები საფრთხეს უქმნის დემოკრატიული მმართველობის საფუძვლებს.
- ციფრული მონაცემების დამუშავება ახალი ფორმის დისკრიმინაციის შესაძლებლობებს აჩენს.
- მონაცემების „საქონლად“ ქცევა იწვევს ღირებულების ან მნიშვნელობის გადატანას ინდივიდიდან მისი პერსონალური მონაცემების მიმართ.

## საქართველო და ხელოვნური ინტელექტი

საქართველოში დღემდე არ არსებობს **ხელოვნური ინტელექტის** მარეგულირებელი სამართლებრივი ბაზა, ეროვნული განვითარების კონცეფცია, სტრატეგია და სამოქმედო გეგმა. **ხელოვნური ინტელექტის** რეგულირების ერთეული მაგალითები გვხვდება როგორც საჯარო, ასევე კერძო სექტორში, თუმცა მათი ფუნქციონირებისა და განვითარების საკითხები ვიწრო-ორგანიზაციულ ჭრილში ხორციელდება, ვინაიდან ქვეყანას არ გააჩნია ერთიანი ეროვნული ხედვა, რომელთან თავსებადობაც რომელიმე ამ კერძო შემთხვევისთვის მოთხოვნადი იქნებოდა.

<sup>380</sup> [https://edps.europa.eu/about/transparency/public-access-documents-register\\_en](https://edps.europa.eu/about/transparency/public-access-documents-register_en)

ხელოვნური ინტელექტის საჯარო სექტორში გამოყენების რამდენიმე მაგალითია საჯაროდ ხელმისაწვდომი, ესენია:

- საქართველოს საბაჟო ტერიტორიაზე დეკლარირებული საქონლის მიმართ საბაჟო კონტროლის განხორციელებისას საბაჟო მონაცემთა ავტომატიზებული სისტემა “ASYCUDA”-ს მეშვეობით გამოსაყენებელი რისკების მართვის სისტემა<sup>381</sup>.

საბაჟო გაფორმების პროცესში რისკების მართვის პროცესი, როდესაც დეკლარირებული საქონლის მონაცემების რისკის კრიტერიუმებთან თანხვედრის შემთხვევაში სისტემაში რეგისტრირებული დეკლარაციისათვის განისაზღვრება შესაბამისი დერეფანი და განბაჟების პროცედურა. შემოსავლების სამსახური აპირებს ჩატ-ბოტების გამოყენებას საგადასახადო-საბაჟო კონსულტაციების პროცესში. ასევე, მნიშვნელოვანია, დღგ-ის ზედმეტობის ავტომატური დაბრუნების სისტემაც.

- ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს ტურიზმის ეროვნული ადმინისტრაციის კამპანია სოციალურ მედიაში („ემოციები არის საქართველო“) ტურისტების მიერ საქართველოს შესახებ გამოთქმული შთაბეჭდილებების გაანალიზება ხელოვნური ინტელექტის მეშვეობით<sup>382</sup>.

- საქართველოს შინაგან საქმეთა სამინისტროს მიერ პიროვნების სახის ამომცნობი და ავტოსატრანსპორტო საშუალების სახელმწიფო ნომრის ამომცნობი ანალიტიკური პროგრამული უზრუნველყოფა. ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების სამართლებრივი რეგულირების თვალსაზრისით მნიშვნელოვანია საქართველოს ეროვნული ბანკის პრეზიდენტის მიერ 2020 წელს გამოცემული ბრძანება „მონაცემებზე დაფუძნებული სტატისტიკური, ხელოვნური ინტელექტის და მანქანური სწავლების მოდელების რისკების მართვის დებულების დამტკიცების თაობაზე“. ეს დებულება ეროვნული ბანკის საზედამხედველო სუბიექტებს (მაგ.: კომერციული ბანკები, მიკროსაფინანსო ორგანიზაციები) სტატისტიკური, ხელოვნური ინტელექტის და მანქანური სწავლების სისტემების დანერგვისას განუსაზღვრავს ამ მოდელების შექმნის, აუთოსინგის და გაშვება-განვითარების ეტაპებზე რისკების მართვის პრინციპებს და ადმინისტრაციულ - ორგანიზაციული კონტროლის მექანიზმებს. დებულებით მოთხოვნილია პროცესებისა და მექანიზმების ჩამოყალიბების აუცილებლობა, მათი დოკუმენტირება, სისტემის და მოდელების კონტროლისა და აუდიტის ფორმები, მონაცემების გამოყენებისას აუცილებლად დასაცავი მოთხოვნები. მონაცემების ხარისხის მიმართ დადგენილია შემდეგი სტანდარტი: 1) მონაცემების სისრულე; 2) მონაცემების თავსებადობა; 3) მონაცემების დროულობა; 4) მონაცემების ხელმისაწვდომობა; 5) აუდიტის კვალი. ასევე, მნიშვნელოვანია, რომ მოდელის გამომყენებელმა სუბიექტებმა უნდა შეიმუშაონ ეთიკური პრინციპები და ასევე, კომერციული ბანკების შემთხვევაში, გამოიყენონ ეროვნული ბანკის „ეთიკის პრინციპებისა და პროფესიული ქცევის სტანდარტების კოდექსით“ განსაზღვრული შესაბამისი პრინციპები.

<sup>381</sup><https://matsne.gov.ge/ka/document/view/81454?publication=3>

<sup>382</sup><https://gnta.ge/ge/emotion-are-georgia/>

აღნიშნული დებულება ამოქმედდება 2021 წლიდან და მისი მიზანია ფინანსურ ინსტიტუტში ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული მოდელების გამჭვირვალობა პროცესების დაგეგმვა-კონტროლისა და დოკუმენტირების გზით, ასევე ხელოვნურ ინტელექტთან დაკავშირებული რისკის მართვის მაღალი სტანდარტის დამკვიდრება.

აღმოსავლეთ პარტნიორობის (EaP) ქვეყნებისთვის DG NEAR-ისა და DG CONNECT-ს მიერ 2018 წელს ორგანიზებული კვლევის („ინოვაციებსა და სტარტაპ ეკოსისტემები“) მიხედვით, ხელოვნური ინტელექტის განვითარების თვალსაზრისით, საქართველო საგრძნობლად ჩამორჩება აღმოსავლეთ პარტნიორობის ისეთ ქვეყნებს, როგორცაა სომხეთი და მოლდოვა, და მხოლოდ მცირედით უსწრებს EaP-ის საშუალო მაჩვენებელს.

რეგიონის ლიდერი ამ თვალსაზრისით სომხეთია, სადაც ხელოვნურ ინტელექტზე მომუშავე არაერთი სტარტაპი ფუნქციონირებს. კვლევის შედეგები აჩვენებს, რომ საქართველოში ყველაზე დიდი დანაკლისი ICT-ის და ინოვაციების სწავლების სფეროებს შორის მოდის ხელოვნურ ინტელექტზე, ელლოჯისტიკაზე, ღია API-სა და ღია მონაცემებზე, ინდუსტრია 4.0, სმარტ კონტრაქტებზე<sup>383</sup>.

ასევე საინტერესოა OXFORD INSIGHT-ის მიერ ჩატარებული კვლევა - AI Readiness Index 2020, რომლის ფარგლებშიც შეფასდა 172 ქვეყანა ხელოვნური ინტელექტის მახასიათებელი 10 მიმართულების და 33 ინდიკატორის მიხედვით. საქართველო ამ ინდექსში გლობალურ კონტექსტში 72-ე ადგილს, ხოლო რეგიონული მასშტაბით (სამხრეთი და ცენტრალური აზია) 16 ქვეყნიდან მე-5 ადგილს იკავებს და ჩამორჩება რეგიონის ისეთ ქვეყნებს, როგორებიცაა თურქეთი, აზერბაიჯანი, ყაზახეთი.

