

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

დავით გურგენიძე, მალხაზ წიქარიშვილი,
თეიმურაზ ბულია

პორტების რეკონსტრუქცია-გაფართოების
კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდები და
მოდელები ფოთის პორტის მაგალითზე



დამტკიცებულია მონოგრაფიად
საქართველოს ტექნიკური
უნივერსიტეტის სარედაქციო-
საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 27.12.2023, ოქმი №4

თბილისი
2024

უკ 627.212

მონოგრაფიაში განხილულია პორტში ნავმისადგომის ნაგებობების კომპლექსური დიაგნოსტიკის გამოყენების მეთოდური უზრუნველყოფა და მოდელირების მეთოდოლოგიის დამუშავება ექსპლუატაციის საიმედოობის, სიმტკიცისა და სტაბილურობის დასადგენად, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

მონოგრაფია განკუთვნილია საინჟინრო დარგში მომუშავე მეცნიერი მუშაკებისთვის, სამშენებლო პროფილის დოქტორანტების, მაგისტრანტებისა და ბაკალავრებისთვის.

რეცენზენტები: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი, დოქტორი მერაბ ნიკოლაიშვილი,

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის პროფესორი, დოქტორი ლერი ზამბახიძე



წიგნი გამოიცა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მხარდაჭერით, გრანტი ნომერი SP-23-663“

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2024

ISBN 978-9941-512-15-5

<http://www.gtu.ge>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ფოტო, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.

წიგნში მოყვანილი ფაქტების სიზუსტეზე პასუხისმგებელია ავტორი/ავტორები.

ავტორის/ავტორთა პოზიციას შეიძლება არ ემთხვეოდეს საგამომცემლო სახლის პოზიციას.



შინაარსი

წინასიტყვაობა.....	7
შესავალი	10
თავი 1. კვლევის ძირითადი დებულებები	22
თავი 2. თანამედროვე მდგომარეობის მიმოხილვა და ანალიზი ..	36
2.1. ზოგადი დებულებები	36
2.2. შპუნტებისა და მოლოს მასივების გადახრის მიზეზები	59
თავი 3. პორტის ნაგებობების დიაგნოსტიკის პირდაპირი და შებრუნებული ამოცანები	72
3.1. ამოცანის დასმა	72
3.2. გემის პირობითი კორპუსის კედელთან შეხების წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა (პირდაპირი ამოცანა)	74
3.3. ჯდომის კორექტირების განსაზღვრა	86
3.4. შებრუნებული (უკუ) ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი და ფორმულები	103
3.5. პირდაპირი და შებრუნებული (უკუ) ამოცანების დასკვნები და გადაჭრის თანმიმდევრობა	109
3.6. პორტის ნაგებობების ამრიდი მოწყობილობების ტექნიკური მდგომარეობის კვლევა	114
3.7. ამრიდი მოწყობილობების დეფექტების ანალიზი	130
თავი 4. კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის დამუშავება ნავმისადგომის საპასუხისმგებლო ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობის დასადგენად	133
4.1. გეოტექნიკური კვლევები	133
4.1.1. ჭაბურღილები. პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტი (CPT)	140

4.1.2. პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტები (CPT)	144
4.1.3. ლაბორატორიული ტესტები	148
4.1.4. ტესტირების შედეგების ანგარიშები	150
4.1.5. ფაქტობრივი გეოტექნიკური კვლევის ანგარიში	151
4.1.6. ინტერპრეტაციული გეოტექნიკური კვლევის ანგარიში	153
4.2. ტოპოგრაფიის მეთოდოლოგია, ხელსაწყოები და გამოყენების მაგალითები	157
4.3. ბათიმეტრიული დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგია, ხელსაწყოები და გამოყენების მაგალითი	172
4.3.1. მრავალსხივიანი ბათიმეტრიული კვლევა	173
4.3.2. გამოყენებული პროგრამული უზრუნველყოფა	175
4.4. გამოყენების მაგალითი	175
4.5. სონარის (აზომვები) გვერდითი სკანირება	186
4.6. წყალქვეშა ROV ინსპექტირება	187
თავი 5. მოდელირების მეთოდოლოგია და მოდელის პარამეტრები	191
5.1. მოდელირების მეთოდოლოგია	191
5.1.1. ტალღის გავრცელების ნორმალური პირობები	191
5.1.2. ტალღის ექსტრემალური პირობები	193
5.2. მოდელირების მომზადება	197
5.2.1. საანგარიშო ბადეები	197
5.2.2. მოდელის პარამეტრები	199
5.3. მოდელირების შედეგები – ნაპირის ახლოს ტალღის პირობები	201
5.4. ღელვის კლიმატი სანაპიროზე	203
5.4.1. ზოგადი	203
5.4.2. ღელვის კლიმატი ლოკაციაზე P5	204

5.5. ექსტრემალური პირობები PPZ +0.78მ-თვის ნაპირის ახლოს	212
5.6. ტალღის ექსტრემალური პირობების სივრცული განაცემი (მიდგომა 1)	216
თავი 6. ნავმისადგომის დიაგნოსტიკის მართვა არამკაფიო თეორიის საფუძველზე	222
6.1. შესავალი	222
6.1.1. მიზმული გემების ქცევა	222
6.1.2. ზღვა, ღელვა და ინფრაგრავიტაციული ტალღები	224
6.1.3. ნავმისადგომთან მიზმული გემების მოდელირება	227
6.1.4. MIKE 21 BW მოდელი	229
6.1.5. მოდელის ზონა	229
6.1.6. მოდელის ბადე	230
6.1.7. მოდელის ბათიმეტრია	230
6.1.8. ტალღის არეკვლა და ფორიანობა	231
6.1.9. ტალღის პირობები	235
6.1.10. ალტერნატივები	239
6.1.11. ტალღის შეღწევის შედეგები	241
6.1.12. 5 და 15 სიმულაციების შედეგები	242
6.1.13. ბაზისური ვარიანტის შედარება ალტერნატივებთან	248
6.2. ნავმისადგომის ნაგებობების დიაგნოსტიკის მართვა არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე	252
6.2.1. საკითხების დასმა	252
6.2.2. არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის ზოგადი მიმოხილვა	253
6.2.3. არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის მიდგომა ნავსადგურების ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მართვისათვის	255
6.2.4. ექსცენტრისიტეტი	267

6.2.5. ინტერაქტიური პროგრამული პაკეტი გემის ჯდომის სრული კორექტირების გაანგარიშებისათვის	271
6.2.6. პროგრამული პაკეტი, ნავსადგომების ტექნიკური დიაგნოსტიკის მართვა Fuzzy ტექნოლოგიების გამოყენებით (Matlab-ის ბაზაზე)	272
თავი 7. კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის გამოყენების მაგალითები	282
7.1. ფოთის პორტის მოლოს ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკა	283
7.2. კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის გამოყე- ნების მაგალითი (საყრდენი კედლების კომპლექსური დიაგნოსტიკა)	298
7.3. რეკონსტრუქციის პროექტისთვის კომპლექსური დიაგნოსტიკის საფუძველზე მომზადებულია შემდეგი რეკომენდაციები	318
დასკვნა	324
დანართი: ფოთის პორტის მოლოს რეკონსტრუქციის ფრაგმენტები	326
ლიტერატურა	351

წინასიტყვაობა

მონოგრაფიაში განხილულია პორტში ნავმისადგომის ნაგებობების კომპლექსური დიაგნოსტიკის გამოყენების მეთოდური უზრუნველყოფა და მოდელირების მეთოდოლოგიის დამუშავება ექსპლუატაციის საიმედოობის, სიმტკიცისა და სტაბილურობის დასადგენად, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

სივრცით-ტერიტორიული და ეკონომიკური შეზღუდვების ფარგლებში საზღვაო ნავსადგურების განვითარების პრობლემის გადასაჭრელად ტარდება მრავალრიცხოვანი და მრავალმხრივი კვლევები, რისთვისაც ფართოდ გამოიყენება და ადაპტირდება უცხოური გამოცდილება. პრობლემა კვლავ მწვავედ დგას თითოეული ძველი საზღვაო პორტისთვის, რომელსაც, როგორც ობიექტს, აქვს საერთო ინდივიდუალური თვისებების კომპლექსები, მოთხოვნები და შეზღუდვა განვითარებასთან დაკავშირებით.

ამ პრობლემის მეცნიერულ საფუძველზე გადაჭრის აუცილებლობამ, რეკომენდაციების ნაკლებობამ პორტის განვითარების ორგანიზების მეთოდებსა და მოდელებზე და განვითარებადი პორტისთვის ლოჯისტიკური სერვისის სისტემების ჩამოყალიბებამ განსაზღვრა კვლევის თემის აქტუალობა და მონოგრაფიის განსაკუთრებული მნიშვნელობა, ხოლო კვლევის მიმართულება და შინაარსი წინასწარ განისაზღვრა დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის სრულყოფით, ორგანიზაციის მეთოდებისა და ლოჯისტიკური სერვისების ტიპური მოდელებით.

ნაშრომის კვლევის მიზანია საქართველოს საზღვაო პორტების განვითარების ამ ეტაპზე, მზარდი ტვირთბრუნვისათვის შეზღუდული სივრცითი და ტერიტორიული რესურსების პირობების შექმნა, რაც მიიღწევა პორტში ნავმისადგომის საპასუხისმგებლო ნაგებობების კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდების გამოყენების მეთოდური უზრუნველყოფით და მოდელირების მეთოდოლოგიის დამუშავებით, მათი ექსპლუატაციის საიმედოობის, სიმტკიცისა და სტაბილურობის დასადგენად, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

კვლევის ობიექტია ფოთის პორტი, ზვირთმჭრელის (მოლოს) კონსტრუქცია და ნავმისადგომის საყრდენი კედლები, ასევე ამრიდი მოწყობილობები, პორტის გაფართოების და რეკონსტრუქციის ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზება და მართვა. კვლევის შედეგების ნაწილობრივი აპრობაცია განხორციელდა პორტის განვითარების ორგანიზების მოდელის შემუშავებისას მოლოს, საყრდენი კედლებისა და ამრიდი მოწყობილობების დიაგნოსტიკისა და რეკონსტრუქციის ჩათვლით.

კვლევა, რომლის შედეგები წარმოდგენილია მონოგრაფიაში, განხორციელდა სისტემური მიდგომის, მართვის თეორიის, ორგანიზაციის თეორიისა და ლოჯისტიკური თეორიის საფუძველზე. კვლევის თეორიულ და მეთოდოლოგიურ საფუძველს წარმოადგენს სისტემური და სტრუქტურული ანალიზი; კომპლექსური დიაგნოსტიკური მეთოდები, ტალღების მოდელირების მეთოდოლოგია და ტექნიკური დიაგნოსტიკის მართვა არამკაფიო თეორიის საფუძველზე.

ნაშრომში შემოთავაზებული მეთოდოლოგიის გამოყენებით, ფოთის პორტის ნავმისადგომის და მოლოს კონსტრუქციის დეტალური დიაგნოსტიკით და დიდვადიანი დაკვირვების შედეგებით განისაზღვრა ნავმისადგომის გაფართოება-დაღრმავება, მოლოს კონსტრუქციის აღდგენის გზები და საიმედო ექსპლუატაციის ვადის გახანგრძლივება.

მონოგრაფია შედგება 7 თავის, დანართის და გამოყენებული ლიტერატურისაგან. მისი გამოცემის მნიშვნელობა ძალიან დიდია ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მიმართულებით მომუშავე მეცნიერებისათვის, დოქტორანტების და მაგისტრანტებისათვის, ზოგადად დარგის განვითარებისათვის საქართველოში. წიგნი გამოიცემა „შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის“ მხარდაჭერით, გრანტი ნომერი „SP-23-663“.

ავტორები დიდ მადლობას ვუხდით რეცენზენტებს, რომლებმაც დაწვრილებით განიხილეს ნაშრომი და სასარგებლო შენიშვნები მოგვცეს რეცენზირების პერიოდში, ასევე დიდ მადლობას ვუხდით დარგის მეცნიერებს, პროფესორებს: მ. ახოზაძეს, შ. გაგოშიძეს, მ. ყალაბეგიშვილს, ა.საყვარელიძეს, ფოთის პორტის ფლობელს APMT-ს, საპროექტო ორგანიზაციას Royal HaskoningDHV (RHDHV)-ის და სამშენებელ კორპორაციას „N.V. BESIX S.A.“-ის, სამშენებლო კომპანიას „პრაიმ ბეტონი“-ს, საზედამხედველო და საექსპერტო ორგანიზაციას „მშენ-ექსპერტი“-ს, მათ მიერ ჩატარებული კვლევების გაზიარებასა და საპროექტო დოკუმენტაციის გაცნობაში დახმარებისათვის.

შესავალი

მსოფლიო ბაზრის განვითარებამ, საერთაშორისო ინდუსტრიულმა ურთიერთობებმა და საგარეო ვაჭრობამ განაპირობა საქართველოში ტვირთის ნაკადების მოცულობის დინამიკური ზრდა, მათ შორის საზღვაო პორტებში, როგორც მსოფლიო საბაზო სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურა. განსაკუთრებით გაიზარდა აბრეშუმის გზის შემადგენლობაში მყოფი საქართველოს შავი ზღვის საზღვაო ნავსადგურების როლი, რომელსაც ისინი ტრადიციულად ასრულებენ აღმოსავლეთის და დასავლეთის ქვეყნებთან ტვირთების გადასატანად. საქართველოს პორტები საკოორდინაციო სატრანსპორტო კვანძებიდან იქცევა ლოჯისტიკურ გამანაწილებელ ცენტრებად, რომელთა განვითარებისთვის ტერიტორიული და სივრცითი შესაძლებლობები ამოწურულია. ახლა ეს პრობლემა უფრო მწვავე ხდება საქართველოსთვის, რადგან ქვეყნის საზღვაო პორტების მდგომარეობა ვერ აკმაყოფილებს პორტებში ტვირთების ნაკადის მზარდ მოცულობას.

ქალაქ ფოთის საზღვაო პორტის მიმდებარე ტერიტორიებისა და ობიექტების მდგომარეობის შესწავლა საშუალებას გვაძლევს დავასკვნათ, რომ არსებობს შეზღუდული რესურსების მქონე პორტის შესაძლებლობათა განვითარების სხვადასხვა ვარიანტები, რომელთა მეშვეობით ხდება პრობლემის გადაჭრა.

სივრცითი-ტერიტორიული და ეკონომიკური შეზღუდვების ფარგლებში საზღვაო ნავსადგურების განვითარების პრობლემის გადასაჭრელად ტარდება მრავალრიცხოვანი და მრავალმხრივი კვლევები, რისთვისაც ფართოდ გამოიყენება და ადაპტირდება

უცხოური გამოცდილება. პრობლემა კვლავ მწვავედ დგას თითოეული ძველი საზღვაო პორტისთვის, რომელსაც, როგორც ობიექტს, აქვს საერთო ინდივიდუალური თვისებების კომპლექსები, მოთხოვნები და შეზღუდვა, განვითარებასთან დაკავშირებით.

ამრიგად, ამ პრობლემის მეცნიერულ საფუძველზე გადაჭრის აუცილებლობამ, რეკომენდაციების ნაკლებობამ პორტის განვითარების ორგანიზების მეთოდებსა და მოდელებზე და განვითარებადი პორტისთვის ლოჯისტიკური სერვისის სისტემების ჩამოყალიბებამ განსაზღვრა კვლევის თემის აქტუალობა და მონოგრაფიის განსაკუთრებული მნიშვნელობა, ხოლო კვლევის მიმართულება და შინაარსი წინასწარ განისაზღვრა დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის სრულყოფით, ორგანიზაციის მეთოდებისა და ლოჯისტიკური სერვისების ტიპური მოდელებით.

ნაშრომის კვლევის მიზანია საქართველოს საზღვაო პორტების განვითარების ამ ეტაპზე, მზარდი ტვირთბრუნვისათვის შეზღუდული სივრცითი და ტერიტორიული რესურსების პირობების შექმნა, რაც მიიღწევა პორტში ნავმისადგომის საპასუხისმგებლო ნაგებობების კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდების გამოყენების მეთოდური უზრუნველყოფით და მოდელირების მეთოდოლოგიის დამუშავებით, მათი ექსპლუატაციის საიმედოობის, სიმტკიცისა და სტაბილურობის დასადგენად, ადგილობრივი პირობების გათვალისწინებით.

კვლევის ობიექტია ფოთის პორტი, ზვირთმჭრელი ანუ ე.წ. მოლოს კონსტრუქცია და ნავმისადგომის საყრდენი კედლები, ასევე ამრიგი კონსტრუქციები, პორტის გაფართოების და რეკონსტრუქციის ტექნოლოგიური პროცესის ორგანიზება და მართვა. კვლევის შედეგების

ნაწილობრივი აპრობაცია განხორციელდა პორტის განვითარების ორგანიზების მოდელის შემუშავებისას მოლოს, საყრდენი კედლებისა და ამრიდი კონსტრუქციების დიაგნოსტიკისა და რეკონსტრუქციის ჩათვლით.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე მონოგრაფიის გამოცემის მნიშვნელობა ძალიან დიდია ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მიმართულებით მომუშავე მეცნიერებისათვის, დოქტორანტებისა და მაგისტრანტებისათვის, ზოგადად დარგის განვითარებისათვის საქართველოში. მისი გამოცემით ამ მიმართულებით გაჩნდება ახალი სამეცნიერო ნაშრომების შექმნის მეტი პერსპექტივა, რაც აუცილებელია დარგის განვითარებისათვის.

მსოფლიო და რეგიონული სტატისტიკის მიხედვით, საზღვაო გემების ავარიული და ნავიგაციური შემთხვევების მესამედზე მეტი პორტების აკვატორიაში ხდება, ანუ მნიშვნელოვნად უფრო მეტი, ვიდრე სხვა სანაოსნო ზონებში [1,2]. მათ შორის დომინანტურია შემთხვევები დამცავ ჯებირებსა და ნავმისადგომებთან, ავარიების აბსოლუტური უმრავლესობა კი წარმოიქმნება გემების ნავმისადგომთან დამაგრების სამუშაოების დროს. აქედან გამომდინარე, ნავმისადგომების ოპერაციების უსაფრთხოება მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ფლოტისათვის ამ ტიპის შემთხვევების სიხშირის შემცირებაში [3,4].

ნავმისადგომის საპასუხისმგებლო ნაგებობები არის ზვირთმჭრელი ანუ ე.წ. მოლო, საყრდენი კედლები და ამრიდი კონსტრუქციები.

ბოლო წლების განმავლობაში დიდი ყურადღება ექცევა ფოთის პორტის სხვადასხვა ნაგებობების ტექნიკურ მდგომარეობას [3]. ეს,

მნიშვნელოვანწილად, ეხება ნავმისადგომებს, რადგან ისინი საკვანძო რგოლია არსებულ სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურაში.

ფოთის ნავსადგური არის ყველაზე დიდი პორტი საქართველოში და ერთ-ერთი მთავარი საზღვაო ნავსადგური შავი ზღვის აღმოსავლეთ სანაპიროზე. იგი აშენდა XIX საუკუნის 50-იან წლებში და მდებარეობს მდინარე რიონის შესართავის ჩრდილოეთით. შენდებოდა 1889-1905 წლებში ნიკო ნიკოლაძის ინიციატივითა და ხელმძღვანელობით. ფოთის ნავსადგური მთელი წლის განმავლობაში მუშაობს [5, 6].

2006 წლიდან 2008 წლამდე ძირითადი რეაბილიტაცია განხორციელდა X ბლოკის ერთი ფენის მოწყობით.

პორტის ამჟამინდელი მფლობელის, APMT-ის მიერ მიღებული ერთ-ერთი ღონისძიება არის წყალსატევის რეაბილიტაცია, რათა თავიდან იქნეს აცილებული სტრუქტურის ჩამონგრევა იმ უბნებში, რომლებიც ყველაზე მეტადაა დაზიანებული, რათა არ შემცირდეს გადატვირთვა, რაც ამჟამად ხდება და რაც იწვევს პორტის უმოქმედობის პერიოდების გაზრდას. ასევე დაგეგმილია პორტის გაფართოება.

რეგიონის პორტებში გამოყენებული ნავმისადგომების კონსტრუქციები ძირითადად შემდეგი სახისაა: ფოლადის ფურცლისგან (შპუნტ-ნარანდიანი ხიმინჯი) დამზადებული ბოლვერკის ტიპის კედლები, გრავიტაციული კედლები ჩვეულებრივი მასივებისგან და ბეტონის ან ლითონის ხიმინჯების ესტაკადური კონსტრუქციები. მათგან ბოლვერკი ფოლადის ფურცლის წყობით (შპუნტნარანდიანი ხიმინჯი) და ჩვეულებრივი მასივების კედელი იკავებს ნავმისადგომის ხაზის დიდ ნაწილს. გამოკვლევების გაზრდილი რაოდენობის შედეგად მოქმედ

ნავმისადგომებში გამოვლინდა ზოგიერთი ტიპური დეფექტები კერძოდ, ფოლადის ფურცლის წყობის (შპუნტი) ბოლვერკის, ზედნაშენი რკინაბეტონის კონსტრუქციების დაზიანება ბუნებრივი ფაქტორების ზემოქმედებით, გემის გვერდების (ბორტი) და ტვირთების შედეგად ამრიგი კონსტრუქციების მუშაობის დარღვევა ან მდგომარეობის გაუარესება; შპუნტების წყობის კოროზია და დეფექტები მოსაზღვრე შპუნტების გადაბმის ადგილებში; არასტანდარტული სოლისებრი შპუნტების გამოყენება მშენებლობისას. ჩვეულებრივი მასივისგან მოწყობილ ნავმისადგომებში ასევე გამოვლინდა ზედნაშენისა და დამცავი ფარების დაზიანებები, მონოლითური ბეტონის საძირკველის გამორეცხვა და ეროზია მასალების უხარისხობისა და გემების ხრახნების არასათანადო მუშაობის გამო.

ნაგებობების (კედლების) დასახელებული ტიპებისთვის საკმაოდ გავრცელებული დეფექტია შპუნტის წყობის ან მასივის გადახრა წყალქვეშა ნაწილში საპროექტო პოზიციიდან დასაშვებ მნიშვნელობაზე მეტი ოდენობით (ყველაზე საშიშია აკვატორიის მხარეს, ფსკერის არეში). როგორც ნავმისადგომის სტრუქტურების კვლევები აჩვენებს, ეს გადახრა უმეტეს შემთხვევაში სამუშაოების შესრულებისას ყალიბდება. კედლის ასეთი გადახრა, ისევე როგორც დამცავი ფარების წყობიდან გამოსვლა, პირდაპირ აისახება ნავმისადგომების ოპერაციულ უსაფრთხოებაზე, ე.ი. ზრდის გემის ბორტის შეხების ალბათობას ნავმისადგომის კონსტრუქციის იმ ნაწილებთან, რომლებიც ამისათვის არ არის განკუთვნილი.

შპუნტის წყობის სტანდარტისგან ზედმეტად გადახრის პრობლემა საკმაოდ აქტუალურია იმის გამო, რომ რეგიონში და არა მარტო

რეგიონში არის ათეულობით ნავმისადგომი, რომლებსაც მსგავსი გადახრა გააჩნია. როგორც კვლევებმა აჩვენა, ასეთი გადახრა აქვს შპუნტის წყობისგან [6, 7, 8, 9] ბოლვერკის ტიპის ნავმისადგომების უმეტესობას.

კედლის გადახრა, რომელიც აღემატება სტანდარტს, მოითხოვს ნავმისადგომის საოპერაციო პარამეტრების ცვლილებას: გემის წყალშიგისა და მისი დასაშვები გადახრის შემცირებას, დამცავი ფარებისა და ზედნაშენის სიგანის ცვლილებას. როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, მნიშვნელოვანია ზუსტად განისაზღვროს გემის წყალშიგის შემცირება, რადგან მისი მცირეოდენი ცვლილებაც კი დიდ გავლენას ახდენს ნავმისადგომის გამოყენების ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე. მაგალითად, თუ გემის საერთო წყალშიგი დაახლოებით 8-9 მ, მისი ზრდა მხოლოდ 15-20 სმ-ით მოგვცემს გემის წყალწყვის ზრდას რამდენიმე ასეული ტონით, რაც თავის მხრივ შეესაბამება მცირე ზომის გემის წყალწყვას [10, 11, 12, 13].

ამავდროულად, ნავმისადგომების ოპერაციული უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად უმნიშვნელოვანესი როლი ეკუთვნის ამრიდ მოწყობილობებს (კონსტრუქციებს).

საზღვაო ტრანსპორტის განვითარების ზოგადი ტენდენციაა გემების ტვირთზიდვის გაზრდის სურვილი, რაც მიიღწევა ტვირთ-ამწეობისა და პორტში ტვირთბრუნვის სიჩქარის გაზრდით [5, 14, 15, 16, 17, 18]. ეს ფაქტორები გავლენას ახდენს ნავმისადგომის ობიექტების აღჭურვილობის არჩევაზე. გემის ტვირთამწეობა და მოძრაობის სიჩქარე, აგრეთვე ქარი და ტალღები განსაზღვრავს იმ დატვირთვებს, რომელიც გადაეცემა ნავმისადგომს დამცავი ფარების საშუალებით.

დატვირთვები იზრდება გემის ტვირთამწეობის, სიჩქარისა და ტვირთბრუნვის მატებასთან ერთად, რადგან გემებს უფრო ხშირად უწევთ ნავმისადგომთან მიახლოება და გამოსვლა რაც მნიშვნელოვნად ზრდის კონსტრუქციების დატვირთვებს.

ნავმისადგომის ობიექტების უსაფრთხოების უზრუნველსაყოფად და გემის ბორტის დაზიანებისგან დასაცავად საჭიროა დასაბუთებულად შეფასდეს მათ შორის ურთიერთქმედების მექანიზმი, კერძოდ, საჭიროა იმ მოწყობილობებისა და დანადგარების მუშაობის ანალიზი, რომელიც განსაზღვრავს გემისა და ნავმისადგომის ნორმალური ურთიერთქმედების უზრუნველყოფას [5, 6, 10, 20].

ნავმისადგომისთვის საკმაოდ მწვავეა ამრიდი კონსტრუქციების საიმედოობის გაზრდისა და გაუმჯობესების პრობლემა, ასევე პორტის მნიშვნელოვანი ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობის დადგენა და დიაგნოსტიკა მათი საიმედო ექსპლუატაციის შესაფასებლად, რაც დღესდღეობით მეტად აქტუალურია [21, 22, 23, 24, 25, 26, 27].

კვლევა, რომლის შედეგები წარმოდგენილია მონოგრაფიაში, განხორციელდა სისტემური მიდგომის, მართვის თეორიის, ორგანიზაციის თეორიისა და ლოჯისტიკური თეორიის საფუძველზე. კვლევის თეორიულ და მეთოდოლოგიურ საფუძველს წარმოადგენს შემდეგი მეთოდები და მოდელები: სისტემური და სტრუქტურული ანალიზი; კომპლექსური დიაგნოსტიკური მეთოდები, როგორცაა ურღვევი კონტროლის, გეოტექნიკური, ტოპოგრაფიული, ბათი-მეტრული, წყალქვეშა ROV და სონარის გვერდითი სკანირების

მეთოდები; ტალღების მოდელირების მეთოდოლოგია და ტექნიკური დიაგნოსტიკის მართვა არამკაფიო თეორიის საფუძველზე.

კვლევის დროს გამოყენებულია სისტემური და სტატისტიკური ანალიზის, დაკვირვების, კლასიფიკაციისა და სტატისტიკური დაჯგუფების, ლოგიკური და შედარებითი ანალიზის, ეკონომიკური და მათემატიკური მოდელირებისა და პროგნოზირების მეთოდები. მეთოდოლოგიურ და სტატისტიკურ ბაზად გამოყენებულია სახელმწიფო ორგანოების ნორმატიული, მეთოდოლოგიური და სტატისტიკური მონაცემები, მასალები და ინფორმაცია და სხვა წყაროები, რომლებიც ასახავს საქართველოს საზღვაო პორტების კერძოდ, კი ფოთის საზღვაო პორტის მუშაობას.

კვლევა ეფუძნება საქართველოში და უცხოეთში ჩატარებულ ნავმისადგომის ნაგებობების, მთლიანი სივრცის ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მოდელირების ანგარიშებს და შედეგების ანალიზს.

მიღებული უნიკალური შედეგები განსაზღვრავს სამეცნიერო ნაშრომის ღირებულებას და მდგომარეობს შემდეგში: მაღალტექნოლოგიური და ზუსტი დიაგნოსტიკის მეთოდებისა და ხელსაწყოების ერთობლივი თანმიმდევრულობით დამუშავდა კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგია მოდელირების პრინციპების გამოყენებისა და საკვლევი ობიექტის მახასიათებელი პარამეტრების სტატისტიკური ანალიზისა და არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე; შეიქმნა ახალი მიდგომა ნავმისადგომების ტექნიკური დიაგნოსტიკის მართვისათვის, რომელიც მთლიანად პასუხობს დასახული ამოცანების გადაჭრას. მიღებული შედეგები და მოდელი შემოწმებულია რეალურ მონაცემებზე დაყრდნობით. შეიქმნა ნავმისადგომის ტექნიკური

მდგომარეობის დიაგნოსტიკის შეფასების ახალი მეთოდი და ალგორითმი არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიისა და Fuzzy ტექნოლოგიების საფუძველზე: შეიქმნა ნავმისადგომის ტექნიკური დიაგნოსტიკისათვის ინტერაქტიური პროგრამული სისტემა ახალი ალგორითმის საფუძველზე.

დამუშავებული მეთოდოლოგიის აპრობაცია წარმატებით განხორციელდა კონკრეტულ ობიექტებზე ფოთის პორტში (მოლოსა და საყრდენ კედლებზე) და დამტკიცდა მისი საიმედოობა, რაც განსაზღვრავს სამეცნიერო ნაშრომის ღირებულებას და პერსპექტივას, როგორც სასწავლო დისციპლინად, ისე სამეცნიერო მიმართულებით გამოყენებისათვის.

მონოგრაფია შეიცავს შესავალს, შვიდ თავს, დასკვნას, ცნობარს გამოყენებული ლიტერატურის შესახებ და დანართს.

მიღებული შედეგების პრაქტიკული მნიშვნელობა მდგომარეობს იმაში, რომ ნავსადგურის განვითარების ორგანიზების შემოთავაზებული მეთოდებისა და მოდელების განხორციელება საშუალებას მისცემს შეზღუდული სივრცითი და ტერიტორიული პოტენციალის მქონე საზღვაო პორტების განვითარებას, რაც საშუალებას იძლევა გაზარდოს პორტის ტვირთის ნაკადების მოცულობა და გაუმჯობესდეს სტრუქტურის, დამუშავების სერვისის, ტვირთის მფლობელების მომსახურების ხარისხი.

სამუშაოს სამეცნიერო სიახლეა არსებული მეთოდების დახვეწა და მოდელების შეთავაზება საზღვაო ნავსადგურის განვითარების ორგანიზებისთვის და განვითარებადი საზღვაო პორტების თავისებურებების გათვალისწინებით ლოჯისტიკური სერვისის მოდელის ფორმირება.

სამეცნიერო სიახლეების მქონე ძირითადი შედეგები მოიცავს შემდეგ დებულებებს:

- შემოთავაზებულია საზღვაო პორტებისა და ფაქტორების კლასიფიკაცია, რომლებიც გავლენას ახდენენ საზღვაო პორტის განვითარების მიმართულების არჩევაზე, გამოვლენილია ფაქტორების ობიექტური და სუბიექტური ჯგუფები; ასევე ორდონიანი სისტემის საფუძველზე ფაქტორების შერჩეული ჯგუფების გავლენა, ობიექტური ფაქტორების გავლენის პრიორიტეტის დადგენით;
- დაზუსტდა სავარაუდო ტვირთის ნაკადის ფორმირების ალგორითმი, რაც შესაძლებელს ხდის შეფასდეს ფოთის პორტის ინფრასტრუქტურის სიმძლავრეების, მოდელებისა და მეთოდების შეცვლის აუცილებლობა, სამუშაოს ორგანიზება და რეკონსტრუქცია-გაფართოების შესაძლებლობა პორტის განვითარებისათვის;
- შემუშავებულია ფოთის საზღვაო პორტის ლოჯისტიკური სერვისის მოდელის ალგორითმი, მათ შორის სპეციფიკური ხარისხის ინდიკატორები, რომლებიც გულისხმობს სერვისების ოპტიმალური ნაკრების ფორმირებას ფოთის მსგავსი სახის პორტების ეფექტური ფუნქციონირების ანალიზზე დაყრდნობით.
- დამუშავებულია კომპლექსური დიაგნოსტიკის გამოყენების მეთოდური უზრუნველყოფა და მოდელირების მეთოდოლოგია;
- ყველა ფაქტორის გათვალისწინებით, მაღალი სიზუსტით შეფასებულია ცვლილებები საექსპლუატაციო პარამეტრებში (დასაშვები გადახრა, ამრიდი მოწყობილობების ზომები, ზედნაშენის სიგანე), რომლებიც აუცილებელია ნავმისადგომის კედლების ზენორმატიული გადახრის კომპენსირებისთვის, ასევე შემოთავაზებულია ღონისძიებები, რომელთა განხორციელება მშენებლობის

დროს შესაძლებელს გახდის თავიდან იქნეს აცილებული გემის უშუალო კონტაქტი ნავმისადგომთან;

- ჩამოყალიბდა მოლოს ნაგებობის დამცავი კედლისა და შპუნტის წყობის საპროექტო მაჩვენებლებიდან გადახრის შესაძლო მიზეზების ჩამონათვალი;
- დადგინდა პორტში მოლოს კონსტრუქციის და ამრიგი მოწყობილობების მწყობრიდან გამოსვლის მთავარი მიზეზი, ტექნოლოგიური ხარვეზები და შემუშავდა ზოგადი მოთხოვნები, რომლებიც ზრდის მოლოს კონსტრუქციისა და ამრიგი მოწყობილობების საიმედოობას;
- განისაზღვრა პორტებში ამრიგი კონსტრუქციების სხვადასხვა დეფექტების გაჩენის სიხშირე;
- დადგენილია მოლოს კონსტრუქციების აღდგენის, ხანგრძლივი საექსპლუატაციო ვარგისიანობის, სიმტკიცისა და სტაბილურობის პირობები და კონსტრუქციული გადაწყვეტები;
- შეიქმნა ნავმისადგომების სტრუქტურული მოდელირებისა და მართვის ახალი მეთოდი არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე, რომელიც შეიცავს თვითმასწავლ ალგორითმებს, მთლიანად პასუხობს დასახულ ამოცანებს.

ყოველივე ზემოთ ჩამოთვლილი სიახლე ანიჭებს წარმოდგენილ მონოგრაფიას გამორჩეული სამეცნიერო ნაშრომის სტატუსს, რაც ხელს შეუწყობს ახალგაზრდა მეცნიერებს, დოქტორანტებს, მაგისტრანტებს შეისწავლონ ისეთი უახლესი დიაგნოსტიკური მეთოდები და სისტემები, რომლებიც საქართველოში პრაქტიკულად არ გამოიყენება. აღნიშნულ საკითხებზე ასეთი სრულყოფილი სახის მონოგრაფია პირველად გამოდის.

ნაშრომში შემოთავაზებული მეთოდოლოგიის გამოყენებით, ფოთის პორტის ნავმისადგომისა და მოლოს კონსტრუქციის დეტალური დიაგნოსტიკით და დიდვადიანი დაკვირვების შედეგებით განისაზღვრა ნავმისადგომის გაფართოება-დაღრმავების საკითხები, მოლოს კონსტრუქციის აღდგენის გზები და საიმედო ექსპლუატაციის ვადის გახანგრძლივება.

თავი 1. კვლევის ძირითადი დებულებები

საგარეო სავაჭრო ურთიერთობების გაფართოება და მოხმარების ზრდა განაპირობებს ეკონომიკის განვითარების გლობალური ტენდენციებში საქართველოს ჩართულობას.

ჩვენი ქვეყნის საგარეო სავაჭრო ბრუნვის მაჩვენებლები სტაბილურად იზრდება და მოწმობს ეკონომიკური პოტენციალის განვითარებასა და გაძლიერებაზე.

საზღვაო პორტები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ და უზრუნველყოფენ როგორც საგარეო ვაჭრობის გაფართოებას, ასევე სატრანზიტო და შიდა ტვირთების ნაკადების ტრანსპორტირებას, ამიტომ მათი განვითარებისა და გაფართოების პრობლემები აქტუალური რჩება.

მკვლევართა უმეტესობა თანამედროვე საზღვაო პორტისა და მისი ინფრასტრუქტურის ადგილსა და როლს სატრანსპორტო სისტემასა და საგარეო ვაჭრობაში ტრადიციის მიხედვით არ განისაზღვრავს, როგორც ეროვნული ან საერთაშორისო სატრანსპორტო სისტემის კვანძს და გვთავაზობს მისი განხილვის ახალ კონცეფციას, რომელიც დაფუძნებულია სატრანსპორტო და ლოჯისტიკური პარადიგმაზე და მას ტერიტორიის ან ქვეყნის სატრანსპორტო და ლოჯისტიკური განაწილების სისტემის ცენტრად ან ძირითად ელემენტად მიიჩნევს.

ეს გაფართოებული ხედვა მიუთითებს პორტის როლის გადახედვაზე სატრანსპორტო სისტემაში, ხოლო ტვირთბრუნვისა და მგზავრთა ბრუნვის გაზრდის ფარგლებში მუდმივი ძიება ხდება არსებული პორტის ინფრასტრუქტურის განვითარების (მოდერნიზა-

ციის) და ახლის აშენების გზების დაგეგმვაში.

მსოფლიო პრაქტიკაში საზღვაო ნავსადგურების განვითარებისთვის იქმნება დამატებითი პორტები, რომლებიც, როგორც სატრანსპორტო სისტემის დამოუკიდებელი ელემენტები, ქმნიან ტვირთების გადამუშავების ახალ მიმართულებას.

ჩვენი აზრით, პორტების თანამედროვე გაგება, რომლებიც ავსებენ ძირითად ადგილებს და განლაგებულია მიმდებარე ტერიტორიებზე, სრულად არ ასახავს ტექნოლოგიების ცვლილებებისა და პორტში ტვირთის გადაზიდვის ორგანიზების ზოგიერთ მახასიათებელს.

მაშასადამე, დამჭერ პორტში, ჩვენი აზრით, უნდა იგულისხმებოდეს სატრანსპორტო სისტემის სტრუქტურული ერთეული, რომელიც ითავსებს მთავარი პორტის ტვირთის ნაკადის ნაწილის დამუშავების ფუნქციებს. ამავდროულად, მთავარი პორტის ფუნქციებში მნიშვნელოვანი ცვლილება არ შეინიშნება. დამჭერი პორტი წარმოადგენს საზღვაო ნავსადგურის სატრანსპორტო-ლოჯისტიკური სისტემის დამხმარე ელემენტს და არანაირად არ ცვლის მთავარ პორტს ახალ ან დამატებულ ტერიტორიაზე.