### სარეკომენდაციო მდგენელები

ხელოვნური ინტელექტის სისტემების გამოყენებასთან დაკავშირებით შემდეგი გამოწვევები შეიძლება გამოიყოს:

- ადამიანის უფლებებისა და თავისუფლების, კანონის უზენაესობის, სამართლიანობისა და დემოკრატიული, კარგი მმართველობის პრინციპების დაცვა.
- ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული ალგორითმების სანდოობა, პასუხისმგებლობა, უსაფრთხოება, გამჭვირვალობა და ანგარიშვალდებულება.
- საჯარო სექტორი „ნაწილობრივ იყენებს“ ხელოვნურ ინტელექტს მიზნობრივად და გადაწყვეტილების მიღების პროცესში მაინც საკადრო რესურსს იყენებს ან/და მენეჯმენტის ნებას ემორჩილება, დელეგირების პრობლემა.

<sup>383</sup><https://eufordigital.eu/wp-content/uploads/2019/10/3.ICT-innovation-and-start-up-ecosystems.pdf>



- გარკვეული დისბალანსი ხელოვნური ინტელექტის პოტენციურ შესაძლებლობებსა და არსებული მაგალითების შედეგობრივ მაჩვენებლებს შორის.
- ნაკლებად ტრანსფორმაციული, უფრო მეტად წარმადობის ზრდაზე, უფრო სწრაფად, ეფექტურად სერვისის მიწოდებაზე ორიენტირებული მაგალითები და ნაკლებად ზრუნვა ღიაობასა და საჯაროობაზე. ამ გამოწვევების საპასუხოდ, წარმოდგენილია შემდეგი რეკომენდაციები:

- საჯარო სექტორის, როგორც ხელოვნური ინტელექტის დანერგვის ფასილიტატორისა და ინიციატორის როლების განსაზღვრა.
- ხელოვნური ინტელექტის ხელშემწყობი ჩარჩოების კვლევა-ანალიზი.
- საქართველოში უნდა შეიქმნას ხელოვნური ინტელექტის მარეგულირებელი სამართლებრივი ბაზა, ეროვნული კონცეფცია, სტრატეგია და სამოქმედო გეგმა.
- ეროვნულ დონეზე, დაინტერესებული მხარეების ჩართულობით, აკადემიურ-კვლევითი ცენტრების, ბიზნეს ორგანიზაციების, საჯარო უწყებებისა და დონორი პარტნიორების მონაწილეობით, თემატური სამუშაო ჯგუფების ჩამოყალიბება.
- საჯარო სექტორში პოტენციური სერვისების და სფეროების იდენტიფიცირება.
- ალგორითმების მიერ მიკერძოებისა და დისკრიმინაციული მიდგომების მაქსიმალური შეზღუდვა.
- ხელოვნური ინტელექტის გამოყენება თაღლითობის, კორუფციის და სხვა გავრცელებული „მავნე პრაქტიკის“ წინააღმდეგ.
- პირადი ცხოვრების ხელშეუხებლობისა და პერსონალურ მონაცემების დაცვის მაღალი სტანდარტის დანერგვა ხელოვნური ინტელექტის სისტემების იმპლემენტაციისას.
- ეკონომიკური უთანასწორობის, სოციალური დისკრიმინაციის თავიდან ასაცილებლად, ხელოვნური ინტელექტის გამოყენების მაქსიმალურად თანაბარუფლებიანი გარემოს შექმნა.
- იმისთვის, რომ საზოგადოებამ აირჩიოს ხელოვნურ ინტელექტზე დაფუძნებული საჯარო მმართველობა და შეძლოს მის ავ-კარგიანობაზე კრიტიკული და არგუმენტებზე დაფუძნებული მსჯელობა, მას უნდა შევუქმნათ ამ ტექნოლოგიის შესახებ ცოდნის მიღების შესაძლებლობა.

### სისტემური კონცეპტუალიზებისათვის

ციფრული ტრანსფორმაცია არ არის არჩევანი, არამედ ეს არის გარდაუვალი გზა თანამედროვე განვითარებული ქვეყნების წინსვლისა და წარმატებისთვის.

თანამედროვე ტექნოლოგიები, მათ შორის, **ხელოვნური ინტელექტი**, ვერ გახდება დადებითი გავლენის მომხდენი და საზოგადოებრივი კეთილდღეობის წინაპირობა, თუკი სახელმწიფო მაღალეთიკური პრინციპებით, კონფლიქტურ ინტერესთა ბალანსის დაცვით, ყველა დაინტერესებული მხარის ჩართულობით, საუკეთესო პრაქტიკისა და საერთაშორისო მარეგულირებელი სტანდარტების გათვალისწინებით, გამჭვირვალე პროცედურებითა და ტრანსპარენტული მართვის სისტემით არ უზრუნველყოფს **ციფრული ტრანსფორმაციის** რეფორმების განხორციელებას.

**ხელოვნური ინტელექტით** მხარდაჭერილ სერვისებს არაერთი სიკეთის მოტანა შეუძლია კაცობრიობისთვის, საქართველოს საჯარო თუ კერძო სექტორში ამ ტექნოლოგიის ფართომასშტაბიანი გამოყენებით ეფექტიანობის, ეფექტურობის, რესურსების დაზოგვისა და მაღალწარმადობის დადასტურებულ მაჩვენებელს მივიღებთ. ამისთვის კი ტექნოლოგიურ მზაობასთან ერთად, კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ხელშემწყობი ჩარჩოების ჩამოყალიბება და საზოგადოებისგან ნდობის მოპოვება, რაც მხოლოდ ღია, გამჭვირვალე და ანგარიშვალდებული პროცესებით გახდება მიღწევადი.

საქართველოს საჯარო სექტორმა აქტიურად უნდა იზრუნოს თანამედროვე ტექნოლოგიების, მათ შორის, **ხელოვნური ინტელექტის** გამოყენების სტიმულირებისთვის როგორც თავად საჯარო უწყებებში, ასევე ფართომასშტაბიანად - მთელ ქვეყანაში. საქართველომ დროულად და ეფექტურად უნდა გამოიყენოს ყველა ის სარგებელი, რაც **ხელოვნური ინტელექტის** დანერგვას ახლავს, რათა საგრძნობლად არ ჩამორჩეს ხელოვნური ინტელექტით ინსპირირებულ ეკონომიკურ-სოციალურ ტრანსფორმაციას და არ დაკარგოს ამ პროცესით უზრუნველყოფილი სარგებელი.

დღევანდელი მსოფლიო ხელოვნური ინტელექტის გარეშე წარმოუდგენელია. ხელოვნური ინტელექტის დახმარებით მუშაობენ ინტერნეტის საძიებო სისტემები, სოციალური ქსელები, „ჭკვიანი“ მოწყობილობები, შუქნიშნები და საზოგადოებრივი ტრანსპორტიც კი. უკვე არსებობს ავტოპილოტის ფუნქციის მქონე ავტომობილები, უპილოტო საფრენი აპარატები თუ საზღვაო მცურავი საშუალებები.

საყურადღებოა, რომ **ჯორჯ ბაირონის** ქალიშვილს, **ადა ლაველის**<sup>384</sup> პირველ პროგრამისტს უწოდებენ. იგი ავტორია პირველი თაობის გამომთვლელი მანქანების ალგორითმების. ასეთი მთვლელი მანქანები ბრიტანელმა მათემატიკოსმა და ინჟინერმა - **ჩარლზ ბებიჯმა** დააპროექტა. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ პირველი კომპიუტერი მეორე მსოფლიო ომის დროს გამოჩნდა და მას ომში იყენებდნენ დაშიფრული შეტყობინებების წასაკითხად.