სპეციალიზებული პორტისკენ ტვირთების გადანაწილების დროს გადამუშავებული ტვირთების დიაპაზონის ნაწილის მთავარ პორტში გადატანის შემთხვევაში, ამ უკანასკნელმა უნდა გადაჭრას გამოთავისუფლებული სიმძლავრეების გამოყენების პრობლემა.

ამრიგად, ერთი პორტის ფუნქციები იყოფა ორ სპეციალიზებულ პორტს შორის დამუშავებული ტვირთის ნაკადის ტერიტორიული განლაგების მიხედვით.

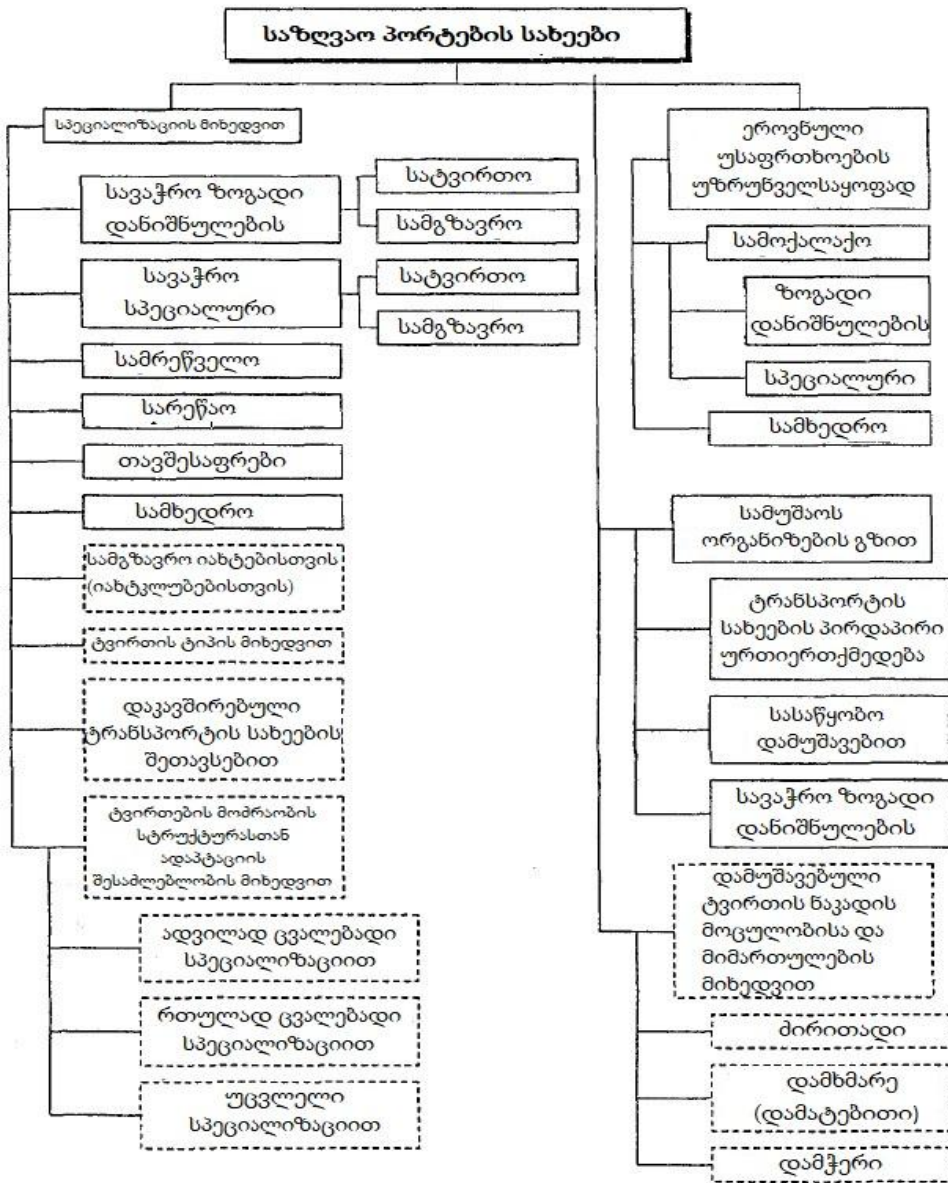
სხვადასხვა კონცეფციების დანერგვა საშუალებას გვაძლევს ვამტკიცოთ, რომ საზღვაო პორტის განვითარების ორგანიზების მეთოდებისა და მოდელის მიხედვით უნდა გადაწყდეს ამოცანების განსხვავებული ნაკრები, თითოეული ახალი ტიპის პორტის გამორჩეული მახასიათებლების გათვალისწინებით (ცხრილი 1.1), სადაც ჩართული უნდა იქნას კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდები პორტის ძირითადი ნაგებობების მზიდუნარიანობის დასადგენად.

ცხრილი 1.1

დამჭერი და სპეციალიზებული პორტის პარამეტრები

პარამეტრი	პორტის ტიპი	
	სპეციალიზებული	დამჭერი
ტვირთის ნაკადი	ვიწრო ნომენკლატურა	ფართო ნომენკლატურა
მიწოდების სქემები	სპეციალიზებული, შერჩეული ტვირთის ნაკადებისთვის	უნივერსალური
მომსახურების მასშტაბი	მაღალი ხარისხის მომსახურება შერჩეული ტვირთის ნაკადებისთვის	მომსახურების ფართო სპექტრი აშკარა სპეციალიზაციის გარეშე
საინფორმაციო სისტემის მიმართულება	ტვირთის ნაკადისთვის	მომხმარებლისთვის

მესამე თაობის პორტებისთვის დავალებების გაფართოებული ჯგუფის ანალიზი საქართველოში საზღვაო პორტების ფორმირების ფარგლებში, როგორც ეროვნული სატრანსპორტო და ლოჯისტიკური სისტემის ძირითადი ელემენტები და საზღვაო პორტებში ტრანსპორტის გზების ურთიერთქმედების შესაძლო ვარიანტების ანალიზი, გახდა საფუძველი პორტების არსებული კლასიფიკაციის შევსებისთვის მნიშვნელოვანი მახასიათებლებით (ნახ. 1.1).



ნახ. 1.1. საზღვაო პორტების კლასიფიკაცია

დანერგილი დამატებითი ფუნქციებიდან პირველი – სატრანსპორტო და ლოჯისტიკური სერვისების კომპლექსის სპეციალიზაციის დონე – საშუალებას გვაძლევს შეაფასოთ ტვირთის გადამუშავების საჭირო ტექნოლოგია, რაც დამოკიდებულია პორტის მიერ მიღებული ტვირთის ძირითად დიაპაზონზე და ტრანსპორტის დაკავშირებულ

რეჟიმებზე. მაგალითად, პორტებისთვის ტვირთის გადაზიდვის უმარტივესი მოწყობა არის ტვირთის სპეციალიზაცია. ამ შემთხვევაში დამუშავების ტექნოლოგია უნივერსალურია და არ საჭიროებს კომპლექსურ კოორდინაციას. პორტი აღჭურვილი უნდა იყოს ერთიანი ტექნოლოგიური და გადაზიდვის აღჭურვილობით, რის გამოც მიიღწევა დაზოგვის მაღალი დონე.

კიდევ ერთი კლასიფიკაციის მახასიათებელი არის პორტის ობიექტების ადაპტაციის დონე ტვირთის გადაზიდვის ტექნოლოგიის ცვლილებებთან დაკავშირებით. ნავმისადგომების ადაპტაციის დონის შესაფასებლად უნდა გამოვლინდეს საპროექტო ხარჯები, რომლებიც საჭიროა პორტის სატვირთო მიმოსვლის დაგეგმილი მოცულობისა და სტრუქტურის მართვის ტექნოლოგიის შესარჩევად, აგრეთვე ტექნოლოგიური მოდერნიზაციისა და საჭირო აღჭურვილობის გადანაწილების ხარჯები ნავსადგურის ტერიტორიაზე.

საგარეო სავაჭრო გადაზიდვების განვითარების პირობებში საზღვაო პორტების/ტერმინალების დაპროექტება დღეს მეცნიერებისა და პრაქტიკოსების მიერ განიხილება როგორც რეგიონული, სახელმწიფო და გლობალური დონის ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანესი პრობლემა, რაც დაკავშირებულია:

- საზღვაო ტრანსპორტისა და საზღვაო პორტების განვითარებაზე მოქმედ ფაქტორების დიდ რაოდენობასთან;
- მაღალ საინვესტიციო რისკთან, რომელიც დაკავშირებულია გადაწყვეტილების მიღებასთან დაპროექტების ეტაპზე.
- სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურისა და ეკონომიკის განვითარების ურთიერთდამოკიდებულებასთან.

საზღვაო ტრანსპორტის ან ცალკეული პორტის განვითარების

ორგანიზებისთვის გამოვლენილი მოდელებისა და სხვადასხვა წყაროში გათვალისწინებული ფაქტორების გამოყენებით განხორციელდა სისტემატიზაცია რამდენიმე მეცნიერის მიერ, რომელთა უპირველესი მიზანი იყო მეთოდოლოგიურ აპარატში შემდგომი განხილვის გარეშე, მარტივად დაეჯგუფებინათ და დოკუმენტურ ბაზაზე მეცნიერულად განეხილათ პორტის განვითარების დაპროექტება, დაპროექტებამდე აუცილებელია შეწავლილი იქნას ძირითადი არსებული ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობა კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდებით და მოდელებით, რომელიც შემდეგ თავებშია მოცემული.

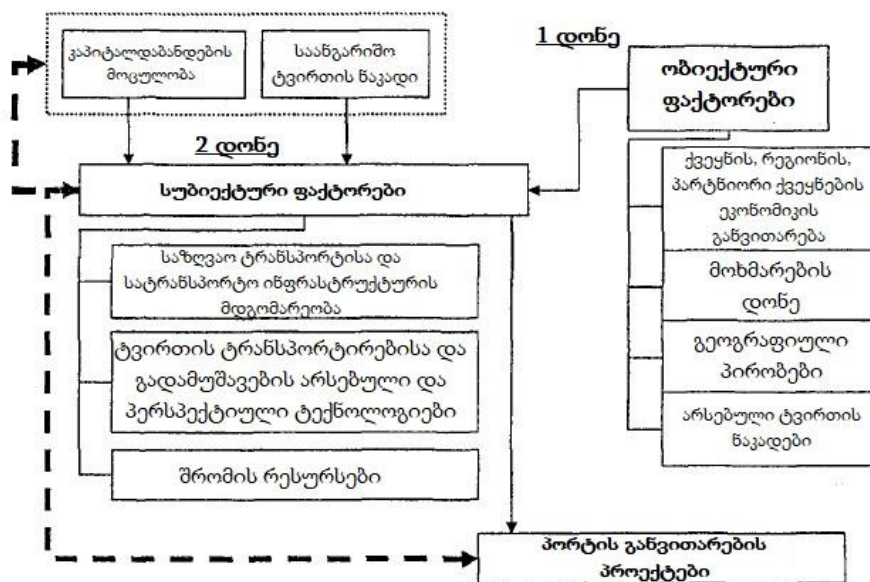
არსებულ კლასიფიკაციებში შეტანილია დამატებითი მახასიათებელი – ადამიანის გავლენა გარემოზე და, შესაბამისად, შესასწავლი მახასიათებლების დაყოფა ობიექტურ და სუბიექტურ ფაქტორებად.

ობიექტური არის ის ფაქტორები, რომლებიც უნდა შეფასდეს პორტის განვითარების მიმართულების და მისი მდებარეობის შესაბამისი ტერიტორიული, გეოგრაფიული, კლიმატური, ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობის და სხვა მახასიათებლების არჩევით, რაც ობიექტურად მოქმედებს პორტის სივრცითი განვითარების შესაძლებლობებზე და მის პოტენციალზე. მოდელის არჩევანი, სავარაუდოდ, მათ შეფასებაზე იქნება დამოკიდებული, საპირისპირო ეფექტის პროგნოზირება რთულია.

სუბიექტურად მიჩნეულია ის ფაქტორები, რომლებიც პირდაპირ არის დამოკიდებული კაპიტალდაბანდების მოცულობაზე და პორტის განვითარების ორგანიზების მოდელზე – დამჭერსა თუ სპეციალიზებულზე.

ზოგადად, პორტის დაპროექტებისას ფასდება ურთიერთდამოკი-

დებულება კაპიტალდაბანდების, საანგარიშო ტვირთის ნაკადსა და ობიექტურ ფაქტორებს შორის, რაც ასახულია 1.2 ნახ-ზე.



ნახ. 1.2. პორტის რესტრუქტურის/განვითარების პროექტის ფორმირებაზე მოქმედი ფაქტორების აღრიცხვის ორდონიანი სისტემა.

საპროექტო ტვირთბრუნვის შეფასება ყველაზე მნიშვნელოვანი ნაბიჯია საზღვაო პორტის განვითარების პროექტის ეკონომიკურ დასაბუთებაში. თუმცა, მისი შესრულება შესაძლებელია ტრადიციული მეთოდების შესაბამისად, ჩვენ განვიხილავთ ყველაზე პროდუქტიულ მიდგომას, რომელიც დაფუძნებულია რისკების შეფასებაზე, მაგრამ მხოლოდ მისი მომავალი სპეციალიზაციის მოდელთან ერთად, რომელიც ქმნის განვითარების პროექტის საფუძველს.

რისკის მაღალი დონე, ჩვენი გაგებით, უნდა ასახავდეს პორტის არსებული შესაძლებლობებისა და ტექნოლოგიების ადაპტაციის მაღალ ხარისხს მომსახურების წარმოებისთვის სატვირთო მიმოსვლის სტრუქტურისა და მოცულობის ცვლილების პირობებთან. რისკის ეს

დონე შეესაბამება საზღვაო პორტის ტიპს, რომელშიც ადვილია სპეციალობის შეცვლა ერთიანი აღჭურვილობისა და მაღალი ადაპტაციის გამო გადაზიდვის აღჭურვილობის, ტერმინალების აღჭურვილობისა და პორტის ტერიტორიების გამოყენებაში.

ადაპტაციის დაბალი ხარისხი წინასწარ განსაზღვრავს სპეციალიზაციას ტვირთის ნაკადის მკაცრად განსაზღვრული სტრუქტურისთვის, რომელშიც დადგენილია ნაკადის შევსების საზღვრები თითოეული ტიპის ტვირთის მოცულობასთან შესაბამისად. მომსახურების, ლოჯისტიკური სერვისის და ინფრასტრუქტურის წარმოების შესაძლებლობებისა და ტექნოლოგიების დაპროექტება უნდა განხორციელდეს მხოლოდ მკაცრად განსაზღვრული ტვირთის მოცულობისა და მიმართულებისთვის. პორტის ადაპტაციის ასეთი ტიპები მიიჩნევა მოქნილად და ზოგიერთ შემთხვევაში ორგანიზაციულად და ეკონომიკურად შეუძლებლად.

ადაპტაციის ნებისმიერი დონის პორტებისთვის, საჭიროა და ნერგავენ „სარისკო ტვირთის ნაკადის“ კონცეფციას. ასეთი ტვირთის მოცულობა და სტრუქტურა რისკის ზონაშია, რომლის ქვედა ზღვარი განისაზღვრება პორტის მუშაობის ეკონომიკური მიზანშეწონილობის სიდიდით. როდესაც ტვირთის ნაკადის მოცულობა და სტრუქტურა არ იძლევა პორტის საექსპლუატაციო ხარჯების კომპენსირების საშუალებას, მაშინ მისი ზედა ზღვარი განისაზღვრება ტვირთბრუნვის გადამუშავების მაქსიმალური მოცულობის მნიშვნელობით, ტვირთბრუნვის სტრუქტურის ცვლილებებთან მოქნილი ადაპტაციის შესაძლებლობის გათვალისწინებით და დაკარგული მოგების ოდენობით, რომლითაც შეუძლებელია შემოთავაზებული სამუშაოს

შესრულება.

გარკვეული ტიპის პორტის დაპროექტებისას რისკის ზონის სიდიდის დასადგენად ჩვენ ვთავაზობთ რისკის ზონის საზღვრების დასაშვები მნიშვნელობის პარამეტრის შემოღებას, რამაც უნდა დაადგინოს მომსახურების წარმოებაში ტექნოლოგიური, ორგანიზაციული და მმართველობითი ცვლილებების ღირებულება. მასზე გავლენას ახდენს ტვირთის ნაკადის მოცულობის და მისი სტრუქტურის ცვლილება ღირებულების თვალსაზრისით. პორტის განვითარების სცენარების შესაბამისად გაანგარიშებულია გათვალისწინებული ტვირთბრუნვის საპროექტო სიმძლავრეები და მოცულობები.

პარამეტრის მნიშვნელობის დასადგენად სავსებით მართებულია სტატისტიკის, სოციოლოგიის, მათემატიკის, ფინანსური მათემატიკის და ალბათობის თეორიის თანამედროვე აპარატზე დაფუძნებული მეთოდების გამოყენება. მაგალითად, ზარალის ალბათობის მრუდის აგების მეთოდი საშუალებას იძლევა არა მხოლოდ შეფასებების, არამედ რისკის ზონის იდენტიფიცირების საშუალებას.

ფოტის პორტში ტვირთის ნაკადების ორგანიზებისა და ცვალებადობის შესახებ არსებული სტატისტიკური მონაცემთა ბაზის, ალბათობის თეორიის მეთოდებისა და პრობლემის გადასაჭრელად ტვირთის ნაკადების რესტრუქტურისა და ან საზღვაო პორტის განვითარებისას, „სამი სიგმას“ წესის გამოყენებით, ჩვენ გამოვთვალეთ დასაშვები რისკის ემპირიული სკალა (ცხრილი 1.2), რომელიც შეიძლება გამოყენებულ იქნას მოქნილი სპეციალიზაციის შესახებ გადაწყვეტილების მისაღებად პორტში ტვირთების მოძრაობის სტრუქტურის შესაბამისად.

საზღვაო პორტის რესტრუქტურის ან განვითარების პროცესში დანაკარგების დასაშვები რისკის ემპირიული სკალა

არასასურველი შედეგის ალბათობა (რისკის მნიშვნელობა)	რისკის ინტერვალის დასახელება
0,0-0,1	მინიმალური რისკი
0,1-0,3	მცირე რისკი
0,3-0,4	საშუალო რისკი
0,4-0,6	მაღალი რისკი
0,6-0,8	კრიტიკული რისკი
0,8-1,0	კატასტროფული რისკი

სატვირთო მიმოსვლის დაპროექტების პროცესის ძირითადი ეტაპები მოცულობის, სტრუქტურისა და მიმართულებების მიხედვით, ზოგადად მიღებული მიდგომის მიხედვით, არის:

1. ტვირთის ნაკადების რეტროსპექტული ანალიზი;
2. ბაზრის გავლენისა და ტენდენციების შესწავლა;
3. სამომავლოდ გადაზიდვის ზრდის ტემპის შეფასება;
4. ტვირთის ნაკადებზე შესაძლო ზემოქმედების შესწავლა;
5. სატრანზიტო გადაზიდვის შესწავლა;
6. ტვირთების ტრანსპორტირებისა და გადაზიდვის ტექნოლოგიის განვითარების შესაძლო ტენდენციების ანალიზი და აღრიცხვა;
7. მიღებული მონაცემების განზოგადება და განვითარების სხვადასხვა სცენარის ვარიანტების შემუშავება პორტის რესტრუქტურის ან განვითარების და ტვირთების მიმოსვლის შედეგად მისაღები დანაკარგების რისკის შეფასებით;
8. ტვირთის მოცულობის, გემების რაოდენობისა და ზომის, სეზონური არათანაბრობის პროგნოზის შემუშავება თითოეული ვარიანტისა და სცენარისთვის.

საზღვაო პორტის განვითარების ორგანიზების მეთოდებისა და მოდელების გათვალისწინებით, ბოლო დროის შრომებში გვთავაზობენ ტრადიციულ მეთოდებში აღწერილი ალგორითმის დამატებას რამდენიმე ეტაპით, რაც საშუალებას გვაძლევს გავითვალისწინოთ განვითარების შესაძლო მიმართულებები, რომლებიც დამოკიდებულია მოდელზე და არა ახალი მშენებლობის მოცულობაზე. წარმოდგენილ ალგორითმში გამოკვეთილია ის ნაწილი, რომელიც ამ კვლევისთვის უმნიშვნელოვანესია და თეორიული და მეთოდოლოგიური გზავნილების გათვალისწინებით განასხვავებს მიდგომას სხვა მეცნიერებისა და მკვლევრების მსგავსი მიდგომებისგან.

რესტრუქტურული პორტისთვის საპროგნოზო სატვირთო ნაკადის შესახებ საპროგნოზო მონაცემების ფორმირება და განზოგადება უნდა განხორციელდეს შემდეგი თავისებურებების გათვალისწინებით:

1. დამჭერი პორტისთვის მთავარი ყურადღება დაეთმობა ტვირთის ნაკადების მოცულობების პროგნოზირებას, რომელიც მთავარმა პორტმა უნდა გადასცეს დამჭერს საქონლის შეთანხმებული ნომენკლატურისა და სატრანსპორტო და ლოჯისტიკური მომსახურების კომპლექსის მიხედვით, რაც არ გამოიწვევს მთავარი პორტის ფუნქციონირებაში მნიშვნელოვან ცვლილებებს, მაგრამ მოითხოვს საზღვაო პორტის საქმიანობის ახალი საკოორდინაციო სქემის შექმნას, რომელიც ეფუძნება ორ სივრცულად განცალკევებულ მოედანს.

2. სპეციალიზებული პორტის მშენებლობისას საჭირო იქნება ძირითადი პორტის ტვირთების მოძრაობის ცვლილების შედეგების

შეფასება და სპეციალიზებული პორტის სიმძლავრეების ექსპლუატაციაში გაშვების დაპროექტება. სპეციალიზებული ტვირთის ნაკადი „მოწყვეტილი“ ძირითადიდან მთლიანად ან მეტწილად გადამისამართდება სპეციალიზებულ პორტში, რაც წინასწარ განსაზღვრავს მთავარ პორტში გადატვირთვის სიმძლავრეების შესაძლო გადაჭარბების შეფასების აუცილებლობას და მათი გამოყენების დაგეგმვას სხვა ტვირთების ნაკადების მოსამსახურებლად.

ამავდროულად უნდა აღინიშნოს, რომ წინასწარი გათვლებით მთავარი პორტის განვითარების ორგანიზაციის მოდელი და სპეციალიზებული პორტის შექმნა, როგორც ძირითადის შემვსები, უფრო კაპიტალის ინტენსიური ვარიანტი იქნება, ვიდრე განვითარების ორგანიზაციის მოდელი დამატებითი დამჭერი პორტის გამოყოფით.

ზოგადად, პორტის განვითარების მოდელების ეკონომიკური ეფექტურობის შეფასება მოითხოვს მახასიათებლების, დაზუსტებისა და გამოთვლების გათვალისწინებას არა მხოლოდ ტრადიციული მეთოდების საფუძველზე, არამედ სხვადასხვა ფაქტორების გავლენის შეფასების, ტვირთის მოძრაობის პროგნოზის სანდოობის გათვალისწინებით მოცულობის, ნომენკლატურისა და მიმართულების თვალსაზრისით, ასევე საჭიროებს ინვესტიციის დაფინანსების წყაროს კონცეპტუალური სქემის გამოყენებას.

ეკონომიკური ურთიერთობების პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სერვისის კომპონენტი თანამედროვე პირობებში საშუალებას აძლევს ნებისმიერ კომპანიას, რომელიც ორიენტირებულია დიდი რაოდენობის მომხმარებელთა მომსახურებაზე, დინამიკურად განვითარდეს და საზღვაო პორტი, როგორც რეგიონის სატრანსპორტო და ლოჯისტიკური სისტემის მრავალფუნქციური ობიექტი, არ არის გამონაკლისი.

საზღვაო პორტში ლოჯისტიკური სერვისების ორგანიზების თავისებურებების გათვალისწინებით, მივედით დასკვნამდე, რომ აუცილებელია ლოჯისტიკური სერვისების საკუთარი კლასიფიკაციის შემუშავება იმის გამო, რომ ჩვენთვის ხელმისაწვდომ წყაროებში მოცემული კლასიფიკაცია სრულად არ ასახავს სხვადასხვა ლოჯისტიკური სერვისის ობიექტების თავისებურებებს.

მომსახურების ყველაზე მნიშვნელოვანი პარამეტრების ანალიზმა საშუალება მოგვცა ჩამოგვეყალიბებინა დამატებითი კლასიფიკაციის ნიშნები, რომლებიც გავლენას ახდენენ საზღვაო პორტის ლოჯისტიკური სერვისის სისტემაზე. ამავდროულად, გადამწყვეტი გახდა პორტის ტიპი და მისი სპეციალიზაცია სატვირთო გადაზიდვების კუთხით რისკის შერჩეული დონით.

პორტში ლოჯისტიკური სერვისის სისტემის ფორმირების ალგორითმი შეიძლება მოკლედ იყოს წარმოდგენილი, როგორც სავალდებულო ინტერაციების თანმიმდევრობა:

- საპროექტო ცვლილებების ზოგადი კონფიგურაციის განსაზღვრა ძირითადი და შემსვები პორტების მოედნებზე ყველაზე დაბალი ჯამური დანახარჯებით;
- მომხმარებელთა მომსახურების დონისა და ლოჯისტიკური სერვისის სისტემის დაპროექტებული შესაძლებლობების შეფასება;
- მინიმალური საერთო დანახარჯების უზრუნველყოფა ყველა ადგილზე, რომელიც საჭიროებს რეორგანიზაციას;
- პროექტის მგრძობელობის ანალიზი სერვისის დონის მატებაზე, ტვირთის ნაკადის მოცულობის ან მისი ცვლილებების მიმართ, ტვირთების ნაკადის მიმართულობის და დამატებითი შემოსავლის შექმნასთან პირდაპირ დაკავშირებული დანახარჯები.

ძირითად და დამატებით ობიექტებზე ლოჯისტიკური სერვისის ზღვრული დონის განსაზღვრა.

1.3 ცხრილში შემოთავაზებულია ლოჯისტიკური სერვისის შეფასების მაჩვენებლები, რომლებიც გათვალისწინებული უნდა იქნას პორტის გაფართოება-რეკონსტრუქციის საკვლევ-სადიებო და დაპროექტების სტადიაზე.

ცხრილი 1.3

მომსახურების მაჩვენებლები საზღვაო პორტისთვის

მაჩვენებლის დასახელება	ფუნქციური მნიშვნელობა
1. მომხმარებელთა კმაყოფილების ხარისხი	ასახავს მომხმარებელთა მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების უნარს დროისა და მომსახურების ტიპების თვალსაზრისით
2. ოპერაციების შესრულება „დროულად“	ასახავს დადგენილი დროის ნორმატივების შესაბამისად შესრულებული ოპერაციების წილს
3. კომპლექსური მომსახურების ლოჯისტიკური ციკლის ჩატარების დრო	აჩვენებს პორტის ინფრასტრუქტურის გავლით ტვირთის გადაადგილებისთვის საჭირო საშუალო დროს

საზღვაო პორტისთვის ლოჯისტიკური სერვისის ხარისხის სპეციფიკური მაჩვენებლების ფორმირება უნდა განხორციელდეს იმ ფუნქციების გათვალისწინებით, რომლებიც შესრულებულია საზღვაო პორტის განვითარების ორგანიზების დაგეგმილი მოდელის ფარგლებში და გაფართოება-რეკონსტრუქციის დაგეგმვისას აუცილებელია პორტის კომპლექსური დიაგნოსტიკა და ტექნიკური საექსპერტო შეფასება, რაც არის მთლიანად პორტის გაფართოების და განვითარების ქვაკუთხედი. სწორედ კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდებს და მეთოდოლოგიას ეძღვნება ამ ნაშრომის შემდეგი თავები.

თავი 2. თანამედროვე მდგომარეობის მიმოხილვა და ანალიზი

2.1. ზოგადი დებულებები

პორტების ნავმისადგომების კვლევის მასალების, ნორმატიული და ტექნიკური ლიტერატურის მიმოხილვაზე დაყრდნობით [5, 6, 8, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36] გარე ფაქტორები, რომლებიც მოქმედებს ნავმისადგომებზე და საბოლოოდ იწვევს მათ დაზიანებას, შეიძლება დაიყოს შემდეგ ჯგუფებად:

- გარემოს ზემოქმედება – აგრესიული საზღვაო გარემოს, ტალღების, ნალექების ქიმიური ზემოქმედება, რომლებიც იწვევენ გამოყენებული სამშენებლო მასალების ამორტიზაციას, კოროზიას და დაზიანებას;
- ტექნოლოგიური დატვირთვების ზემოქმედება;
- ტექნოლოგიური ზემოქმედება გემებისგან (გემის ბორტების დაწნევა და ხრახნების მუშაობის შედეგად გამორეცხვა);
- მიწისქვეშა წყლების ზემოქმედება.

გემის ნავმისადგომთან მექანიკური ურთიერთქმედების პროცესი მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს თავად ნავმისადგომის სტრუქტურის მდგომარეობაზე და გემის კორპუსის მდგომარეობაზე. ნავმისადგომის კონსტრუქციის სტრუქტურულ ელემენტებთან გემის შეხების შედეგად წარმოქმნილი კორპუსის დეფექტები გავლენას ახდენს უსაფრთხოებაზე, ჰიდროდინამიკურ მახასიათებლებზე და, შესაბამისად, ამ გემის გამოყენების ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე. თავის მხრივ, გემის კორპუსთან ურთიერთქმედებით გამოწვეული კედლის დეფექტები მოითხოვს ძვირადღირებულ შემოწმებას, შეკეთებას და ამცირებს კონსტრუქციის მთლიან გამძლეობას. როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს,

ნავმისადგომების რიგარეშე კვლევების უმეტესობა ტარდება ზუსტად გემების ზემოქმედებით გამოწვეული მიზეზებით.

სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად აღრიცხვას დაქვემდებარებული ნავმისადგომის ნაგებობებზე დატვირთვები იყოფა მუდმივ და დროებით დატვირთვებად. გემის ზემოქმედება ნავმისადგომზე წარმოადგენს დროებით, ანუ მოკლევადიან დატვირთვას და შედგება:

- გემის სამაგრი ბაგირების (გვარლი) დამაბულობით გამოწვეული დატვირთვა, ქარის მოქმედება დამაგრებულ გემზე;
- დინამიკური დატვირთვა, რომელიც გამოწვეულია გემის ნავმისადგომთან მიმავლებისას;
- სტატიკური დატვირთვა ნავმისადგომზე მდგომი გემის ბორტისგან.

ყველა ჩამოთვლილი დატვირთვა ეხება დროებით, მოკლევადიანი მოქმედების დატვირთვას და, როგორც წესი, შედის დატვირთვების ძირითად კომბინაციაში ნავმისადგომების გაანგარიშებისას.

მასიური ქვისგან დამზადებული ნავმისადგომის ზედნაშენის კონსტრუქციის გაანგარიშებისას მხედველობაში მიიღება აღნიშნული დატვირთვები. ფოლადის ფურცლის წყობის (ნარანდიანი ხიმინჯი-შპუნტი) ტიპის ბოლვერკის გაანგარიშებისას მხედველობაში მიიღება სამაგრის დატვირთვა წამყვანი ღეროების (ანკერების) გაანგარიშებისას, ხოლო გემის დაწნევის დატვირთვა შეიძლება მხედველობაში იქნეს მიღებული ფრონტალური კედლის სიმტკიცის გაანგარიშებისას.

ჩამოთვლილი დატვირთვები ვრცელდება ნაგებობის ნაწილებზე, რომლებიც მდებარეობს წყლის დონის ზემოთ და, შესაბამისად, მათი გავლენა კონსტრუქციაზე ადვილად კონტროლდება. როგორც დინამიკური, ასევე სტატიკური დატვირთვა, ნორმების შესაბამისად

უნდა განხორციელდეს ამრიგი კონსტრუქციების მეშვეობით, ხოლო გემის დგომით გამოწვეული დატვირთვები ნავმისადგომის კონსტრუქციაზე გადაეცემა სპეციალური მოწყობილობების (სადგომი ტუმბო) საშუალებით, რომელთა ფუნქციაა გემებისგან წარმოქმნილი დატვირთვის შთანთქმა. რაც შეეხება გემის ბორტის შესაძლო კონტაქტებს წყლის დონის ქვემოთ მდებარე კონსტრუქციების ელემენტებთან, სტანდარტები ითვალისწინებს გარკვეულ მოთხოვნებს, რომლებიც შექმნილია ასეთი კონტაქტების შესაძლებლობის გამორიცხვის მიზნით.

პორტებში ნავმისადგომების ექსპლუატაციის გამოცდილება მიუთითებს, რომ გემის ზემოქმედების ყველაზე ხშირი შედეგებია ამრიგი კონსტრუქციების სამაგრების გატეხვა ან მწყობრიდან გამოსვლა და შედეგად ზედნაშენის დაზიანება. ნავმისადგომის ზედნაშენზე გემის ზემოქმედების შედეგები, როგორც წესი, ვითარდება შემდეგი სქემის მიხედვით: საპროექტო მდგომარეობა – ამრიგი კონსტრუქციის მსხვრევა არასათანადო ხარისხის ან ცვეთის გამო და გემის ზემოქმედება კედელზე, რომელიც არ არის დაცული ამრიგებით. ამ უკანასკნელს მივყავართ დამაგრების წერტილების შემდგომი გამოყენების შეუძლებლობამდე, რომლებიც იშლება ან დეფორმირდება.

საპროექტო პრაქტიკაში არსებობს ნაგებობის ფასადის სიბრტყის ოპტიმალური დიზაინის პრობლემა, რომელიც მდგომარეობს იმაში, რომ აუცილებელია განისაზღვროს ჰორიზონტალური მანძილი ზედა კონსტრუქციის ფასადის სიბრტყესა და წყალქვეშა ნაწილის ყველაზე ამოზურცულ წერტილს შორის. ნავმისადგომის უფრო უსაფრთხო

მუშაობისთვის, ერთის მხრივ, სჯობს გემის ბორტი მოშორდეს ნავმისადგომის წყალქვეშა ზედაპირს, გაფართოებულ კონსოლზე ამრიდების დაყენებით და, მეორე მხრივ, ასეთი კონსოლი იწვევს მასალების მოხმარებისა და ნაგებობის ღირებულების ზრდას, ამიტომ, როგორც წესი, ამრიდის კონსოლის ზომა მინიმალურია და განისაზღვრება გაანგარიშებით.

სრული გამოშვებისას მინიმალური (შეკუმშული ამრიდი მოწყობილობის შემთხვევაში) ჰორიზონტალური მანძილი გემის კორპუსის შეხების წერტილსა და კედლის წყალქვეშა ნაწილის ყველაზე ამობურცულ წერტილს შორის არის შემდეგი მნიშვნელობების ჯამი: კონსოლი (ჩვეულებრივ 30-50 სმ), პლუს ჩარჩოს სისქე (დაახლოებით 24 სმ), რომელიც არის პორტებში გამოყენებული ამრიდების უმეტესობაში და პლუს რეზინის ცილინდრის ზომა შეკუმშვისას.

ზემოთ აღწერილი ნავმისადგომის ობიექტების ძირითადი კონსტრუქციებისათვის კედლის გადახრა საპროექტო ნიშნულებიდან და, შედეგად, გემის ბორტის კონტაქტი ბოლვერკისთვის შესაძლებელი ხდება:

- ფოლადის შპუნტების გადახრის გამო, რაც გამოწვეულია მონტაჟის ხარვეზებით ან უფრო იშვიათად ექსპლუატაციის დროს მიღებული დეფორმაციის გამო;
- ზედაპირის წყალზედა ნაწილი, მიუხედავად დაზიანებების ხარისხისა, ადვილად ექვემდებარება ვიზუალურ და გეოდეზიურ კონტროლს. ფასადის ზედაპირის წყალქვეშა ნაწილის შემოწმება მხოლოდ მყვინთავების ან ძვირადღირებული აპარატურის გამოყენებით არის შესაძლებელი.

კედლის დათვალიერებისას მყვინთავი ვიზუალურად აფასებს მის მდგომარეობას და ექსპლუატაციის დროს მიღებულ დეფექტებს. ამ შემთხვევაში გამოიყენება კედლის სიბრტყის გვერდის შემოვლის ტექნიკა, რომელიც არ იძლევა შეუმოწმებელი ადგილებისა და მონაკვეთების დატოვების საშუალებას. ნავმისადგომების ტექნიკურ კონტროლში ჩართული ორგანიზაციების პრაქტიკაში მიღებული კომბინირებული პროფილების აგების მეთოდის მიხედვით, ნაგებობის კორდონის ხაზი იყოფა პიკეტებად ყოველ 10 მ ბიჯით. თითოეულ პიკეტზე, თავის მხრივ, ჩამოკიდებულია თოკი ტვირთვით (არანაკლებ 20 კგ, დატვირთვა უნდა იყოს საკმარისად დიდი, რათა გამოირიცხოს გადახრები).

ნავმისადგომის კორდონის ხაზიდან (თოკი ყოველ 1-2 მეტრში აღინიშნება ნიშნებით) მყვინთავი სპეციალური საზომის გამოყენებით ზომავს მანძილს თოკიდან კედლამდე მონიშნულ წერტილებში. ჩვეულებრივ ჩაყვინთვის პრაქტიკაში, დამკვიდრებული გამარტივებული ფორმით გაზომვები კედლიდან კაბელამდე ხდება სამ – ზედა, ქვედა და შუა წერტილში.

გარდა ამისა, მიღებული მონაცემების საფუძველზე თითოეულ პიკეტზე ყოველ 10 მეტრში კეთდება კედლის პროფილი, და გეოდეზიური გაზომვების საფუძველზე კი – დასკვნა საექსპლუატაციო პირობებზე კედლის მდგომარეობის გავლენის შესახებ. აღწერილი გზით კედლის პროფილის განსაზღვრის სიზუსტე დამოკიდებულია შემსრულებლების კვალიფიკაციაზე და ცდომილება არ უნდა აღემატებოდეს 5 სმ-ს. კომბინირებული პროფილის მისაღებად

კედლის წინ მდებარე ფსკერის პროფილს ემატება კედლის პროფილის მიღებული გაზომვები.

მყვინთავების მიერ გაზომილი კედლის პროფილები ერთადერთ ობიექტურ ინფორმაციად ითვლებოდა ადრეულ წლებში კედლის ზედაპირის შესახებ, რაც გამორიცხავდა გემის ბორტის არასასურველი კონტაქტის შესაძლებლობას.

ნავმისადგომების სანავიგაციო უსაფრთხოების ყველაზე მნიშვნელოვანი ელემენტი – ამრიგი მოწყობილობა ხშირად ურთიერთსაწინააღმდეგო მოთხოვნებს უნდა აკმაყოფილებდეს სხვადასხვა სფეროდან.