<sup>384</sup> **Ada Lovelace**, in full **Ada King, countess of Lovelace**, original name **Augusta Ada Byron, Lady Byron**, (born December 10, 1815, Piccadilly Terrace, Middlesex [now in London], England - died November 27, 1852, [Marylebone](#), London), English mathematician, an associate of [Charles Babbage](#), for whose [prototype](#) of a digital [computer](#) she created a program. She has been called the first [computer programmer](#). <https://www.britannica.com/biography/Ada-Lovelace>

ალან ტიურინგმა<sup>385</sup> დაამტკიცა, რომ ნებისმიერი გამოთვლა შეიძლება განხორციელდეს ციფრულად. ამგვარი იდეების კონცეპტუალიზებით, მეცნიერებმა დაუშვეს, რომ ტექნოლოგიების გამოყენებით, შესაძლებელია ინტელექტი ხელოვნურად წარმოიშვას.

დღეისათვის უკვე არსებობს ე.წ. ჩეთბოტი, კომპიუტერული პროგრამა, რომელსაც შეუძლია ადამიანთან ტექსტური კომუნიკაციის დამყარება. დახვეწილ ჩეთბოტთან საუბრისას, შეიძლება, კომპიუტერულ პროგრამას რამდენიმე წუთი ესაუბროთ და გეგონოთ, რომ ის ადამიანია. პირველი ასეთი ჩეთბოტი 1966 წელს შეიქმნა. მას ელაიზა ეწოდა. ელაიზა შეკითხვებს ადამიანურად პასუხობდა. მასთან მოსაუბრეებს უჭირდათ გაერჩიათ, ადამიანი იყო ელაიზა თუ პროგრამა. თუმცა, თავად ელაიზას წარმოდგენა არ ჰქონდა, თუ რას ამბობდა, მისი სასაუბრო ენა პროგრამულად წინასწარ იყო გაწერილი. ელაიზა იმდენად მნიშვნელოვანი სიახლე იყო, რომ მისი სახელობის ტერმინიც კი დამკვიდრდა - ელაიზას ეფექტი<sup>386</sup>.

კომპიუტერები ადამიანებს სხვადასხვა ინტელექტუალური ამოცანების ამოხსნაში უწევენ კონკურენციას. 1997 წელს კომპიუტერმა “Deep Blue” ჭადრაკის მოქმედი მსოფლიო ჩემპიონი - გარი კასპაროვი დაამარცხა<sup>387</sup>.

მექანიზირებული „არსებები“ დღეს რეალობად იქცნენ. ისინი ახორციელებენ ურთულეს გამოთვლებს, თამაშობენ ინტელექტუალურ თამაშებს, ქმნიან ტექნოლოგიებს და რაც მთავარია, სწავლობენ. ხელოვნურ ინტელექტს არ აქვს ისეთი ფორმა, როგორადაც მას ხშირად სამეცნიერო ფანტასტიკაში წარმოგვიჩვენენ. თუმცა, დღევანდელი მსოფლიო ხელოვნური ინტელექტის გარეშე წარმოუდგენელია. მას იყენებს თითქმის ყველა წამყვანი კომპანია, იქნება ეს Google თუ Apple. სწორედ ხელოვნური ინტელექტი გვეხმარება ინტერნეტში ინფორმაციის მოძიებისას, ან თუნდაც, სმარტფონით სურათების გადაღებისას.

ხელოვნური ინტელექტი აქტიურად გამოიყენება თანამედროვე მრეწველობაში. ასევე, ტრანსპორტის, ჯანმრთელობის, ფინანსების, კომუნიკაციისა და ბევრი სხვა მიმართულებით დღეს უკვე ახალი თაობის ავტომობილები იყენებს ხელოვნური ინტელექტის გარკვეულ ფორმას, იქნება ეს ხმოვანი ასისტენტი თუ გზის ანალიზის ფუნქცია. დღევანდელი პაციენტი ხედავს ქირურგ რობოტს და ვირტუალურ ასისტენტს,

---

<sup>385</sup> Alan Turing, in full Alan Mathison Turing, (born June 23, 1912, London, England - died June 7, 1954, Wilmslow, Cheshire), British mathematician and logician who made major contributions to mathematics, cryptanalysis, logic, philosophy, and mathematical biology and also to the new areas later named computer science, cognitive science, artificial intelligence, and artificial life. <https://www.britannica.com/biography/Alan-Turing>

<sup>386</sup> The ELIZA Effect: Joseph Weizenbaum and the Emergence of Chatbots <https://doi.org/10.1093/oso/9780190080365.003.0004>

<sup>387</sup> <https://www.history.com/this-day-in-history/deep-blue-defeats-garry-kasparov-in-chess-match>



რომელიც პაციენტზე ზრუნავს. ასევე, უკვე შექმნილია ტომოგრაფიული სურათის ავტომატური შემსწავლელი, რომელსაც დიაგნოზის დასმა ზუსტად შეუძლია. თანამედროვე ინდუსტრია ყველაზე მეტადაა დამოკიდებული ხელოვნურ ინტელექტზე და ავტომატურ მომსახურებაზე. მაღალი ხარისხის რობოტებს, ადამიანზე სწრაფად და დიდი დროის განმავლობაში შეუძლიათ რენტგენული მუშაობა.

**ხელოვნურმა ინტელექტმა** განვითარების შთამბეჭდავი გზა განვლო და არანახულ სიმაღლეებს მიაღწია<sup>388</sup>. ამიტომაც არსებობს ლეგიტიმური კითხვა იმის თაობაზე, თუ რამდენად სანდოა ხელოვნური ინტელექტი, რამდენად არსებობს იმის საფრთხე, რომ ვთქვათ ჩვენს მობილურ ტელეფონებში არსებული პირადი ინფორმაცია მესამე პირისთვის აღმოჩნდეს ხელმისაწვდომი?

ხელოვნური ინტელექტის ამ და სხვა გამოწვევებზე მუშაობს **სტანდარტიზაციის საერთაშორისო ორგანიზაციაც**, რომელსაც არსებობის ისტორიაში მრავალი საერთაშორისო სტანდარტი აქვს შემუშავებული პირადი ინფორმაციის დაცვის სფეროში და გამონაკლისი არც ხელოვნური ინტელექტია. სწორედ ამიტომ, 2020 წელს აღნიშნულმა ორგანიზაციამ **საერთაშორისო ელექტრონულ კომისიასთან<sup>389</sup> (IEC)** თანამშრომლობით შეიმუშავა ახალი **ISO/IEC TR 24028:2020** სტანდარტი<sup>390</sup>, რომელის დახმარებით, ყველა „ჭკვიანი“ მოწყობილობა, რომელიც ხელოვნური ინტელექტის დახმარებით მუშაობს გახდება გაცილებით უფრო უსაფრთხო და დაცული, რითაც მნიშვნელოვნად იზრდება მისი სანდოობა. ამგვარი სტანდარტის დახმარებით შესაძლებელია გაანალიზდეს ყველა ის ფაქტორი, რომლის გამოც შეიძლება დაზიანდეს ხელოვნური ინტელექტის სანდოობა და ამავე დროს, სტანდარტი შეიძლება გამოიყენოს ყველა ტიპის ორგანიზაციამ, მიუხედავად დარგისა თუ ზომისა.