ამ კონსტრუქციებს უნდა ჰქონდეთ საკმარისი ენერჯის შთანთქმის უნარი შედარებით მცირე დეფორმაციისას და მინიმალური უკუცემითი ძალა მასზე ზემოქმედებისას. ამჟამად არ არსებობს ისეთი კონსტრუქცია ან მასალა, რომელიც გაუძლებს მუდმივი დაბალი ძალით დაწნევის ენერჯიას მთელ სამუშაო უბნის დეფორმაციის ზონაში. სამუშაო უბანზე ბოლოს ხდება დატვირთვის მკვეთრი მატება, რაც საფრთხეს უქმნის გემის ბორტს. გარდა ამისა, ამან შეიძლება გამოიწვიოს მკვეთრი უკუდარტყმა – გემის ბორტის უკუქცევა ამრიდისგან და წარმოიქმნება ხელახალი მიახლოების აუცილებლობა დამაგრების პროცესში. ერთი მხრივ, სასურველია მცირე დეფორმაცია კონსტრუქციული მოსაზრებებით გემის ბორტის დაწნევის დროს, მაგრამ, მეორე მხრივ, დიდი ძალისხმევაა საჭირო დიდი კინეტიკური ენერჯის მცირე დეფორმაციით შთანთქმისთვის.

ნორმის მიხედვით ამრიგ კონსტრუქციას უნდა ჰქონდეს შედარებით მცირე ზომები ნავმისადგომის ხაზის გასწვრივ, რადგან ამ მოწყობილობების ზომების გაზრდით იზრდება დატვირთვა ამწე

მექანიზმებზე და ნავმისადგომიდან გემის ბორტზე ტვირთის მიტანის დრო, რაც იწვევს გადატვირთვის ოპერაციების ღირებულების ზრდას. გარდა ამისა, ამრიგი მოწყობილობის ზომების გაზრდა იწვევს გრძივ დატვირთვებს გემის დამაგრების დროს, რამაც შეიძლება გადააჭარბოს გაანგარიშებით მიღებულ სიდიდეს და გამოიწვიოს ამრიგი კონსტრუქციების საკიდების წყვეტა.

ეს კონსტრუქციები უნდა იყოს მარტივი, საიმედო და ადვილად შესაცვლელი, იმის გამო, რომ მათი მოვლა ხორციელდება პორტის მექანიკური სამსახურების მიერ, რომელთაც, როგორც წესი, მათ არ გააჩნიათ სპეციალური მოწყობილობები რთული რემონტის ჩასატარებლად. თანამედროვე ეკონომიკურ პირობებში როგორც მშენებლები, ასევე პორტის ოპერატორები ცდილობენ გამოიყენონ ისეთი ამრიგი მოწყობილობები, ისეთი საკიდი სტრუქტურები, რომლებიც მათი წარმოებისას და შეკეთებისას მოითხოვს ელექტრული და გაზის ენერჯით შედულების და სხვა მარტივ მინიმალურ სამუშაოებს სამშენებლო უბნის პირობებში და არ საჭიროებენ სპეციალურ აღჭურვილობას. წინააღმდეგ შემთხვევაში მნიშვნელოვნად იზრდება ამრიგების მომსახურების საოპერაციო ხარჯები. ხარჯების შესამცირებლად ამრიგი კონსტრუქციები და მათი ელემენტები დამზადებული უნდა იყოს ხელმისაწვდომი და იაფი მასალისგან, თუმცა ხელმისაწვდომი მასალის გამოყენება ყოველთვის არ არის გამართლებული. მაგალითად, ყველაზე ხშირად დამცავი ფარის ხის ჩარჩოსთვის გამოყენებულ (რეზინის ცილინდრით D400) ფიჭვის მასალას არ აქვს დიდი სიმტკიცე და გამძლეობა, მისი შეცვლა სპეციალური მასალით ან მაღალი ხარისხის მერქნით მომსახურების

ვადას მნიშვნელოვნად გაზრდის. ეფექტური მომსახურების ვადის ზრდის ასევე გაღვანიზებული ან უმაღლესი ხარისხის ფოლადისგან დამზადებული ჭანჭიკების სამაგრების გამოყენება.

ამრიდი კონსტრუქციების პროექტირებისა და ექსპლუატაციის პროცესზე გავლენას ახდენს შემდეგი ძირითადი ფაქტორები:

გემების დიზაინი და კონფიგურაცია მუდმივად ვითარდება, სანაოსნო მოთხოვნების მიხედვით იცვლება მათი გეომეტრიული ფორმები და შესაბამისად იცვლება გემის ბორტის პარამეტრები, რომელსაც კონტაქტი უწევს ნავმისადგომთან;

ნავმისადგომებზე დაყენებული ამრიდი კონსტრუქციების სისტემები, მათი ექსპლუატაციის პერიოდის შესაბამისად, უნდა აკმაყოფილებდეს როგორც თანამედროვე, ასევე პერსპექტიულ გემებს, რომელთა გამოჩენაც უახლოეს მომავალშია მოსალოდნელი. ამრიდების ინსტალაციის სქემაზე დიდ გავლენას ახდენს ნავმისადგომის სპეციალიზაცია, ანუ ის განკუთვნილია განსაზღვრული წყალწყვის გემებისთვის (ან გარკვეული დიაპაზონის წყალწყვისთვის და შესაბამისი ზომის მქონე გემებისთვის) ან აქვს უნივერსალური დანიშნულება, ე.ი. მას შეუძლია სხვადასხვა ზომის გემის, მათ შორის სპეციალიზებული ხომალდების მიღება. რეგიონში ნავმისადგომები ძირითადად უნივერსალური დანიშნულებისაა.

ნავმისადგომის ნაგებობის კონსტრუქცია

დამცავი ფარი გადასცემს დატვირთვას გემებიდან ნავმისადგომის ნაგებობას. ნავმისადგომის მდგრადობა, კონსტრუქცია და განლაგება გარე ზემოქმედების ფაქტორების მიმართ განსაზღვრავს დატვირთვას

ამრიდ კონსტრუქციებზე და, შედეგად, მათ ზომებსა და სტრუქტურას. არსებობს ნავმისადგომები, რომლებიც მდებარეობს ტალღებისგან დაუცველ ან ცუდად დაცულ აკვატორიაში. ამ შემთხვევაში ამრიდებზე გაწეულმა ხარჯებმა შეიძლება გადამწყვეტი როლი ითამაშონ ნაგებობების მშენებლობასა და ექსპლუატაციაზე. უმეტეს შემთხვევაში მოწყობილია ზვირთმჭრელის ე.წ. მოლოს კონსტრუქცია, რომელსაც დიდი როლი ენიჭება აკვატორიიდან ნავმისადგომზე ტალღებისა და სხვა დარტყმების თავიდან აცილებისათვის და საიმედო ექსპლუატაციის შესანარჩუნებლად.

ნავმისადგომთან გემის მისვლა-მიმაგრების პროცესი

მრავალი ფაქტორი ახდენს გავლენას ენერჯის სიდიდეზე, რომელსაც გემი გადასცემს ნავმისადგომს მიახლოება მიმაგრების პროცესში, შესაბამისად, გემის კინეტიკური ენერჯია ამრიდთან კონტაქტში და შეხების შედეგად წარმოქმნილი დატვირთვა ვრცელდება როგორც გემის მხარეს, აგრეთვე ნავმისადგომზე. ნავმისადგომთან გემის მიახლოების მეთოდსა და ტექნიკას შეუძლია გავლენა მოახდინოს გემის სიჩქარისა და უსაფრთხოების კოეფიციენტის არჩევაზე არასტანდარტული პირობებისთვის. ადგილობრივმა პირობებმა, მასალებმა და თავისებურებებმა შეიძლება გავლენა მოახდინოს ამრიდების კონსტრუქციაზე, დიზაინისა და ინსტალაციის სქემაზე.

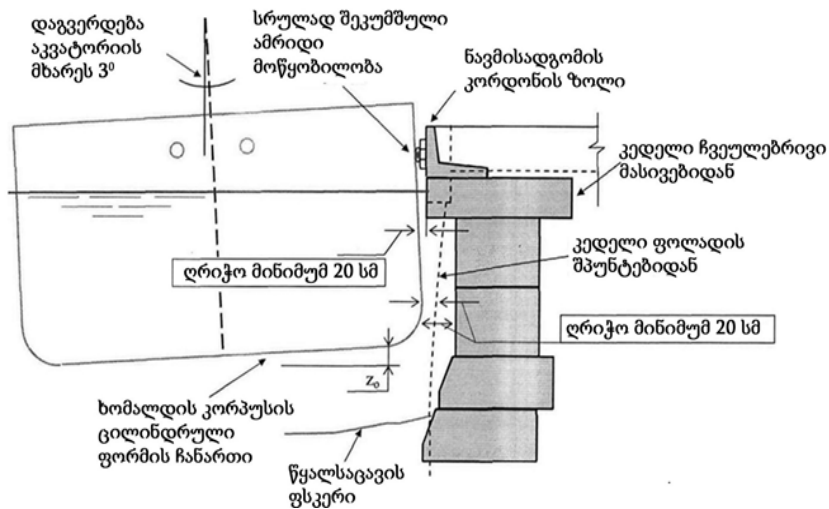
მარეგულირებელი მოთხოვნები ნავმისადგომთან გემის დგომისა და ამრიდი მოწყობილობების შერჩევის შესახებ

როგორც ზემოთ აღინიშნა, ნავმისადგომის კონსტრუქციების პროექტირებისა და ექსპლუატაციის სტანდარტები შეიცავს მოთხოვნებს, რომლებიც მიზნად ისახავს გამორიცხოს ხომალდის ბორტის კონტაქტის შესაძლებლობა ნავმისადგომის კედელთან. ასე მაგალითად, „საზღვაო ნავმისადგომებისა და ნაპირსამაგრი ნაგებობების პროექტირების ინსტრუქციების“ [13] 3.5 პუნქტის თანახმად: „ნავმისადგომის კონსტრუქციები აღჭურვილი უნდა იყოს ამრიდებით, რომლებმაც უნდა მოახდინონ გემის ბორტის დარტყმის ამორტიზება. ამრიდი კონსტრუქციების გამოშვერა ზედა დაშენების წინა კიდიდან უნდა უზრუნველყოფდეს გემის ნორმალურ გაჩერებას ნავმისადგომზე ისე, რომ არსებობდეს მინიმუმ 20 სმ ღრეჩო ხომალდის კორპუსის წყალქვეშა ნაწილსა და ნაგებობის ამოზნექილ ნაწილებს ან ნავმისადგომის ქვედა ფერდოს შორის. ამავდროულად აუცილებელია გათვალისწინებულ იქნეს ამრიდი კონსტრუქციის ბუნებრივ ფორმამდე აღდგენისა (ამოზნექის) და ხომალდის «საზღვაო ნავსადგურების ტექნოლოგიური პროექტირების ნორმებით» [12] დაშვებული დაგვერდების(გადხრის) შესაძლებლობებიც (ნახ. 2.1).

„საზღვაო ნავსადგურების ტექნოლოგიური პროექტირების ნორმებში“ ხომალდ(ებ)ის გადახრის მარაგი გამოითვლება 5.8 ცხრილის მიხედვით, რომლის თანახმადაც გადახრის მარაგის მნიშვნელობები გამოხატული ხომალდის სიგანის წილებში არის შემდეგი: 0.017 (შეესაბამება 2° დაგვერდებას) – ტანკერებისთვის; 0.026 (შეესაბამება 3° დაგვერდებას) – მშრალი ტვირთებისა და კომბინირებული ტვირთების

ხომალდებისთვის და 0.044 (შეესაბამება 5° დაგვერდებას) – ხეტყის მასალების გადამზიდავი ხომალდებისთვის.

20 სმ ღრეჩოს სიდიდე (ნახ. 2.1) გაითვალისწინება ხომალდის უსაფრთხო გაჩერებისა და გადაადგილებისათვის საჭირო სანავიგაციო სიღრმის გაანგარიშებისას ყველაზე არახელსაყრელ საანგარიშო პირობებში და განისაზღვრება, როგორც მარაგი გემის დაგვერდებასთვის, მისი არასწორი დატვირთვის, ტვირთის გადაადგილების, ასევე გემის მოზრუნების შემთხვევებში.



ნახ. 2.1. გემების (ცილინდრული ფორმის ჩანართით) კორპუსსა და ჩვეულებრივი მასივების (მონოლითური) ან ფოლადის შპუნტის (წყვეტილი ხაზი) ნავმისადგომის კედლის წყალქვეშა ზედაპირის ყველაზე ამოზნექილ ნაწილებს შორის მინიმალური ღრეჩოს განსაზღვრის სქემა

„საზღვაო ნავსადგურების ნაგებობებისა და აკვატორიების ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების“ [37], 3.1.21 პუნქტის თანახმად: „პორტში, ხიმინჯებიან ნავმისადგომთან ხომალდის გემსაბმით მიბმისას, დგომისას და ჩატვირთვა-გადმოტვირთვის სამუშაოების შესრულებისას, დაუშვებელია, რომ გემს გარე მხარეს გააჩნდეს 5° -ზე

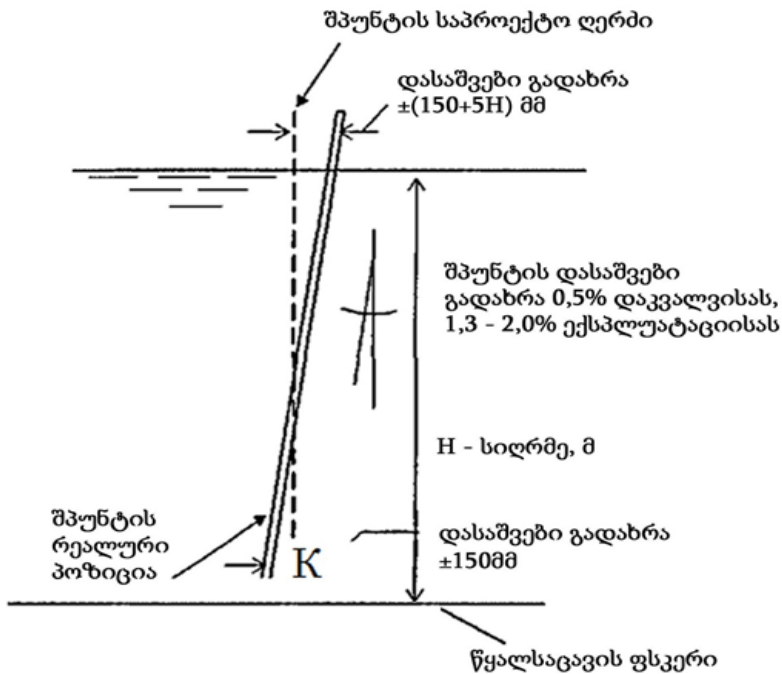
მეტი გადახრა, თავად ხომალდის ან ნავმისადგომის წყალქვეშა ნაწილის დაზიანების საშიშროების თავიდან აცილების მიზნით; გემთმშენებელ ქარხანაში, როდესაც ხორციელდება ნავმისადგომთან მიბმული გემის შეკეთება, დასაშვებია მას გარე მხარეს გააჩნდეს უფრო დიდი გადახრის კუთხე. მისი სიდიდე, ამ შემთხვევაში, უნდა განისაზღვროს ისეთნაირად, რომ გემის ბორტი არ ეხებოდეს ნავმისადგომის წინა კედელს. ამ პირობის დაცვა უზრუნველყოფილი უნდა იყოს ნავმისადგომის თავისა და ამრიგი კონსტრუქციების მოხსნის ხარჯზე“.

ფოლადის შპუნტის ჩასობისას მისი გადახრის შესაძლებლობა რეგულირდება სამუშაოების წარმოების ნორმებით. სტანდარტი СНИП 3.02.01-87 [38]: „მიწისზედა კონსტრუქციები, ფუძეები და ფუნდამენტები“, პუნქტი 11.6 (ნახ. 2.2): „კონტროლირებადი მაჩვენებლები ხიმინჯებიანი საძირკვლების, შპუნტიანი შემოღობვებისა და ანკერების მოსაწყობი სამუშაოებისას. ტექნიკური მოთხოვნები – ფოლადის შპუნტის პოზიცია გეგმაში, როდესაც ჩასობა ხორციელდება მცურავი კოპერის საშუალებით:

- შპუნტის ზედა ნიშნულზე – დასაშვები გადახრა ± 30 სმ;
- გრუნტის ზედაპირის ნიშნულზე – დასაშვები გადახრა ± 15 სმ.

სტანდარტი СНИП 3.07.02-87 „ჰიდროტექნიკური საზღვაო და სამდინარო სატრანსპორტო ნაგებობები“ [39], პუნქტი 4.105. საპროექტო პოზიციიდან ფოლადის შპუნტის დასაშვები გადახრა მისი მცურავი საშუალებებიდან ჩასობისას. კონტროლირებადი პარამეტრები და გადახრის ტიპები:

- კედლის ღერძის გადახრა გეგმაში, ფოლადის შპუნტის ზედა საპროექტო დონის ნიშნულამდე ფოლადის შპუნტის ხიმინჯე-ბისთვის – დასაშვები გადახრა $\pm(150+5H)$ მმ, (H – წყლის სიღრმე, მეტრი);
- კედლის გადახრა ვერტიკალის ხაზიდან ფოლადის შპუნტის ხიმინჯებისთვის – 0,5% (ნახ. 2.2).



ნახ. 2.2. ჩასმისას, ფოლადის შპუნტის გადახრა საპროექტო პოზიციიდან

მთელი რიგი ტექნოლოგიური მიზეზების გამო, ეს მოთხოვნები ხშირად სრულად ვერ ხორციელდება.

სტანდარტი СНиП 3.07.02-87 [39], პუნქტი 4.23. ჩვეულებრივი და ფასონური მასივების წყობა:

- პირველი რიგის წყობის მასივების ფასადური ხაზიდან დასაშვები გადახრის მნიშვნელობა – 20 მმ;

- საფეხური გეგმაში მომიჯნავე მასივებს შორის, კურსის გარე ზედაპირებისთვის, პირველი რიგის – 20 მმ, დანარჩენი რიგებისთვის 30 მმ;
- საფეხური ზღვისკენ ყველაზე გაშვებულ და საპირისპირო მიმართულებით ყველაზე შეწეულ მასივებს შორის სექციის ფარგლებში, პირველი რიგისთვის – 40 მმ, დანარჩენი რიგებისთვის – 60 მმ;
- საფეხური, რომელიც არ არის გათვალისწინებული პროექტით ან პროექტით გათვალისწინებული საფეხურიდან გადახრა, მასივების ძირს დაფენილი და მაღლა დაფენილი რიგების კიდეებს შორის – 30 მმ, კედლის პროფილის ერთი და იმავე სახის გადახრების ზომების ჯამი – 40 მმ;
- კედლის დახრილობის ზრდა ან შემცირება 1%-ით.

ჩვეულებრივი მასივების დასაწყობად ზემოთ წარმოდგენილი მოთხოვნები არის საკმაოდ რთული შესასრულებელი და, როგორც პრაქტიკა გვიჩვენებს, მათი დაცვა სრულად ვერ ხერხდება მასივების ყველაზე ფრთხილად დაწყობითაც კი.

3.504.1-17 სერიის სტანდარტის დოკუმენტაციის მიხედვით (გრავიტაციული ნავსადგურის, ნავმისადგომის სანაპიროების მასიური წყობისას 11,5 მეტრამდე სიღრმეზე), დასაშვებია ზედა რიგის მასივების გადახრა 30 სმ-მდე ზედა მასივების მდგრადობის დაზიანების გარეშე – 11,5-9,75 მ სიღრმეზე; 25 სმ – 8,25 მ სიღრმეზე; 20 სმ – 6,5 მ სიღრმეზე.

ნავმისადგომის კედლების ექსპლუატაციისას დასაშვები გადახრები მოცემულია „საზღვაო ტრანსპორტის ჰიდროტექნიკური ნაგებობების

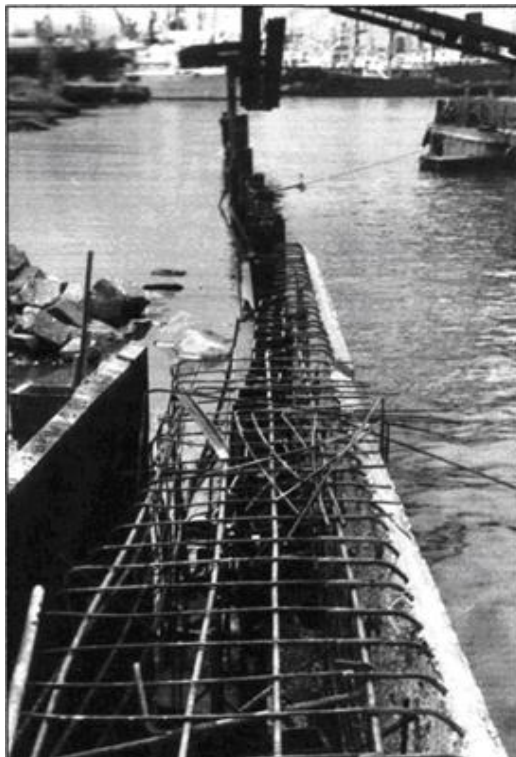
კონსტრუქციების ტექნიკური კონტროლის“ სახელმძღვანელოში (PD 31.3.3-97) [40]. დანართი № 30. აქვე მოცემულია კონსტრუქციული ელემენტების ტექნიკური მდგომარეობის მაჩვენებლები მათი დეფექტების მიხედვით.

ფოლადის შპუნტური კედელი. დეფექტი – კედლის პოზიციის სივრცეში ცვლილება – ვერტიკალის ხაზიდან გადახრა: დასაშვებია (ინარჩუნებს მუშა მდგომარეობას) 1.3%-ით, ზღვრული მნიშვნელობაა 2%-ზე მეტი, რომელიც დგინდება ექსპლუატაციის პირობებზე გავლენის დონის მიხედვით. 11 მ სიმაღლის კედლისთვის (ფოლადის შპუნტის ბოლვერკის არსებული კონსტრუქციების მაქსიმალური სიმაღლე), 1.3%-ით დახრა გამოიწვევს კედლის ფსკერის გადახრას დაახლოებით 15 სმ-ით, ე.ი. ეს მოთხოვნა იმეორებს ყველა დანარჩენს და ახასიათებს კედლის ქვედა წერტილის ზღვრულ გადახრას საპროექტო პოზიციიდან.

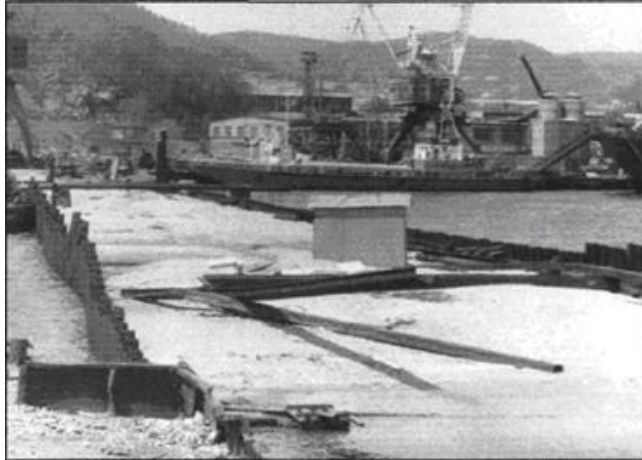
სწორი მასიური წყობის კედელი. დეფექტი – კედლის პოზიციის სივრცეში ცვლილება – საშუალო ჯდომა: დასაშვებია (ინარჩუნებს მუშა მდგომარეობას) 200 მმ-მდე, ზღვრული მნიშვნელობაა 300 მმ-ზე მეტი, რომელიც დგინდება ნალექების სტაბილიზაციის პროცესზე დამატებითი დაკვირვების შედეგად. დეფექტი – ვერტიკალის ხაზიდან გადახრა: დასაშვებია (ინარჩუნებს მუშა მდგომარეობას) 1,5%-ით, ზღვრული მნიშვნელობაა 2%-ზე მეტი, რომელიც დგინდება ექსპლუატაციის პირობებზე გავლენის დონის მიხედვით. დეფექტი – ცალკეული მასივებისა და კურსების გადახრა – საფეხური, რომელიც არ არის გათვალისწინებული პროექტით ან პროექტით გათვალისწინებული საფეხურიდან გადახრა, მასივების ძირს დაფენილი და მაღლა

დაფენილი რიგების კიდეებს შორის – 30 მმ, ზღვრული მნიშვნელობაა 50 მმ, რომელიც დგინდება ექსპლუატაციის პირობებზე გავლენის დონის მიხედვით.

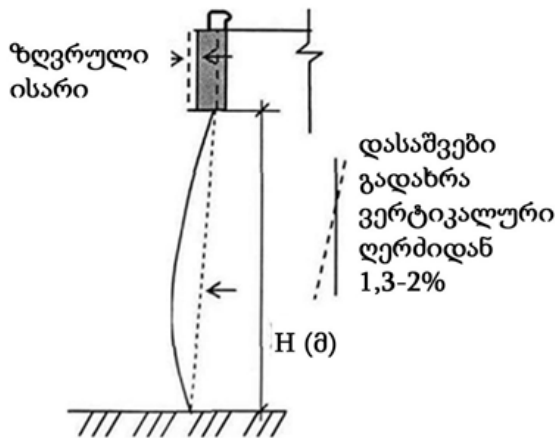
დეფექტი – მცირედი განსხვავებები ერთი და იმავე კურსის მასივების ზედაპირების სიმაღლეებში სექციის ფარგლებში წყობის პირველი რიგისთვის: დასაშვებია (ინარჩუნებს მუშა მდგომარეობას) – 120 მმ-მდე, ზღვრული მნიშვნელობაა – 150 მმ-ზე მეტი, რომელიც დგინდება ექსპლუატაციის პირობებზე გავლენის დონის მიხედვით. სხვა რიგების წყობისთვის: დასაშვებია (ინარჩუნებს მუშა მდგომარეობას) – 150 მმ-მდე, ზღვრული მნიშვნელობაა – 200 მმ-ზე მეტი, რომელიც დგინდება ექსპლუატაციის პირობებზე გავლენის დონის მიხედვით.



სურ. 2.1. შპუნტის ღერძის ხედი



სურ. 2.2. ორმხრივად ანკერებით დამაგრებული პირსის შპუნტის პოზიცია, პირსის ტანის ქვიშით შევსება



ნახ. 2.3. კონსტრუქციული ელემენტების, კერძოდ, მასიური კედლისა და ფოლადის შპუნტისგან შემდგარი ბოლვერკის, ექსპლუატაციის პროცესში დასაშვები გადახრები სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად

ექსპლუატაციის პროცესში დასაშვები გადახრები ასევე მოცემულია „საპორტო ნაგებობებისა და აკვატორიების ტექნიკური ექსპლუატაციის წესებში“ [37]. დანართი № 8 – „პორტის ჰიდროტექნიკური ნაგებობების კონსტრუქციების მაქსიმალურად დასაშვები წანაცვლებისა და დეფორმაციების მნიშვნელობები მათი ექსპლუატაციის მთელი

პერიოდის განმავლობაში: გრავიტაციული ტიპის ნავმისადგომების კონსტრუქციები – ზედა ნაწილის ჰორიზონტალური წანაცვლება – 50-80 მმ, გადახრა 0,005-0,008 რადიანი $0,3^{\circ}$ - $0,5^{\circ}$ (გრადუსი); ანკერებით დამაგრებული ფოლადის შპუნტის ბოლვერკები – ზედა ნაწილის ჰორიზონტალური წანაცვლება – 80 მმ, დაგვერდება რადიანი (გრადუსი) – 0,008 ($0,5^{\circ}$), ფარდობითი ჩაღუნვა – $0,02 \times H_i$ (სადაც H_i არის კედლის სიმაღლე ანკერის დამაგრების წერტილიდან ფსკერამდე).

ვინაიდან ბოლო დროს მნიშვნელოვნად გაიზარდა ნავმისადგომის ზედნაშენის სარემონტო სამუშაოების მოცულობა, მიზანშეწონილია დადგინდეს, თუ როგორ უნდა განხორციელდეს რემონტი მინიმალური დანახარჯებით, რათა დაცული იყოს გარემონტებულ ნავმისადგომზე ხომალდების უსაფრთხო დგომის ნორმების მოთხოვნები.

ნავმისადგომის ობიექტების სტრუქტურული ელემენტების ზენორმატიული გადახრების წარმოქმნის მიზეზების გასაანალიზებლად, საჭიროა უფრო დეტალურად ვისაუბროთ ამ ნაგებობების სამშენებლო სამუშაოების ტექნოლოგიებზე, რომლებიც, როგორც გამოცდილება გვიჩვენებს, იწვევენ ამ ზენორმატიულ გადახრებს.



სურ. 2.3. შპუნტის ჩასმისას მიღებული დეფექტები



სურ. 2.4. ნავმისადგომის შპუნტების დეფექტები ხანგრძლივი დროის ექსპლუატაციის შედეგად

ამრიდი კონსტრუქციის ეფექტური და გრძელვადიანი მუშაობისთვის, მათი ზომები, ენერგოტევადობა, რეაქტიული დატვირთვების სიდიდე და ნავმისადგომზე განთავსების მეთოდები უნდა დადგინდეს შემდეგი მოთხოვნების გათვალისწინებით.

პირველ რიგში, საექსპლუატაციო დეფორმაციების დიაპაზონში შეკუმშვისათვის, ამრიდი კონსტრუქციის ენერგოტევადობა საკმარისი უნდა იყოს გემის საანგარიშო დაწოლის ენერგიის შთანთქმისთვის.

ეს მოთხოვნა განპირობებულია გემისა და ნავმისადგომის ურთიერთქმედების პროცესის მექანიკით და განისაზღვრება გემის კინეტიკურ ენერგიასა და გემი-ამრიდი კონსტრუქციული სისტემის დეფორმაციის პოტენციურ ენერგიას შორის ბალანსის განტოლებით, რომელიც შეიძლება გამოისახოს შემდეგნაირად (აღნიშვნა СНИП 2.06.04-82*) [36]:

$$E_e \geq E_{tot} - \frac{F_q^2}{2K_i}, \quad (2.1)$$

სადაც E_e არის ამრიდი კონსტრუქციისთვის აუცილებელი ენერგო-ტევადობა;

E_{tot} – გემის დაწოლის ენერგია, რომელიც იხარჯება ნავმისადგომის, გემის ბორტისა და ამორტიზატორების დეფორმაციის სამუშაოზე;

F_q – ხომალდი-ამრიდი კონსტრუქცია-ნავმისადგომი სისტემის დეფორმაციის სტატიკური (ნავმისადგომთან ნორმალური) რეაქციის მნიშვნელობა;

K_i – გემის ბორტისა და ნავმისადგომის კონსტრუქციის სიხისტის კოეფიციენტი (ჯამური).

ფორმულაში მოყვანილი პარამეტრები განისაზღვრება გემისა ტიპისა და ზომის, მისი მოძრაობის სიჩქარის, ნავმისადგომის კონსტრუქციისა და მიღებული დაწოლის სქემის მონაცემების საფუძველზე სტანდარტში „СНнП 2.06.04-82“ [36] მითითებული მეთოდებით. მეორეც, ამრიდი კონსტრუქციის დეფორმაციების საექსპლუატაციო დიაპაზონში კუმშვისას რეაქციის ძალა არ უნდა აღემატებოდეს მაქსიმალურ დატვირთვას ხომალდის ბორტზე და ნავმისადგომზე.

არსებული ნავმისადგომების ამრიდი კონსტრუქციებით აღჭურვისა და დაპროექტებისას აუცილებელია კონსტრუქციის სიმტკიცის ანალიზი და აღრიცხვა, რომელთათვისაც ამორტიზატორების ტიპების არჩევა და დატვირთვების გამოთვლა წინ უსწრებს მათი მზიდი სიმძლავრის გამოთვლას. სიდიდე შემოიფარგლება მხოლოდ საანგარიშო გემების ბორტების სიმტკიცით. M_c -ის ზღვრული მნიშვნელობები

საზღვაო სატრანსპორტო გემების ძირითადი ტიპებისთვის მოცემულია საცნობარო ცხრილებში. მოქმედი ნავმისადგომის ობიექტების M_n -ის მნიშვნელობები განისაზღვრება კონსტრუქციის პასპორტის, მისი საპროექტო მასალების ან შესაბამის მარეგულირებელ დოკუმენტებში მითითებული გაანგარიშებების მიხედვით. უნდა აღინიშნოს, რომ ნავმისადგომების განმზღვენ კონსტრუქციებს მიეკუთვნება ჩვეულებრივი მასივების სანაპიროები და ფოლადის შპუნტის ბოლვერკის ტიპის კონსტრუქციები. ზღვრული დატვირთვები მთელი რიგით აღემატება გემის ბორტის ზღვრულ დატვირთვას და ზღვრულ რეაქციის ძალას ამრიდი კონსტრუქციების შეკუმშვისას.

ამრიდი კონსტრუქციის ხაზოვანი ზომები უნდა უზრუნველ-ყოფდეს ნავმისადგომისთვის საანგარიშო გემების გვერდითი შემოკვრის (საფარის) მზიდი კონტურის საყრდენ ელემენტებს შორის ძალების გადაფარვას. ეს მოთხოვნა განპირობებულია საზღვაო გემების კორპუსის კონსტრუქციული თავისებურებებითა და ამრიდ კონსტრუქციაზე დაწოლისას დატვირთვების განაწილების ლოკალური ბუნებით.

ამრიდი კონსტრუქციების ტიპების უმეტესობა მისაღებია ბორტის განივი შეკვრის სისტემის მქონე გემებისთვის, რომლებისთვისაც მანძილი გემის განივ კოჭებს-შპანჰოუტებს შორის ჩვეულებრივ არ აღემატება 0,3-0,9 მ-ს.

გემის კორპუსის განივი შეკვრის სისტემისას კოჭები ძირითადად გადის გემის განივად და წყლის წნევა ამ კოჭებით გადაეცემა გემის ძირს და გემბანს, რომლებიც მათთვის წარმოადგენენ საყრდენს. გემის

კორპუსის გრძივი შეკვრის სისტემისას, კოჭები ძირითადად გადის გემის კორპუსის გასწვრივ და ამ კოჭების მეშვეობით წყლის წნევა გადაეცემა განივ ტიხრებს – კორპუსის სიხისტის ელემენტებს, რომლებიც ემსახურებიან საყრდენად შემკვრელ კოჭებს. კორპუსის შეკვრის შერეული სისტემისას (გრძივ-განივი) გემის ძირი და გემბანი იწყობა გრძივი სისტემით, ხოლო გვერდები – განივი სისტემით.

ზოგიერთი გემისთვის, რომელთა კორპუსის შუა ნაწილში მანძილი გემის განივ კოჭებს-შპანჰოლტებს შორის აღწევს 3 მ-ს, აუცილებელია ამორტიზატორების გამოყენება, რომელთა სიგრძეც სულ მცირე 3 მეტრი მაინც იქნება და ნავმისადგომზე განთავსდება ჰორიზონტალურად.

როგორც ამრიდი კონსტრუქციის გამოყენების პრაქტიკა აჩვენებს, ნავმისადგომის ზედნაშენზე მათ დასაკიდად მოწყობილ საკიდარს უნდა გააჩნდეს საკმარისი სიმტკიცე, რათა გაუძლოს გემის კორპუსის მოძრაობას კორდონის ხაზის გასწვრივ ან ზემოდან ქვემოთკენ ზედნაშენის სიბრტყის პარალელურად.

ამრიდი კონსტრუქციების საჭირო ენერგოტევადობა შეიძლება უზრუნველყოფილი იყოს ამორტიზატორების შესაბამისი ტიპისა და ზომის არჩევით ან ერთნაირი ტიპის რამდენიმე ამორტიზატორის ბლოკის გამოყენებით. ამავდროულად, 20000 ტონაზე მეტი წყალწყვის მქონე გემების ნავმისადგომებზე თითოეული ამორტიზატორის ან ამრიდი კონსტრუქციის ბლოკის ენერგოტევადობამ სრულად უნდა უზრუნველყოს გემის ენერჯის შთანთქმა.

ამრიდი კონსტრუქციის საბოლოო არჩევანი, მათ შორის მათიც, რომლებიც აკმაყოფილებენ ზემოთ ჩამოთვლილ მოთხოვნებს, უნდა

ეფუძნებოდეს თითოეული მათგანის გამოყენების შესაძლებლობის ანალიზს თითოეული განხილული ნავმისადგომისა და გემის კონსტრუქციისთვის, აგრეთვე ნავმისადგომის კონსტრუქციებით აღჭურვის ღირებულების შედარების შედეგებს თითოეული ვარიანტისთვის.

გასათვალისწინებელია ისიც, რომ ამორტიზატორის ელემენტების შექმნისა და მისი მონტაჟის ღირებულება ცალსახად ვერ გამოდგება მისი მუშაობის ეფექტურობის მაჩვენებლად. აქ ასევე გასათვალისწინებელია ამრიგი კონსტრუქციების ხანგამძლეობა და საოპერაციო ხარჯები, რომლებიც უკავშირდება მათი იმ ძირითადი პარამეტრების აღდგენას, რომლებიც შეიძლება დაიკარგოს გემებიდან ჭარბი დატვირთვის შემთხვევებში.

უცხოური მწარმოებელი კომპანიების შეფასებით, თანამედროვე ამრიდმა ექსპლუატაციის ვადა 15-20 წლამდე გრძელდება, რაც საშუალებას იძლევა ნავმისადგომის სტრუქტურის ექსპლუატაციის პერიოდის განმავლობაში ისინი მხოლოდ ერთხელ აღვადგინოთ. ხანმოკლე ექსპლუატაციის ვადის მქონე ამრიგი კონსტრუქციების გამოყენება გამოიწვევს მუდმივ დანახარჯებს მათ აღსადგენად და გაცვეთილი ელემენტების გამოსაცვლელად. საკმაოდ ხანგრძლივი ექსპლუატაციისას, ამ არასრულყოფილი ამრიდების მუშა მდგომარეობაში შენარჩუნების ხარჯებმა შეიძლება გადაწონონ საკმარისად გამძლე თანამედროვე ამრიგი კონსტრუქციების დაყენების ხარჯები.

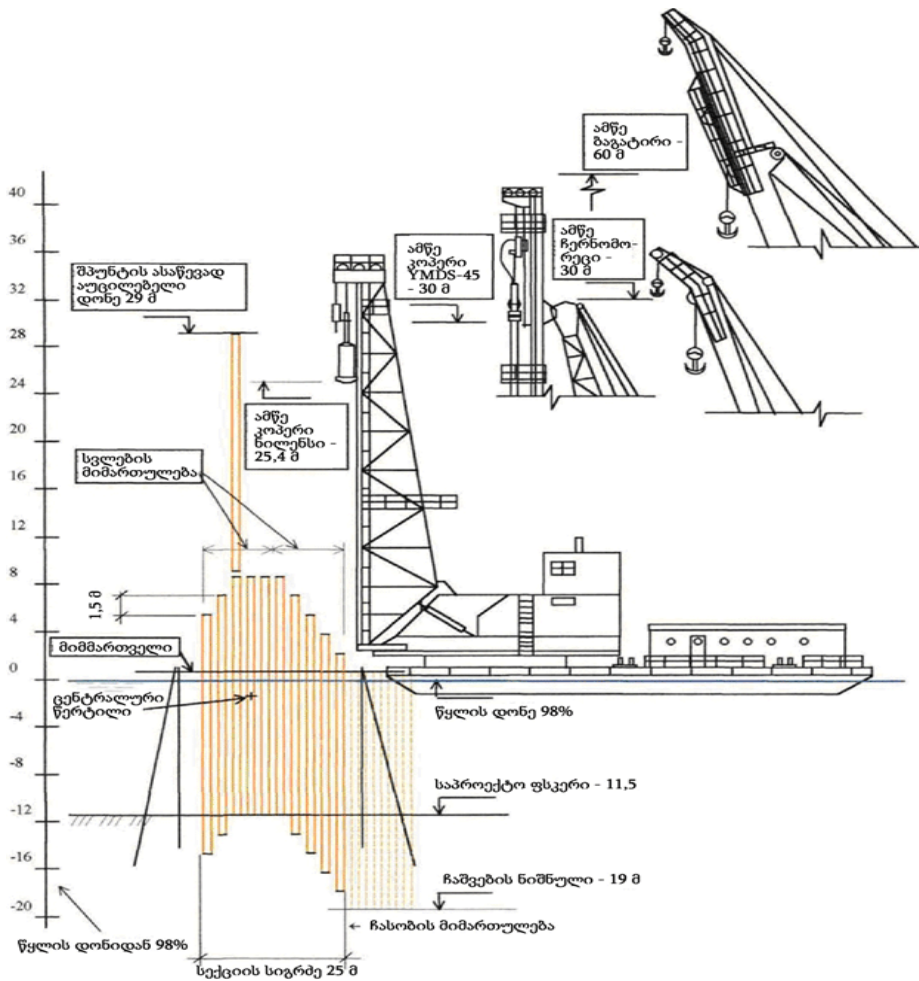
2.2. შპუნტებისა და მოლოს მასივების გადახრები

ნორმატიულ დოკუმენტებში აღწერილია შპუნტისა და მოლოს მასივების ზენორმატიული გადახრების შესაძლო მიზეზები.