ხელოვნური ინტელექტის საჯაროდ ხელმისაწვდომი პროგრამა **ChatGPT** - გამოჩენისთანავე პოპულარული გახდა და ისტორიაში ყველაზე სწრაფად მზარდ სამომხმარებლო აპლიკაციად იქცა. ბაზარზე გამოშვებიდან პირველივე კვირაში მას უკვე მილიონზე მეტი მომხმარებელი ჰყავდა. მომხმარებელს ის სხვადასხვა დავალების შესრულებაში ეხმარება, დაწყებული ელექტრონული წერილების და ლიტერატურული ესეების დაწერით, მუსიკალური თუ ფერწერული ნამუშევრების შექმნით და სხვადასხვა პროგრამულ ენაზე კოდების გენერაციით დამთავრებული. ბევრი

<sup>388</sup> **AI Index Report 2023** - The AI Index Report tracks, collates, distills, and visualizes data related to artificial intelligence. Our mission is to provide unbiased, rigorously vetted, broadly sourced data in order for policymakers, researchers, executives, journalists, and the general public to develop a more thorough and nuanced understanding of the complex field of AI. The report aims to be the world's most credible and authoritative source for data and insights about AI. [https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI\\_AI-Index-Report\\_2023.pdf](https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2023/04/HAI_AI-Index-Report_2023.pdf)

<sup>389</sup> <https://www.iec.ch/homepage>

<sup>390</sup> **ISO/IEC TR 24028:2020** - Information technology - Artificial intelligence - Overview of trustworthiness in artificial intelligence - <https://webstore.iec.ch/publication/67138>

სპეციალისტი აღიარებს, რომ **ChatGPT**<sup>391</sup> რევოლუციური ტექნოლოგიაა, ზოგი ხვდება, რომ ის მალე ყველას ისევე ეცოდინება, როგორც - „გუგლი“.

აქვე ცხადია, რომ **ChatGPT**-ის გავლენა უფრო შორსმიმავალია, ვიდრე ეს ერთი შეხედვით შეიძლება ჩანდეს. ინვესტიციების მსოფლიო გიგანტის, „გოლდმან საქსის“ ანგარიშის<sup>392</sup> მიხედვით, რომელიც გამოქვეყნებულია. ხელოვნური ინტელექტი შეერთებულ შტატებში მეტ-ნაკლებად უკვე ეხება სამუშაო ადგილების დაახლოებით 2/3-ს. აქ იგულისხმება ე.წ. „თეთრსაყელოიან“ სამუშაო ადგილებზე<sup>393</sup>, რომელთაც ხელოვნური ინტელექტი შეცვლის. ეს შეიძლება იყოს სპეციალობები იურისპრუდენციის დარგში, პოზიციები ადმინისტრაციული თუ ადამიანური რესურსების მართვის მიმართულებით. ანგარიშის მიხედვით, ცვლილებები ნაკლებად შეეხება მომსახურების სფეროს და ისეთ სამუშაო ადგილებს, სადაც ფიზიკური შრომაა საჭირო.

ჯერ კიდევ 2022 წლის ნოემბერის ბოლოს გამოშვებული **ChatGPT**-ის პირველი ვერსია უფასო იყო. დღრეისათვის კი მას ყოველთვიურად 100 მილიონზე მეტი აქტიური მომხმარებელი ჰყავს. 2023 წლის თებერვალში გამოვიდა მისი ფასიანი ანალოგიც **ChatGPT Plus**. ორივე პროგრამის განვითარება ამერიკულ კვლევით ლაბორატორიაში **OpenAI** („ოუფენ-ეი-აი“) მოხდა - ის ითარგმნება, როგორც „ღია ხელოვნური ინტელექტი“. **ChatGPT**-ის კოლოსალურმა პოპულარულობამ ტექნოლოგიური გიგანტები აიძულა, სწრაფად დაეწყით მუშაობა მსგავსი პროგრამების შექმნაზე. მათ შორისაა კომპანია „მაიკროსოფტიც“, რომელმაც გამოუშვა „ბინგ-ჩეტი“, კომპანია „გუგლმა“ კი სულ ახლახან მოაწყო „ბარდის“ პრეზენტაცია, რომელიც მსურველს ერთის მაგივრად, სამი სხვადასხვა პასუხის არჩევანს აძლევს. გავრცელებული ინფორმაციით, ანალოგიური პროექტი მუშავდება „ფეისბუქშიც“.

ხელოვნური ინტელექტის სისტემების დანერგვა მრავალი ქვეყნის საჯარო სექტორში განვითარების საწყის ეტაპზეა, თუმცა, კერძო სექტორში უკვე მრავლად გვხვდება აღნიშნული ტექნოლოგიის გამოყენების წარმატებული მაგალითები, დისტანციური ვერიფიკაციის სისტემები, დოკუმენტების ავტომატური იდენტიფიკაციის სისტემები, კომუნიკაციის ავტომატიზაციის პროგრამები და სხვა მრავალი საშუალებები.

<sup>391</sup> **ChatGPT** - Chat Generative Pre-trained Transformer, is a large language model-based chatbot developed by OpenAI and launched on November 30, 2022, notable for enabling users to refine and steer a conversation towards a desired length, format, style, level of detail, and language used. [https://en.wikipedia.org/wiki/ChatGPT#cite\\_note-guardianpos-2](https://en.wikipedia.org/wiki/ChatGPT#cite_note-guardianpos-2)

<sup>392</sup> Global Economics Analyst The Potentially Large Effects of Artificial Intelligence on Economic Growth (Briggs/Kodnani) - [https://www.key4biz.it/wp-content/uploads/2023/03/Global-Economics-Analyst\\_-The-Potentially-Large-Effects-of-Artificial-Intelligence-on-Economic-Growth-Briggs\\_Kodnani.pdf](https://www.key4biz.it/wp-content/uploads/2023/03/Global-Economics-Analyst_-The-Potentially-Large-Effects-of-Artificial-Intelligence-on-Economic-Growth-Briggs_Kodnani.pdf)

<sup>393</sup> A **white-collar worker** belongs to a class of employees known for earning higher average salaries doing highly skilled work, but not by performing manual labor at their jobs. White-collar workers historically have been the "shirt and tie" set, defined by office jobs and management, and not "getting their hands dirty."

ეს სექტორი განსაკუთრებით მომგებიანი გახდა პანდემიის პირობებში, დისტანციურ სერვისებზე გაზრდილი მოთხოვნის შედეგად. შესაბამისად, უკვე თვალსაჩინოა თუ რა პოტენციალი აქვს ხელოვნური ინტელექტის ფართომასშტაბიან გამოყენებას სხვადასხვა პროცესებში ეფექტიანობის და ხარჯთეფექტურობის გაზრდის თვალსაზრისით. თუმცა, ასევე ანგარიშგასაწევია ის რისკები<sup>394</sup>, რაც შეიძლება წარმოიშვას სისტემის ბოროტად გამოყენების, ტექნიკური ხარვეზების და პერსონალური მონაცემების არასწორი მართვის შედეგად. ხელოვნური ინტელექტი არ არის მორიგი დამხმარე ელექტრონული სისტემა. იგი არსებითად ზრდის სახელმწიფოს მმართველობით შესაძლებლობებს, შესაბამისად, იმატებს მისი არამართლზომიერებად გამოყენების ცდუნება. ეს რისკი განსაკუთრებით მაღალია განვითარებადი დემოკრატიის ქვეყნებში. კვლევებით დადგინდა, რომ სამართალდამცავი უწყებები<sup>395</sup> არის საჯარო სექტორის ერთადერთი მიმართულება სადაც სტაბილურად მიმდინარეობს ხელოვნური ინტელექტის დანერგვის პროცესი, რაც ირიბად ამ რისკების<sup>396</sup> რეალურობაზე მიუთითებს.