ფუძეებისა და ფუნდამენტების მოსაწყობი სამშენებლო სამუშაოების წარმოების სახელმძღვანელოში [41] ფოლადის შპუნტის ჩასმის სამუშაოების თავისებურებები აღწერილია შემდეგ პუნქტებში:

8.29 პუნქტში მითითებულია: „ფოლადის შპუნტის ჩასმის მეთოდის არჩევისას უპირატესობა, როგორც წესი, უნდა მიენიჭოს ვიბრაციულ ჩაჭედვას, როგორც ყველაზე ეფექტურ და ფოლადის შპუნტის დაზიანებისთვის ყველაზე ნაკლებად საშიში მეთოდს“, ხოლო 8.30 პუნქტში მოცემულია შპუნტის ჩასმის თანმიმდევრობა: „შპუნტის კონსტრუქციაში ჩასმას, როგორც წესი, ახდენენ მონაზომებით, რომლებზედაც წინასწარ სრულად იდგმება შპუნტი... თითოეულ მონაზომზე შპუნტის ჩასმა, როგორც წესი, უნდა მოხდეს პერიოდული წინა და უკანა სვლების (მანევრირების) საშუალებით, რომელიც შეაღწევს მონაზომის ბოლოებიდან მის შუამდე და უკან ისეთნაირად, რომ სხვაობა მომიჯნავე შპუნტების ძირების დონეებს შორის (მათ შორის მომიჯნავე მონაზომების საზღვრებთან), ჩაშვების სირთულის დონის მიხედვით (მძიმე, საშუალო და იოლი), არ აღემატებოდეს შემდეგ მნიშვნელობებს – 1,5; 3 და 5 მ შესაბამისად. შპუნტის ჩასმის სირთულის ხარისხი ჩაშვები მექანიზმის სწორი არჩევისას ხასიათდება შპუნტის გრუნტში 0,5 მ-ზე ჩასარჭობად საჭირო ჩაქუჩის დარტყმების რაოდენობით: მძიმე ჩასმა – 25 დარტყმაზე მეტი, საშუალო სირთულის ჩასმა – 5-დან 25 დარტყმამდე, ხოლო მსუბუქი ჩასმა – 5 დარტყმაზე ნაკლები“.

შპუნტების ჩასმის ასეთი მეთოდის გამოყენება გარკვეულ ტექნოლოგიურ სირთულეებთან არის დაკავშირებული. მონაზომის სიგრძის გასწვრივ შპუნტის ხიმინჯების წინასწარი განთავსებისთვის საჭიროა მცურავი ამწე, რომელსაც შეეძლება კაუჭის დიდ სიმაღლეზე აწევა. გარდა ამისა, ძალზე მაღლა აწეული ხიმინჯის თავზე ჩაქუჩის გამართვაც ასევე დაკავშირებულია გარკვეულ სირთულეებთან (ნახ. 2.4).



ნახ. 2.4. შპუნტის ჩასმის სქემა 11,5 მ სიღრმის მქონე ნავმისადგომისთვის СНиП 3.02.01-83 სტანდარტის, 8.30 პუნქტის რეკომენდაციების შესაბამისად („ფუძეებისა და ფუნდამენტების მოსაწყობი სამშენებლო სამუშაოების წარმოების სახელმძღვანელო“) და სამუშაოების შესრულების დამატებითი მექანიზმები

პუნქტი 8.30-ში განმარტებულია: „შპუნტის გადახრას ღერძიდან (ღერძიდან გადაცდომა), ჩვეულებრივ, იწვევს შემდეგი მიზეზები: შპუნტის ჩასმის საწყის ეტაპზე, როდესაც მას აქვს ყველაზე დიდი თავისუფალი სიგრძე, მისი ვერტიკალური პოზიციისადმი არასაკმარისი ყურადღება; მიმმართველი მოწყობილობების არასაკმარისი სიმტკიცე; შპუნტის ზედა ბოლოზე მოქმედ ძალაში ჰორიზონტალური კომპონენტის გაჩენა ამწის მზიდი გვარლის მხრიდან, რომელიც გრუნტში რაიმე დაბრკოლების არსებობის შემთხვევებში ამორტიზატორის საშუალებით იცავს ჩამსობ ვიბრატორს ან დაკიდული ჩაქუჩის მიმმართველს, გვარლის (ტროსის) ვერტიკალიდან გადახრისგან“.

შპუნტის კედლის მოსალოდნელი გადახრის გასწორება, თუ ის არ აღემატება დასაშვებ სიდიდეს, ხორციელდება თანდათანობით, შემდეგი შპუნტების ჩასმისას, ამწის მზიდი გვარლის, რომელიც ამორტიზატორის საშუალებით იცავს ჩამსობ ვიბრატორს ან დაკიდული ჩაქუჩის მიმმართველს, საწინააღმდეგო მხარეს გადახრის გზით ან სპეციალური საჭიმარების (იხ. დ. ვარძელაშვილის „საზღვაო ლექსიკონი“ თბ. 2009, 250 გვ.) ძალისხმევით. თუ შპუნტის დახრილობა აღემატება დასაშვებ ზღვარს, ის უნდა იქნას ამოღებული და თავიდან მოხდეს ჩასხმა. თუ შეუძლებელია შპუნტის ამოღება, მისი გასწორების საკითხი უნდა შეთანხმდეს საპროექტო ორგანიზაციასთან“.

პუნქტი 8.34. „ხიმინჯების ნაწილისთვის, რომლებიც თანაბრად არის განაწილებული მთელ სამშენებლო მოედანზე, ანგარიშით სტრუქტურაში ხიმინჯების მთლიანი რაოდენობის 2%-ის ოდენობით, მაგრამ არანაკლებ 5 ცალისა, უნდა დაფიქსირდეს ჩაქუჩის დარტყმების რაოდენობა ხიმინჯების ჩასმის ყოველი მეტრისთვის“.

„ახალი საზღვაო და სამდინარო ჰიდროტექნიკური სატრანსპორტო ნაგებობების წარმოების, ასევე, არსებულების რეკონსტრუქციისა და გაფართოების სამუშაოების წარმოებისა და მიღების წესები“ [42] – შპუნტის ჩასმის რეკომენდაციები“.

პუნქტი 6.30. „ჩაქუჩის დამრტყმელი ნაწილის წონისა და დარტყმის ძალის სწორად შერჩევას ჩასმის მეთოდი შეიძლება გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერი ტიპის ხიმინჯებისთვის ნებისმიერი გრუნტის პირობებში, გარდა კლდოვანი, მსხვილვარცვლოვანი გრუნტების, კაჭარისა (ლოდების) და სხვა დიდი ზომის მყარი უცხო სხეულების ჩანართების მქონე გრუნტების პირობებისა“.

პუნქტი 6.33. „ფოლადის შპუნტის, ორტესებრი ძელებისა და სხვა მცირე ზომის განივი კვეთის მქონე ნაგლინი პროფილების ელემენტების ქვიშიან გრუნტში ჩასმისას მიზანშეწონილია გამოყენებულ იქნეს ვიბრაციული ჩაქუჩები, ორმაგი მოქმედების ჩაქუჩები დარტყმების გაზრდილი სიხშირით და ჩამსობი ვიბრატორები“.

პუნქტი 6.41. „ხიმინჯების ელემენტების ჩასობის საჭირო სიზუსტის უზრუნველსაყოფად გამოიყენება მიმმართველი მოწყობილობები, რომელთა კონსტრუქციაც განისაზღვრება მოწყობილობის სახით, ხიმინჯის ელემენტის ტიპით, ჩასმის ადგილობრივი პირობებით და დგინდება სამუშაოების წარმოების პროექტით. მიმმართველ მოწყობილობებად შეიძლება გამოვიყენოთ ურნალის მიმმართველი ისრები, ერთიარუსიანი და მრავალიარუსიანი მცურავი და საკიდი კარკასები, სპეციალური მცურავი კონდუქტორები და ა.შ.“

პუნქტი 6.42. „ერთიარუსიანი მიმმართველი კარკასების გამოყენება

შესაძლებელია მხოლოდ ხიმინჯების ელემენტების ვერტიკალური ჩასმისას იმ პირობით, რომ უჯრედში მოთავსებული ხიმინჯის ელემენტის სიმძიმის ცენტრი მდებარეობს მისი ზედა ნაწილის დაბლა. ერთიარუსიანი მიმმართველი კარკასები შეიძლება იყოს დაკიდებული და მცურავი ტიპისა, 30 ტ-ზე მეტი წონით“.

პუნქტი 6.44. „მცურავი კოპერები და ამწეები უნდა იყოს საიმედოდ დამაგრებული სამუშაოების წარმოების დროს. ამავედროულად, დაკიდული ისრით აღჭურვილი მცურავი კოპერებისთვის და მცურავი ამწეებისთვის საწყისი დგომის წერტილიდან მაქსიმალური წანაცვლება არ უნდა აღემატებოდეს 5 სმ-ს, ხოლო ისრის ვერტიკალური ხაზიდან მაქსიმალური გადახრა წყალზე რყევისას არ უნდა აღემატებოდეს 1 გრადუსს“.

პუნქტი 11.26. „აღჭურვილობის არჩევისას, როგორც წესი, ორიენტაცია უნდა აიღოს შპუნტების პაკეტებად ჩასმაზე. თითოეულ პაკეტში შპუნტინების რაოდენობის გაზრდა ხელს უწყობს შრომის მწარმოებულობის ზრდას, ამცირებს შპუნტების დაზიანებისა და მისი საპროექტო პოზიციიდან მეტისმეტად გადახრის ალბათობას“.

პუნქტი 11.30. „შპუნტის კედლების ჩასმისას მიმმართველად გამოიყენება ორი პარალელური კოჭი, რომლებიც ერთმანეთისგან უნდა იყოს დაშორებული შპუნტის პროფილის სიმაღლის ტოლ მანძილზე, პლუს 1-2 სმ ღრიჭო. თუ შპუნტის სიგრძე ორჯერ ან მეტად აღემატება აკვატორიის ფსკერიდან მიმმართველებამდე მანძილს, ეს უკანასკნელები უნდა დამონტაჟდეს ორ იარუსად. იარუსებს შორის მანძილი აიღება მინიმუმ 3 მ -ის ტოლი. მიმმართველები მზადდება პროფილის ფოლადისგან და მაგრდება ჭანჭიკებით უკვე ჩასმული

შპუნტირების უკანა მხრიდან, ხოლო წინა მხრიდან, შპუნტირების ჩასმის პარალელურად – მიმმართველები მაგრდება დროებით ვერტიკალურ ხიმინჯებზე ან ნახევრად ჯოჯგინა ხიმინჯებიან საყრდენებზე“ [42, 43, 44].

რეკომენდებული ხიმინჯების ჩასმის მეთოდის ტექნოლოგიურ სირთულეებთან დაკავშირებით, ასევე ეკონომიკური თვალსაზრისითაც, ბოლვერკის ტიპის ნავმისადგომების მშენებლობის პრაქტიკაში გამოიყენება შპუნტის ჩასმა ერთიარუსიანი მიმმართველის გამოყენებით (1.3-1.9).

„ახალი საზღვაო და სამდინარო ჰიდროტექნიკური სატრანსპორტო ნაგებობების წარმოების, ასევე, არსებულების რეკონსტრუქციისა და გაფართოების სამუშაოების წარმოებისა და მიღების წესები“ [43] ჩვეულებრივი მასივებიდან კედლის ამოყვანის ინსტრუქციების მიხედვით.

პუნქტი 10.61. „პირველი რიგის მასივების დაგების პროცესში, სისტემატურად მოწმდება მასივების ფაქტობრივი პოზიციის სიზუსტე გეგმაში, მასივებს შორის ჰორიზონტალური და ვერტიკალური საფეხურების გასწვრივ და ზედა კიდეების ნიშნულების მიხედვით თითოეულისთვის ოთხივე კუთხეში. მიღებული მონაცემები უნდა შედარდეს სტანდარტში [39] მოყვანილ დასაშვებ გადახრებს. თუ ცალკეული მასივების გადახრები სიმაღლეში იქნება მეტი, ვიდრე სტანდარტით დასაშვები სიდიდე, შესაბამისი მასივები ამოიწვეა, რათა გათანაბრდეს სიბრტყესთან, რის შემდეგაც ახდენენ მასივების ხელახალ დაწყობას, ვიდრე არ შეიქმნება პირველი რიგის სწორი ზედაპირი. მასივების მეორე და შემდგომი რიგები დაიგება ისევე,

როგორც ეს გაკეთდა პირველი რიგის შემთხვევაში; ყოველი მომდევნო წყობის დაგება შეიძლება დაიწყოს მხოლოდ დაგების ფრონტის მასივების წინა რიგების ჯდომების დაცხრობის შემდეგ ან პროექტის სპეციალური ინსტრუქციების შესაბამისად“.

პუნქტი 10.63. დანართი №18. „კედლის ფუძის მოჭიმვის პარალელურად მისი ჯდომა და შემობრუნება საპროექტო პროფილის წყობით ან პროექტით განსაზღვრული დატვირთვის სპეციალური სქემის მიხედვით უნდა შემოწმდეს გეოდეზიური ხელსაწყოებით, ასევე მყვინთავების საშუალებით. მშენებლობის პროცესში უნდა აღირიცხოს კონსტრუქციაში ჩასმული თითოეული მასივის სიმაღლე გეგმის მიხედვით და მასივებს შორის ნაკერების სიგანე. შესაბამისი საკონტროლო გაზომვები უნდა ჩატარდეს თითოეული მასივის დაგების შემდეგ.

პირველი რიგის მასივების პოზიციების კონტროლს გეგმის მიხედვით ახორციელებს მყვინთავი, რომელიც ზომავს თითოეულ მასივს ორივე ვერტიკალური წიბოდან, ზღვის მხრიდან ჩაჭედვის ხაზამდე, აგრეთვე ზომავს მომიჯნავე მასივებს შორის ნაკერებისა და საფეხურების სიგანეს გეგმის მიხედვით. პირველის შემდეგი ყველა წყობის მასივების პოზიციების კონტროლი ხორციელდება გეგმის მიხედვით – მასივებს შორის საფეხურების განივი კვეთის გაზომვით, დაგებულ რიგებსა და მის წინა ნაწილს შორის და საფეხურების გრძივი მიმართულებით გაზომვით, აგრეთვე ვერტიკალური ნაკერების გაზომვით. საფეხურების წყობას ზომავენ მყვინთავები სახაზავით ან კუთხოვანით ზღვის მხრიდან: ბოლოს დაგებული მასივის ორივე თავის განივი კვეთით; გრძივი მიმართულებით ერთი წერტილით –

ბოლოს დაგებული მასივის ქვედა თავზე. ნაკერების სიგანის კონტროლი ხორციელდება ზღვის მხრიდან, თითოეული ვერტიკალური და ყოველი ჰორიზონტალური ნაკერის ზედა და ქვედა ნაწილების გაზომვით, ზემოთ და ქვემოთ დაგებული მასივების კუთხეში. დაგების პროცესში მასივების ზედა სიბრტყის ნიშნულები განისაზღვრება თითოეული მასივის ზედა კიდეების ოთხივე კუთხის ნიველირებით [43].



სურ. 2.5. შპუნტის პაკეტების ჩასმა

კედლის პროფილს, მასივების ფარდობითი პოზიციისა და დახრილობის ჩათვლით, თითოეული სექციის დაგების დასრულების შემდეგ, აგრეთვე დატვირთვის ქვეშ ან მის გარეშე გარკვეული პერიოდის გასვლის შემდეგ მყვინთავი დამატებით ამოწმებს პროფილს თითოეული სექციის სულ მცირე სამ განივკვეთში, შვეულას (მინიმუმ 20 კგ დატვირთვით) ხაზიდან კუთხოვანას ან საზომი-სახაზავების გამოყენებით. გაზომვები ხორციელდება ყოველი მასივის ზედა და

ქვედა წერტილებში, ხოლო ნაწილობრივ დახრილი ფასადის კიდის მქონე მასივებისთვის – ასევე წინა ზედაპირის მოხრის წერტილშიც.

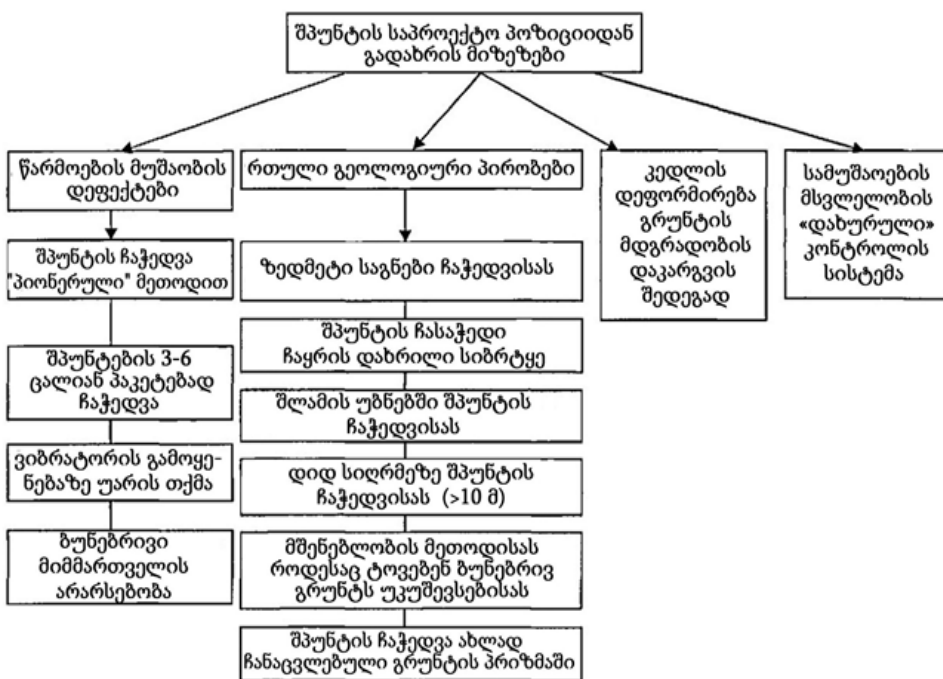
პროფილის ასეთი გაზომვები ყველა შემთხვევაში არის აუცილებელი პირველი და ზედა რიგის მასივებისთვის. დარჩენილი რიგის მასივებისთვის ეს გაზომვები აუცილებელია მხოლოდ იმ შემთხვევებში, როდესაც წყალქვეშ გაზომილი მანძილის სიდიდე არ აღემატება 0,8 მ-ს. პროფილის გაზომვისას, შვეულას ხაზის დაგეგმილი პოზიცია ფიქსირდება ნაპირზე დამაგრებულ საფუძველზე გეოდეზიური მიზმით. გარდა ზემოაღნიშნული ვადებისა, კედლის დახრა ასევე უნდა შემოწმდეს ჩამოსატვირთი პრიზმის ჩამოცლიდან ერთი დლით ადრე მაინც და დასრულებული კედლის მიღება-ჩაბარების განაცხადის წარდგენამდე.