### ხელოვნური ინტელექტის უკონტროლო განვითარების რისკების გამო შედგენილი ღია წერილი

დარგის სპეციალისტების ნაწილი ფიქრობს, რომ ხელოვნური ინტელექტის უკონტროლო განვითარება სერიოზულ რისკებს შეიცავს. „ხელოვნური ინტელექტი უფრო საშიშია, ვიდრე თვითმფრინავის არასწორი მართვა და მისი ტექნომოსახურება, ან ცუდად წარმოებული მანქანა... მას აქვს „ცივილიზაციის განადგურების პოტენციალი“, - უთხრა ტელეკომპანია „ფოქსს“<sup>397</sup> 2023 წლის 17 აპრილს გამოქვეყნებულ ინტერვიუმში ცნობილმა ბიზნესმენმა ილონ მასკმა. იგი თვითონ იყო OpenAI-ის თანადამფუძნებელი. ილ. მასკი ერთ-ერთი ხელმომწერიცაა იმ გახმაურებულ ღია წერილზე, რომელიც ხელოვნური ინტელექტის განვითარების შეჩერებას სულ მცირე, 6 თვით ითხოვს. პაუზა უნდა იყოს საჯარო, გამჭვირვალე და კონტროლირებადი, საერთაშორისო სამთავრობათშორისი მემორანდუმით გამყარებული - ამბობენ ღია მიმართვის ინიციატორები „სიცოცხლის მომავლის ინსტიტუტიდან“<sup>398</sup>. მათი არგუმენტაციით,

<sup>394</sup> The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation  
<https://img1.wsimg.com/blobby/go/3d82daa4-97fe-4096-9c6b-376b92c619de/downloads/MaliciousUseofAI.pdf?ver=1553030594217>

<sup>395</sup> The INTERPOL Face Recognition System (IFRS) contains facial images received from more than 179 countries which makes it a unique global criminal database. Coupled with an automated biometric software application, this system is capable of identifying or verifying a person by comparing and analysing patterns, shapes and proportions of their facial features and contours. <https://www.interpol.int/How-we-work/Forensics/Facial-Recognition>

<sup>396</sup> AI could cause nuclear-level disaster, third of experts tell poll - Stanford University report says 'incidents and controversies' associated with AI have increased 26 times in a decade.  
<https://www.aljazeera.com/economy/2023/4/14/ai-could-cause-nuclear-level-catastrophe-third-of-experts-say>

<sup>397</sup> <https://www.foxnews.com/video/6325259104112>

<sup>398</sup> <https://futureoflife.org/cause-area/artificial-intelligence/> - Looking ahead, many researchers are pursuing 'AGI', general AI which can perform as well as or better than humans at a wide range of cognitive tasks. Once AI systems can

შეჩერება აუცილებელია, რათა რაც შეიძლება სწრაფად დაიწყოს ხელოვნური ინტელექტის რეგულირებაზე მუშაობა. ამის მიზანი კი რისკების მინიმუმზე დაყვანა და პროგრამების უსაფრთხოდ მუშაობის უზრუნველყოფა უნდა იყოს. „როგორც ინტენსიურმა კვლევამ აჩვენა და ეს ხელოვნური ინტელექტის წამყვან ლაბორატორიებშიც აღიარეს, ხელოვნური ინტელექტის სისტემებს, რომელებიც ადამიანის გონებასთან კონკურენტუნარიანია, საზოგადოებისთვის და კაცობრიობისთვის ღრმა რისკების შექმნა შეუძლია... ძლიერი ხელოვნური ინტელექტის სისტემების განვითარება მხოლოდ მაშინ უნდა მოხდეს, როცა დავრწმუნდებით, რომ მათი შედეგები დადებითი იქნება, მათი რისკები კი მართვადი“ - წერია მიმართვაში<sup>399</sup>. საჯარო მიმართვას ილონ მასკის გარდა, ათასობით ადამიანი აწერს ხელს. მათ შორისაა, ტექნოლოგიების სფეროში ისეთი ცნობილი სახე, რომელიცაა „ეფლის“ დამფუძნებელი სტივ ვოზნიაკი. ჯგუფურ მიმართვას ხელს ასევე აწერენ მასაჩუსეტის ტექნოლოგიური ინსტიტუტის, ჰარვარდის, კემბრიჯის, იელის, კარნეგი-მელონის, ნიუ-იორკის, ოქსფორდის და ბევრი სხვა მაღალრეიტინგული უნივერსიტეტის პროფესორები.

### ევროკავშირის პოზიცია ხელოვნური ინტელექტის რისკებთან მიმართებით

ევროპის კავშირში და კანადაში უკვე დაიწყეს იმის შესწავლა, თუ როგორ აგროვებს კერძო ინფორმაციას **OpenAI** და შემდეგ როგორ იყენებს მას უზომოდ პოპულარულ **ChatGPT**-ში. იტალია დასავლეთში პირველი ქვეყანა გახდა, სადაც 2023 წლის აპრილის დასაწყისში ის დროებით აიკრძალა კიდევ. ირლანდიამ **ChatGPT**-ის 2023 წლის 30 აპრილამდე მისცა ვადა, რომ მუშაობა კერძო ინფორმაციის დაცვის მოქმედ რეგულაციებს შეუსაბამოს, რაც დარგის ექსპერტების შეფასებით, პრაქტიკულად შეუძლებელი ამოცანაა.

**ევროპოლმა** - ევროკავშირის პოლიციის სამსახურმა გაფრთხილება გააკეთა ხელოვნური ინტელექტის ამ პროგრამასთან დაკავშირებით და თქვა, რომ მისმა გამოყენებამ შესაძლოა პოტენციურ კიბერდამნაშავეებს და დეზინფორმაციის გავრცელების მსურველებს საქმე გაუადვილოს. „მსგავსი ტიპის ხელოვნური ინტელექტის სისტემების შესაძლო გამოყენება დამნაშავეების მიერ, შავზნელი პერსპექტივის მომასწავებელია“, - აცხადებს **ევროპოლი სპეციალურ ანგარიშში**<sup>400</sup>.

---

themselves design smarter systems, we may hit an 'intelligence explosion', very quickly leaving humanity behind. This could eradicate poverty or war; it could also eradicate us.

<sup>399</sup> <https://futureoflife.org/open-letter/pause-giant-ai-experiments/>

<sup>400</sup> The release and widespread use of ChatGPT – a large language model (LLM) developed by OpenAI – has created significant public attention, chiefly due to its ability to quickly provide ready-to-use answers that can be applied to a vast amount of different contexts. These models hold masses of potential. Machine learning, once expected to handle only mundane tasks, has proven itself capable of complex creative work. LLMs are being refined and new versions rolled out regularly, with technological improvements coming thick and fast. While this offers great opportunities to legitimate businesses and members of the public it also can be a risk for them and for the respect of fundamental rights



## სიტუაცია აშშ-ში

ხელოვნური ინტელექტის რეგულაციების შემუშავების საკითხს ამერიკის შეერთებული შტატების მთავრობაც განიხილავს. განხილვებში ჩართულია ხელისუფლების როგორც აღმასრულებელი, ისე - საკანონმდებლო შტო: თეთრი სახლი, ვაჭრობის ფედერალური კომისია და კონგრესი. განცხადება შეერთებული შტატების ვაჭრობის დეპარტამენტში მოქმედმა ტელეკომუნიკაციების და ინფორმაციის ადმინისტრაციის სააგენტომაც გააკეთა, რომელშიც ნათქვამია, რომ „იზრდება რეგულირების ინტერესი“, რათა ხელოვნური ინტელექტის განვითარებასთან მიმართებით, შეიქმნას „ანგარიშვალდებულების მექანიზმი“. „დრო არ ითმენს, რომ წინ გავუსწროთ ამ მძლავრ ახალ ტექნოლოგიას და აღვკვეთოთ პოტენციურად ფართომასშტაბიანი ზიანი საზოგადოებაზე და ეროვნულ უსაფრთხოებაზე და ამის ნაცვლად, ძლიერი, ორპარტიული კანონმდებლობის დაწინაურებით, ის დადებითი მხრიდან გამოვიყენოთ“, - განაცხადა სენატის უმრავლესობის ლიდერმა, **ჩაკ შუმერმა**, როცა სენატში **ChatGPT**-ის რეგულაციების სამუშაო **ჩარჩო-დოკუმენტი**<sup>401</sup> წარადგინა. სენატორ შუმერის განმარტებით, ჩარჩო-დოკუმენტი ახალი საკანონმდებლო რეგულაციების შექმნას ისახავს მიზნად, რაც შეერთებულ შტატებში „პოტენციური კატასტროფული ზიანის“ პრევენციას უზრუნველყოფს, თუმცა ამავე დროს იმის საწინდარიც გახდება, რომ სწორედ ამერიკაში განვითარდეს და დაწინაურდეს მსგავსი გარდატეხის მომტანი ტექნოლოგია.

## საპასუხო რეაქცია ChatGPT-დან

თავად **ChatGPT**-ის წარმომადგენლები 6-თვიანი პაუზის აღების ინიციატივასთან დაკავშირებით ამბობენ, რომ ზოგიერთი მოსაზრება, რაც კოლექტიურ მიმართვაშია წინ

---

as criminals and bad actors may wish to exploit LLMs for their own nefarious purposes. In response to the growing public attention given to ChatGPT, the Europol Innovation Lab organised a number of workshops with subject matter experts from across the organisation to explore how criminals can abuse LLMs such as ChatGPT, as well as how it may assist investigators in their daily work. The experts who participated in the workshops represented the full spectrum of Europol's expertise, including operational analysis, serious and organised crime, cybercrime, counterterrorism, as well as information technology. Thanks to the wealth of expertise and specialisations represented in the workshops, these hands-on sessions stimulated discussions on the positive and negative potential of ChatGPT, and collected a wide range of practical use cases. While these use cases do not reflect an exhaustive overview of all potential applications, they provide a glimpse of what is possible. The objective of this report is to examine the outcomes of the dedicated expert workshops and to raise awareness of the impact LLMs can have on the work of the law enforcement community. As this type of technology is undergoing rapid progress, this document further provides a brief outlook of what may still be to come, and highlights a number of recommendations on what can be done now to better prepare for it. Important notice: The LLM selected to be examined in the workshops was ChatGPT. ChatGPT was chosen because it is the highest-profile and most commonly used LLM currently available to the public. The purpose of the exercise was to observe the behaviour of an LLM when confronted with criminal and law enforcement use cases. This will help law enforcement understand what challenges derivative and generative AI models could pose.

<https://www.europol.europa.eu/cms/sites/default/files/documents/Tech%20Watch%20Flash%20-%20The%20Impact%20of%20Large%20Language%20Models%20on%20Law%20Enforcement.pdf>

<sup>401</sup> <https://www.reuters.com/world/us/senate-leader-schumer-pushes-ai-regulatory-regime-after-china-action-2023-04-13/>

წამოწეული, სავსებით მისაღებია და ისინი რა ხანია ბევრს მუშაობენ სისტემების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად. რაც შეეხება მთავრობის მხრიდან რეგულირებას, „დიახ, აბსოლუტურად ასეა. ეს სისტემები რეგულირებული უნდა იყოს“, - აცხადებს **მირა მიურატი**, ChatGPT-ის უფროსი ტექნოლოგიური ოფიცერი, რომლის სახელსაც უკავშირებენ ბოლო წლებში ChatGPT-ის ტრანსფორმაციას და წარმატებას.

მიურატი თვლის, რომ „გარკვეულ დონეზე“ სტანდარტები საჭიროა და ისინი ამ საკითხზე სისტემატურად გადიან კონსულტაციებს მთავრობებთან, მარეგულირებლებთან და სხვა ორგანიზაციებთან, რომლებიც მსგავსი სისტემების განვითარებაზე მუშაობენ. თუმცა, მისი აზრით, „გაცილებით მეტი უნდა კეთდებოდეს. მთავრობის მარეგულირებლები ნამდვილად უნდა იყვნენ ფართოდ ჩართულები“, - განაცხადა მან „ასოშეითიდ პრესთან“ ინტერვიუში<sup>402</sup>.

### **ხელოვნური ინტელექტი "უფრო გადაუდებელი" საფრთხეა კაცობრიობისათვის ვიდრე კლიმატის ცვლილება**

**ჯეფრი ჰინტონმა**<sup>403</sup>, რომელსაც "ხელოვნური ინტელექტის მამას" უწოდებენ, თქვა, რომ ხელოვნური ინტელექტის (AI) გაჩენამ შეიძლება "უფრო გადაუდებელი" საფრთხე შეუქმნას კაცობრიობას, ვიდრე კლიმატის ცვლილებამ.

”მე არ მინდა კლიმატის ცვლილების გაუფასურება” - განუცხადა 75 წლის ჯეფრი ჰინტონმა Reuters-ს და დაამატა: „მე არ მინდა ვთქვა არ უნდა ინერვიულო კლიმატის ცვლილებაზე“, ესეც ძალიან დიდი რისკია, მაგრამ ვფიქრობ, რომ ეს შეიძლება უფრო აქტუალური გახდეს“. მისი თქმით, გადაწყვეტილება მიიღო იმისთვის, რომ ხელოვნურმა ინტელექტმა მისი ყოფილი დამსაქმებლის ზედამხედველობის გარეშე შეძლოს შექმნას პლატფორმა, სადაც მას შეეძლება რისკების საკითხზე გაფრთხილების გაკეთება.

Google-მა გამოუშვა ხელოვნური ინტელექტის ჩატბოტი "Bard", რომელიც კონკურენციას უწევს OpenAI-ის ChatGPT პროგრამულ უზრუნველყოფას.

ჰინტონის გაფრთხილება გაისმა მას შემდეგ, რაც ტექნოლოგიური ინდუსტრიის რამდენიმე ლიდერმა, მათ შორის SpaceX-ის, Tesla-ს და Twitter-ის აღმასრულებელმა დირექტორმა, ელონ მასკმა, ხელი მოაწერეს ღია წერილს, რომელშიც კეთდება გაფრთხილება ხელოვნური ინტელექტის „შეიარაღების რბოლის“ პოტენციური შედეგების შესახებ.

<sup>402</sup> <https://apnews.com/article/openai-cto-mira-murati-chatgpt-gpt4-dalle-0e701dd406b4a1a2d625e779de0c5164>

<sup>403</sup> <https://www.theguardian.com/technology/2023/may/04/bernie-sanders-elon-musk-and-white-house-seeking-my-help-says-godfather-of-ai>

## ჰენრი კისინჯერის სტატია „განათლების ეპოქის დასასრული“

2018 წელს, ამერიკულ ჟურნალ The Atlantic-ში, გამოქვეყნდა ჰენრი კისინჯერის <sup>404</sup> სტატია „განათლების ეპოქის დასასრული“<sup>405</sup>, რომელმაც გლობალური მასშტაბის რეზონანსი გამოიწვია.

ნახსენებ სტატიაში ჰ. კისინჯერი დაინტერესდა ხელოვნური ინტელექტის ისეთი მიღწევით, როგორცაა **AlfaGo**-ს, ჩინური სამაგიდო თამაშის<sup>406</sup> მოგების ალგორითმის შექმნის სისტემური მახასიათებლები, რაც არ წარმოადგენს დაპროგრამების შედეგს. ამ შემთხვევაში ხელოვნურმა ინტელექტმა მრავალჯერ გადაათამაშა პარტიები საკუთარ თავთან, რათა თავისივე შეცდომებზე ესწავლა და მიეღო მოგების სრულყოფილი ალგორითმი. ამის შედეგად ჩამოყალიბდა **ხელოვნური ინტელექტის პროგრამა AlfaGo**, რომელიც აღჭურვილი იყო უნარით, მოეგო ჭადრაკზე უფრო რთული, ჩინური სამაგიდო სტრატეგიების თამაშების „Go“-ს მსოფლიო ლიდერებისათვის.

ჰენრი კისინჯერს, როგორც ისტორიკოსს, დიპლომატს და საზოგადო მოღვაწეს დაებადა კითხვა, თუ როგორ იმოქმედებს ხელოვნური ინტელექტი კაცობრიობის ისტორიაზე. რას მოიმოქმედებს თვითგანათლებული მანქანა, რომელმაც შეიძინა ცოდნა შიგა სპეციფიკური პროცესების მეშვეობით და შეუძლია ამ მიღწევების გამოყენება სხვადასხვა მიზნისათვის, რასაც ადამიანი ვეღარ გააკონტროლებს და ეს **AlfaGo**-ს თამაშის მაგალითზე შესაძლებელი აღმოჩნდა. აღნიშნულთან დაკავშირებით რელევანტურია კითხვები:

- ისწავლიან მანქანები ერთმანეთთან კომუნიკაციას?
- ხომ არ დგას კაცობრიობა ახალი ისტორიული ეტაპის წინ?

დღემდე „ციფრულ“ გარღვევად, რომელმაც შექმნა თანამედროვე ისტორია ითვლება დამწერლობა და მისი ტექნიკური იმპლემენტაციაა საბეჭდი აპარატი. შედეგად ცოდნა

---

<sup>404</sup> **Henry Alfred Kissinger** is a German-born American bureaucrat, diplomat, and 1973 Nobel Peace Prize laureate. He served as National Security Advisor and later concurrently as Secretary of State in the Richard Nixon administration. Kissinger emerged unscathed from the Watergate scandal, and maintained his powerful position when Gerald Ford became President. A proponent of Realpolitik, Kissinger played a dominant role in United States foreign policy between 1969 and 1977. During this period, he pioneered the policy of détente.

<https://www.goodreads.com/book/show/71083945-the-age-of-ai>

<sup>405</sup> **How the Enlightenment Ends** \_Philosophically, intellectually - in every way - **human society is unprepared for the rise of artificial intelligence**. By **Henry A. Kissinger**.

<https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2018/06/henry-kissinger-ai-could-mean-the-end-of-human-history/559124/>

<sup>406</sup> **AlphaGo** is a narrow AI, a computer program developed by Google DeepMind to play **Go**, a Chinese strategy board game for two players **similar to chess**. **AlphaGo** is the very first AI program that was able to beat a professional human player, 2-dan player Fan Hui in October 2015, on a full-sized board with no handicaps. It then beat one of the highest ranked human players in the world, 9-dan Lee Sedol, in March 2016, winning four games out of five.

<https://www.deepmind.com/research/highlighted-research/alphago>

ხელმისაწვდომი გახდა ფართო მასებისათვის. ადამიანის მეცნიერულმა ცოდნამ ჩაანაცვლა რწმენა, როგორც ცნობიერების მთავარი კრიტერიუმი. ინფორმაცია ინახებოდა და სისტემატიზირდებოდა ინტენსიურად მზარდ ბიბლიოთეკებში.

შეძლებს თუ არა ხელოვნური ინტელექტი, როგორც მათემატიკური ალგორითმი, შექმნას ახალი სისტემური მთლიანობა, რომლის თვისებებიც არ იყო ჩადებული თავდაპირველ პროგრამაში არის ერთერთი ძირითადი პარადიგმა. იმისთვის რომ შევაფასოთ ხელოვნური ინტელექტის პერსპექტივები ეს საკითხი მნიშვნელოვანია, როგორც თეორიული, ისე პრაქტიკული თვალსაზრისით<sup>407</sup>.

ის ცოდნა, რომელიც ჩვენ გვაქვს ადამიანის ევოლუციის შესახებ, არ გვაძლევს საშუალებას ზუსტად დავადგინოთ, თუ რა პირობებში ხდებოდა ადამიანის ინტელექტის ფორმირება ევოლუციის პროცესში. შესაბამისად, როდესაც ჩვენ ვქმნით ხელოვნურ ინტელექტს, ჩვენ პრინციპში არ შეგვიძლია შევექმნათ რაღაცა, რაც ადამიანის ინტელექტს შეესაბამება, ე.ი. ეს არის ნახტომი შეუცნობელში, რომელიც მოითხოვს დიდ სიფრთხილეს. ამ თვალსაზრისით, ვთვლით, რომ საჭიროა ამბივალენტობის ფენომენის, როგორც ადამიანის ფსიქიკის ერთ-ერთი თვისების, უფრო ღრმა გააზრება.

ძირითადი საფრთხე იმაშია, რომ იქმნება ტექნიკა, რომელიც აღჭურვილია ხელოვნური ინტელექტით, რომელსაც შესწევს უნარი დამოუკიდებლად ისწავლოს, ამოხსნას ამოცანები ადამიანის ჩარევის გარეშე, მაგრამ ვერც ერთ მანქანას ვერ ასწავლი გამოხატოს ემოცია, იხელმძღვანელოს მორალით, განსაზღვროს გამონაკლისები, შეითვისოს რელიგიური და რასობრივი დოქტრინები. **ხელოვნური ინტელექტი არ ექვემდებარება ადამიანურ გრძნობებს**<sup>408</sup> და ამაში დაფარულია მთელი პრობლემა. არავინ იცის საბოლოოდ რა დასკვნებს მიიღებს რობოტი, აღჭურვილი ხელოვნური ინტელექტით. გარდუვალია კაცობრიობის ყოველდღიურ ცხოვრებაში არ შემოიჭრას ხელოვნური ინტელექტით აღჭურვილი სისტემები<sup>409</sup>, რომლებმაც ყოვლად შესაძლებელია განიცადოს ადაპტაცია გარემოსთან, თავის მსგავს რობოტებთან და ასევე ადამიანებთან<sup>410</sup>.

<sup>407</sup> Natalie Sidamonidze. Artificial intelligence is a challenge and some methodological aspects of its realization. Transactions. Georgian Technical University. AUTOMATED CONTROL SYSTEMS - No 1(28), 2019.

<sup>408</sup> A robot broke a child's finger at a chess tournament in Moscow The robot did not like the child's haste, he grabbed the boy's index finger and squeezed it hard. An unpleasant incident involving a robot happened in Moscow at the Moscow Chess Open chess tournament: **the Chessrobot chess robot broke the finger of 7-year-old Christopher**, who is in the top 30 strongest chess players in Moscow under 9 years old.

<https://www.ixbt.com/news/2022/07/21/robot-slomal-palec-rebenku-na-shahmatnom-turnire-v-moskve.amp.html>

<sup>409</sup> Digitalisation of Defence in NATO and the EU: Making European Defence Fit for the Digital Age // Dr Simona R. Soare // August 2023 // [https://www.iiss.org/research-paper/2023/08/digitalisation-of-defence--in-nato-and-the-eu/?\\_cldee=urGRDkJTZz-iQ3-3c0RoejkI4hzeuqTJdK\\_VYEPpM-qL1tLuQH1GroBaz3oM1geu&recipientid=contact-0c8b27c35ae5ec11bb3c6045bd10f30e-9deddc1b3f243a5a91a6116e1d2e6e0&esid=f2c4b594-2938-ee11-bdf4-6045bdd0ef4d](https://www.iiss.org/research-paper/2023/08/digitalisation-of-defence--in-nato-and-the-eu/?_cldee=urGRDkJTZz-iQ3-3c0RoejkI4hzeuqTJdK_VYEPpM-qL1tLuQH1GroBaz3oM1geu&recipientid=contact-0c8b27c35ae5ec11bb3c6045bd10f30e-9deddc1b3f243a5a91a6116e1d2e6e0&esid=f2c4b594-2938-ee11-bdf4-6045bdd0ef4d)

<sup>410</sup> NATO and the EU have embarked on a process of digital transformation of defence. In 2022 and 2023, NATO adopted its first-ever Digital Transformation vision and a Digital Transformation Implementation Strategy, while the EU endorsed a Strategic Implementation Plan for the Digitalisation of EU Forces, integrated cyber effects in EU military operations and prioritised digital capabilities under the fourth pillar (investment) of its Strategic Compass document. <https://www.iiss.org/globalassets/media-library---content--migration/files/research-papers/2023/08/pub23-047-executive-summary.pdf>



გეოპოლიტიკის მეტრი - ჰენრი კისინჯერი, 2018 წელს გამოქვეყნებულ საეტაპო მნიშვნელობის სტატიაში (How the Enlightenment Ends\_Philosophically, intellectually - in every way - human society is unprepared for the rise of artificial intelligence. By Henry A. Kissinger<sup>411</sup>) აერთხილებს თანამედროვე საზოგადოებას ხელოვნური ინტელექტის დარგში არაპროგნოზირებადობის რისკების შესახებ.

საყურადღებოა, რომ ისეთმა გამოჩენილმა მოაზროვნემ და სახელმწიფო მოღვაწემ, როგორცაა ჰენრი კისინჯერი, მიმართა სხვადასხვა სფეროში მომუშავე მეცნიერებს გააერთიანონ მცდელობები, რათა გაიაზრონ თუ რა შედეგებს მოიტანს შემდგომში ხელოვნური ინტელექტის განვითარება და რა გავლენას მოახდენს ადამიანის სამომავლო ბედზე.

მეცნიერული ცოდნის რეალიზაციამ ჩამოაყალიბა კაცობრიობისათვის თანამედროვე მსოფლიო წესრიგი, მაგრამ დღეს, სწრაფი ციფრული ტრანსფორმირების ფონზე, ეს წესრიგი განიცდის სისტემურ ცვლილებას, რისი საბოლოო შედეგი დღეისათვის არაპროგნოზირებად კატეგორიას წარმოადგენს, რომლის შედეგადაც, შეიძლება შეიქმნას სრულიად ახალი სამყარო, რომელიც დაამკვიდრებს სრულიად სხვა, უცნობ აქსიოლოგიურ<sup>412</sup> სისტემას.

---

<sup>411</sup> <https://www.theatlantic.com/magazine/archive/2018/06/henry-kissinger-ai-could-mean-the-end-of-human-history/559124/>)

<sup>412</sup> აქსიოლოგია - ფილოსოფიური მოძღვრება ღირებულებებზე. ღირებულებებში იგულისხმება იდეები, იდეალები, შეხედულებები, პრინციპები, რომლებიც საფუძვლად უდევს ადამიანთა ცხოვრების წესს.

## რეზიუმე

### დოქტურანტურის სალექციო კურსი - „მასალათა მიღების, თვისებათა პროგნოზირების და ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები“

#### პროფ. მამუკა მაცაბერიძე

სალექციო კურსი წარმოადგენს სტუ-ის დოქტურანტურის საგანმანათლებლო პროგრამის სასწავლო გეგმის მდგენელს და წარმოდგენილია სახელდებით: EETI6504G2-LS მასალათა მიღების, თვისებათა პროგნოზირების და ექსპერიმენტის დაგეგმვის მეთოდები. აღნიშნული სასწავლო ლიტერატურა განკუთვნილია სტუ-ის ქიმიური ტექნოლოგიისა და მეტალურგიის ფაკულტეტის, ქიმიური და ბიოლოგიური ინჟინერიის სადოქტორო საგანმანათლებლო პროგრამის სტუდენტებისათვის, ასევე, მითითებული პრობლემით დაინტერესებული მკითხველისათვის. ნაშრომში განხილული საკითხები დალაგებულია კურსისათვის დამტკიცებული პროგრამის (სილაბუსის) მიხედვით და მოიცავს პროგრამულად განსაზღვრულ ყველა საკითხს. სალექციო კურსი მოიცავს 494 გვერდს: შედგება სარჩევისა და 15 თავისაგან (სალექციო თემისაგან). თითოეული სალექციო თემა წარმოდგენილია ციტირებული ლიტერატურის ჩამონათვალით. დოქტურანტურის სალექციო კურსში თანამედროვე ლიტერატურის მონაცემების ანალიზის საფუძველზე სრულყოფილად არის მიმოხილული მასალათა მიღების ის ძირითადი თეორიული პრინციპები, რომელთა ცოდნაც აუცილებელია ამა თუ იმ ექსპერიმენტის დაგეგმვა-წარმართვისთვის, თვისებათა პროგნოზირებისა და მიღებული შედეგების გაანალიზებისათვის. საქმე ეხება არა მარტო არსებული ტრადიციული სახეობის მასალების მიღებას, არამედ უახლესი ტექნოლოგიების საფუძველზე ახალი მასალების მიზნობრივ დაგეგმვასა და შექმნას. წარმოდგენილ სალექციო კურსში განხილულია როგორც ტექნიკაში, ასევე ქიმიურ და ბიოლოგიურ ტექნოლოგიებში გამოსადეგი მრავალი სახეობის მასალის მიღების საფუძვლები, ტრადიციული მასალებიდან დაწყებული და თანამედროვე პროდუქციით დამთავრებული.

**საკვანძო სიტყვები:** „ჭკვიანი მასალები“, „მწვანე“ სასუქები, ბიოპლასტიკები, თვითაღდგენადი პოლიმერული კომპოზიტი, მიკროკაფსულირება, საქართველოს ქვანახშირის კონკურენტუნარიანობის ზრდის ფაქტორები, ფოროვანი მასალები, საგზაო-საშენი მასალებით უზრუნველყოფის სტრატეგიები, სამრეწველო ჩამდინარე წყლების გაწმენდა, ბუნებრივი ნივთიერებები და მათი გამოყენების პერსპექტივები, კვლევის სტრატეგიათა ტოპოლოგია.

## Resume

### **Doctoral lecture course - "Methods of obtaining materials, predicting properties and planning experiments"**

**Prof. Mamuka Matsaberidze**

The lecture course is the compiler of the study plan of the doctoral educational program of GTU (Georgian Technical University ) and is presented under the names: EETI6504G2-LS methods of material acquisition, property prediction and experiment planning. The mentioned educational literature is intended for the students of the Faculty of Chemical Technology and Metallurgy of Georgian Technical University, the Doctoral Educational Program of Chemical and Biological Engineering, as well as for readers interested in the specified problem. The issues discussed in the paper are arranged according to the program (syllabus) approved for the course and include all issues to be discussed programmatically. The lecture course includes 494 pages: it consists of a table of contents and 15 chapters (lecture topics). Each lecture topic is represented by a list of cited literature. In the doctoral lecture course, on the basis of data analysis of modern literature, the basic theoretical principles of receiving materials are fully reviewed, the knowledge of which is necessary for planning and conducting this or that experiment, for predicting properties and analyzing the obtained results. It concerns not only the adoption of existing traditional types of materials, but also the purposeful planning and creation of new materials based on the latest technologies. The presented lecture course discusses the basics of making many types of materials useful in technology, chemical and biological technologies, starting from traditional materials and ending with modern products.

**Key words:** "smart materials", "green" fertilizers, bioplastics, self-healing polymer composite, microencapsulation, growth factors of the competitiveness of georgian coal, porous materials, strategies for providing road-building materials, industrial wastewater treatment, natural substances and their application prospects, research topology of strategies.