კედლის ფაქტობრივი დახრილობა განისაზღვრება მასივების ზედა და პირველი რიგების კორდონის ჰორიზონტალური პარალელური წიბოების ფარდობითი პოზიციით, რომელიც განისაზღვრება საფეხურების გასწვრივ საპროექტო პოზიციიდან წყობის ფაქტობრივი გადახრების გათვალისწინებით. ამ მეთოდით დახრის დადგენისას უნდა გამოვიდეთ იქიდან, რომ კედლის ვერტიკალური მდგომარეობის განსაზღვრისათვის მითითებული წიბოების ჰორიზონტალური მანძილი წარმოდგენილია კედლის პროექტში, ხოლო ამ მნიშვნელობის ზრდა სხვადასხვა ფერდობებისთვის განისაზღვრება გაანგარიშების საფუძველზე.

სხვადასხვა საკონტროლო გაზომვებით მიღებული იდენტური ზომები უნდა შედარდეს ერთმანეთს და შეუსაბამობების აღმოჩენის შემთხვევაში უნდა ჩატარდეს დამატებითი საკონტროლო გაზომვები. წყობის დახრილობა, რომელიც განისაზღვრება მასივების ქვედა და

ზედა რიგის წიბოებს შორის მანძილის შესაბამისად, უნდა შევადაროთ შვეულას ხაზიდან გაზომვისას მიღებულ დახრას და დახრას, გამოვლენილს ზედა რიგის ნიველირებისას“.

კვლევის მასალებისა და ნავმისადგომების მშენებლობაში არსებული გამოცდილების შესწავლის საფუძველზე შეიძლება დადგინდეს შპუნტის წყობის საპროექტო პოზიციიდან გადახრის შესაძლო მიზეზები [28, 63, 64] (ნახ. 2.5).



ნახ. 2.5. გადახრის მიზეზების დადგენის ბლოკ-სქემა

როგორც შემოთავაზებული სქემიდან ჩანს, ძირითადი მიზეზებია სამუშაოს წარმოების ხარვეზები.

3-6 შპუნტისგან შემდგარ პაკეტებს, ბუნებრივი მიმართველების არარსებობის პირობებში, უფრო ხშირად ახასიათებთ ღერძიდან გადახრა, ვიდრე ცალკეული შპუნტის პაკეტებს.

წყლის ზედაპირიდან შპუნტების ჩასმისას ვიბრატორების გამოყენება მეტ სირთულეებთან არის დაკავშირებული, ვიდრე მცურავი კოპერის საშუალებით ჩასმისას, ამიტომაც ეს მეთოდი შედარებით ნაკლებად გამოიყენება.

ქვედა (ბუნებრივი) წყვილი მიმმართველი შპუნტინის ჩასმა მიმმართველ ჩარჩოში წარმოადგენს ძვირადღირებულ წყალქვეშა სამუშაოს, რომლის განხორციელების კონტროლიც არის მეტად რთული.

ხშირ შემთხვევაში შპუნტის გადახრის მიზეზს წარმოადგენს რთული გეოლოგიური პირობები.

მიუხედავად სავალდებულო საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევებისა და მყვინთავების მიერ ფსკერის შემოწმებისა, შპუნტიანი ხიმინჯების ჩასმისას საკმაოდ ხშირად ჩნდება უცხო ობიექტები. ამ მხრივ უფრო მისაღებია „ლარსენის“ ტიპის შპუნტი, ვინაიდან ის პრაქტიკულად უზრუნველყოფს მოცემული ობიექტის გრუნტში შემობრუნებას წინააღობის შემცირებით. დაბრკოლებების შემთხვევაში უფრო სერიოზული შედეგები შეიძლება მოჰყვეს Z-ფორმის შპუნტის გამოყენებას (სურ. 2.6).



სურ. 2.6. უცხო ობიექტის არსებობისას შპუნტის გადახრის წყალქვეშა ფოტო. ექსპლუატაციაში მყოფი ნავმისადგომი



სურ. 2.7. ფორმის შპუნტის ტიხრების დეფორმაცია ჩასმისას განივ წინააღმდეგობასთან გადაყრისას

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ დახრილი სიბრტყის მქონე დაზვინვაში შპუნტის ჩასმისას, შპუნტის ქვედა წერტილი წაინაცვლებს დახრის მიმართულებით, ასევე შპუნტის ჩაჭედვა ნიადაგის შემცვლელ ახლად დაყრილ პრიზმაში ზრდის შპუნტის წაინაცვლებას გრუნტის წაინაცვლების მიმართ დაბალი წინააღმდეგობის გამო.

შპუნტის ჩასმის დროს შლამიან უბნებში შპუნტის გავლისას, აღწევს დიდ სიღრმეს იმ მეთოდით, რომელიც ითვალისწინებს ნავმისადგომის მშენებლობის დროს ბუნებრივი გრუნტების შესავსებად დატოვებას.

გრუნტის განმზიდი პრიზმის მდგრადობის დაკარგვის შედეგად კედლის დეფორმაცია შეინიშნება საკმაოდ იშვიათად.

კონსტრუქციის შესრულების „დახურული“ კონტროლი განსაკუთრებით ფარულ და წყალქვეშა სამუშაოებთან დაკავშირებით ნიშნავს, რომ ამ სამუშაოებზე პრაქტიკულად კონტროლი ეკისრებათ თავად მშენებლებს.

სტანდარტები აწესებს საკმაოდ მკაცრ მოთხოვნებს ნავმისადგომის კედლის საპროექტო პოზიციიდან შესაძლო გადახრები. იმისათვის, რომ 20 მ-ზე მეტი სიგრძის ფოლადის ელემენტის შესაძლო გადახრა ჩასმისას არ აღემატებოდეს 15 სმ, საჭიროა დიდი სიფრთხილე, შრომატევადი სამუშაოების ჩატარება ჩასმის პროცესის მუდმივი მონიტორინგით.

ნავმისადგომის კედლის ზენორმატიული გადახრების გამოვლენის შემთხვევაში შეიძლება შემოთავაზებული იყოს შემდეგი ღონისძიებები:

1. მოცემულ ნავმისადგომზე დასაშვებია გემის წყალშიგის შეზღუდვა იმის გამო, რომ კედელს ყველაზე დიდი წანაცვლება, როგორც წესი, აქვს მის ქვედა ნაწილში;

2. მიზნული გემებისთვის აკვატორიისკენ მაქსიმალურად დასაშვები დაგვერდების(გადახრის) კუთხის შემცირება (ნორმების მიხედვით დასაშვებია 2, 3 და 5°);

3. ამრიგი კონსტრუქციების სრულად გაშვერილი ნაწილის გაზრდა უფრო დიდი რეზინის ელემენტების (ცილინდრების, ტრაპეციების) გამოყენების მეშვეობით. მათ ქვეშ შუასადებების ზომების გაზრდა და ზედნაშენის გაშვერის გაზრდა დაბეტონების საშუალებით;

4. ზენორმატიული გადახრების მქონე სახიფათო უბნის მდებარეობა ისეთ ადგილებში, სადაც ვერასოდეს მოხვდება გემი ცილინდრული ჩანართით, როგორცაა ტექნოლოგიური წყვეტები მდგარ გემებს შორის, ნავმისადგომის ხაზის დაახლოებით 90° მქონე კუთხეები და ა.შ.

თავი 3. პორტის ნაგებობების დიაგნოსტიკის პირდაპირი და შებრუნებული ამოცანები

3.1. ამოცანის დასმა

პორტის საპასუხისმგებლო ნაგებობების კედლების ზენორმატიული გადახრის კომპენსირების ღონისძიებებს შეიძლება ჰქონდეთ სხვადასხვა მიმართულება. კონკრეტულ პორტში დასაყენებელი გემის წყალშიგის შემცირებისა და აკვატორიისკენ მისი მაქსიმალურად დასაშვები დახრის შემცირების ღონისძიებები განეკუთვნება საექსპლუატაციო შეზღუდვებს. პორტის ამრიგი კონსტრუქციის ელემენტების ზომების (მათი სრული გაშვების გაზრდა) ან ბეტონის ზედნაშენის კონსტრუქციის ზომების გაშვების გაზრდა მოითხოვს დამატებით სარეკონსტრუქციო სამუშაოებს, მინიმუმ პორტის უბნის ექსპლუატაციის დროებით შეჩერებას. ზენორმატიული გადახრების სახიფათო უბნის მდებარეობა იმ ადგილებში, სადაც მისი შეხება გემის ცილინდრულ ჩანართთან შეუძლებელია, შეიძლება მივაკუთვნოთ ტექნოლოგიურ ღონისძიებებს, რომლებსაც გარკვეულ პირობებში შეიძლება ჰქონდეს საექსპლუატაციო შეზღუდვების ფორმა.

იმისათვის, რომ სწორად წარიმართოს სარეკონსტრუქციო სამუშაოები, აუცილებელია საკმაოდ ზუსტად განისაზღვროს წყალშიგის დახრის, ამრიგი კონსტრუქციის ზომების ან ზედნაშენის სიგანის ცვლილებები. აღნიშნული რეკონსტრუქცია განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გემის წყალშიგისთვის, ვინაიდან წყალშიგის თუნდაც მცირე მნიშვნელობებით შეცვლა დიდ გავლენას ახდენს პორტის გამოყენების ეკონომიკურ მაჩვენებლებზე. მაგალითად, თუ გემის ჯამური წყალშიგი

არის დაახლოებით 10 მ, მისი მხოლოდ 20 სმ-ით მატება გამოიწვევს გემის წყალწყვის რამდენიმე ასეული ტონით ზრდას, რაც, თავის მხრივ, შეესაბამება პატარა ზომის გემს.

ამრიდი კონსტრუქციების გაშვების მატება დაკავშირებულია გარკვეულ ხარჯებთან. ასე მაგალითად, ამრიდების ზომის შესაცვლელად, აუცილებელია მისი საკიდების შეცვლა. ზედნაშენის სიგანის მომატება დაკავშირებულია ათობით კუბური მეტრი მონოლითური ან ანაკრები ბეტონის კონსტრუქციების გამოყენებასთან, რომელიც განკუთვნილია ცვლად დონეებზე დასაღაგებლად.

ზემოაღნიშნული შეზღუდვების სწორად გამოსათვლელად აუცილებელია მეთოდოლოგია, რომლითაც შესაძლებელი იქნება დადგინდეს ზედნაშენის გაშვების, გემის ჯდომისა და გადახრების ცვლილებები, რამდენადაც ნორმის ფარგლებშია და რამდენად შესაბამისობაშია გემის დგომის დროს სტანდარტების მოთხოვნებთან. ამასთან, ექსპლუატაციის პირობების შეზღუდვები უნდა იყოს შემოღებისდაგვარად მინიმალური, რათა შემოღებული შეზღუდვებით გამოწვეული ეკონომიკური ზარალის ოდენობა დაყვანილ იქნას მინიმუმამდე.

შემოთავაზებული გადაწყვეტა პირობითად შეიძლება დაიყოს პირდაპირ და შებრუნებულ (უკუ) ამოცანებად, რომლებიც ხშირად გამოიყენება სხვადასხვა კვლევების დროს [28, 45].

პირდაპირი ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ დადგინდეს დასადგომად დაშვებული გემის ზღვრული ჯდომა, აკვატორიის მხარეს გემის მაქსიმალურად დასაშვები დახრა, რომელიც აკმაყოფილებს გემის დაყენების ნორმატიულ მოთხოვნებს კედლის წინა ზედაპირის რეალურ მდგომარეობაზე დაყრდნობით.

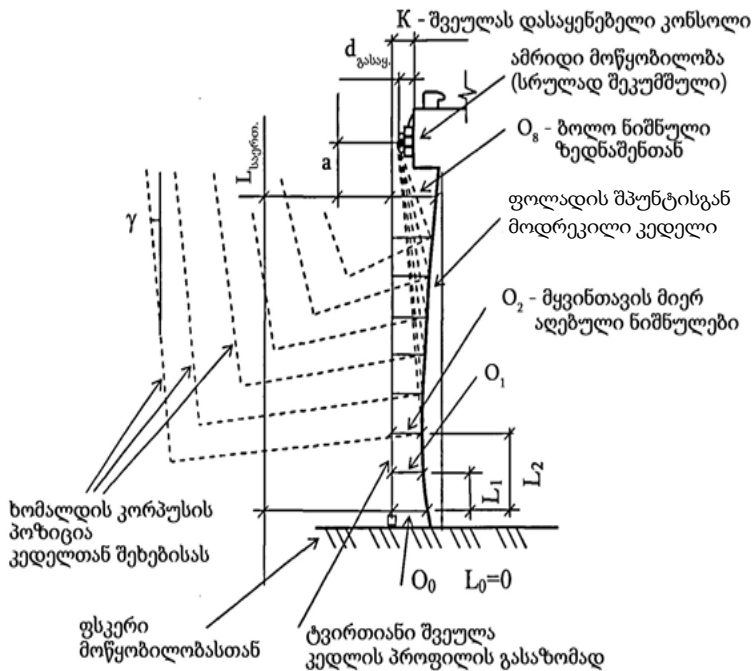
შებრუნებული (უკუ) ამოცანა მდგომარეობს იმაში, რომ განისაზღვროს, თუ რამდენად არის აუცილებელი ზედნაშენის სიგანის გაზრდა აკვატორიის მხარეს ან რამდენად არის აუცილებელი ამრიდი მოწყობილობის გაშვების გაზრდა იმისათვის, რომ მაქსიმალური ჯდომის მქონე გემმა, რომელიც განისაზღვრება ფსკერის პოზიციით, შეძლოს ნავმისადგომთან გემის დგომა სტანდარტების მოთხოვნების დაცვით.

3.2. გემის კორპუსის კედელთან შეხების წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა

განვიხილოთ პირდაპირი ამოცანა. პირველ ეტაპზე საჭიროა დადგინდეს არის თუ არა ნავმისადგომის წყალქვეშა ზედაპირზე ისეთი წერტილები, რომლებიც არიან გაშვებული აკვატორიის მხარეს იმდენად, რომ ზემოაღწერილი ნორმატიული პირობების დაცვისას შეძლონ გემის კორპუსთან შეხება ე.ი. უნდა განისაზღვროს პირობითი გემის კორპუსის კედელთან შეხების წერტილის კოორდინატები (ნახ. 3.1). გემის კორპუსად პირობით მივიღოთ მართკუთხედი, გემის შუა შპანგოუტის კვეთის გარე ზომებით (ამასთან, მართკუთხედის ქვედა ხაზი, ჩვენი ამოცანის პირობებში არ შეესაბამება გემის ძირს).

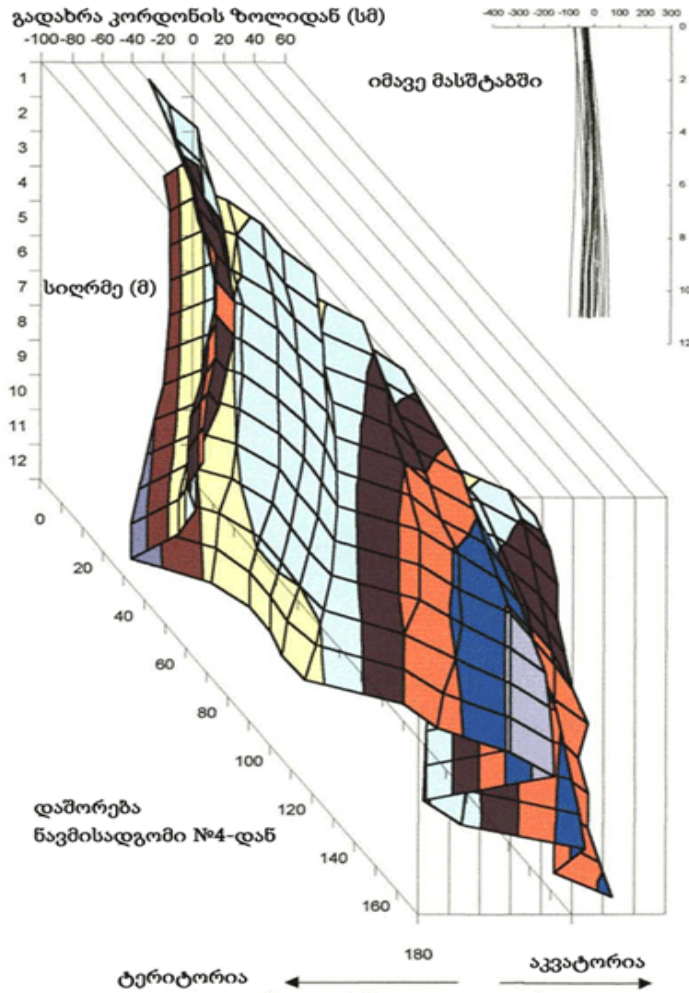
კვლევის შედეგების საფუძველზე მიღებული კედლის წყალქვეშა ზედაპირი წარმოიქმნება ზედა და ქვედა ტეხილი ხაზებით, რომლებიც შეესაბამება კედლის შეერთებას ფსკერთან და ბეტონის ზედნაშენთან. ამ ტეხილ ხაზებს შორის ზედაპირებს შეიძლება ჰქონდეთ დახრილობა სანაპიროსკენ ან ზღვისკენ, ასევე დახრილობა

ჰქონდეს ღუნვის ისარს, რომელიც, როგორც წესი, მდებარეობს კედლის ქვედა ნაწილში. ამ ზედაპირის მათემატიკური ინტერპრეტაცია საკმაოდ რთულია და, სამწუხაროდ, მას არ გააჩნია პრაქტიკული ღირებულება, მისი დაბალი სიზუსტის გამო (ნახ. 3.2).



ნახ. 3.1. გემის პირობითი კორპუსის კედელთან შეხების წერტილის კოორდინატების ($h_{\text{ხომალ.}}$) განსაზღვრის სქემა. პირდაპირი ამოცანა – პირველი ეტაპი

აქედან გამომდინარე, შემოთავაზებულია გამოვიყენოთ კონკრეტული მნიშვნელობები, რომლებიც აღებულია კედლის პროფილის აგებისას. ამ ვარიანტში მყვინთავი სპეციალისტების მიერ კედლის ზედაპირის პროფილირების შედეგები წარმოადგენს კედლის ამობურცული წერტილების პოზიციების კოორდინატების ერთობლიობას შვეულას ხაზთან მიმართებით.



ნახ. 3.2. შპუნტის სივრცითი პროფილი

ამ ვარიანტში ლითონის შპუნტისგან შემდგარი ბოლვერკისთვის, სადაც პრაქტიკულად იზომება ძელის მრუდი ღერძი, გაზომვები ხორციელდება კედლის სიმაღლის გასწვრივ ყოველ 1 მეტრში. ამისთვის შვეულას გვარლის ხაზი ინიშნება ყოველ 1 მეტრში. ამობურცული კედლის დამახასიათებელი მრუდის ღერძის ყველაზე დაბალი წერტილი განისაზღვრება ქვემოდან, ფსკერიდან 0,5-1,0 მეტრის სიმაღლეზე, ვინაიდან ეს მანძილი უკავია შვეულას გვარლის დამჭიმ

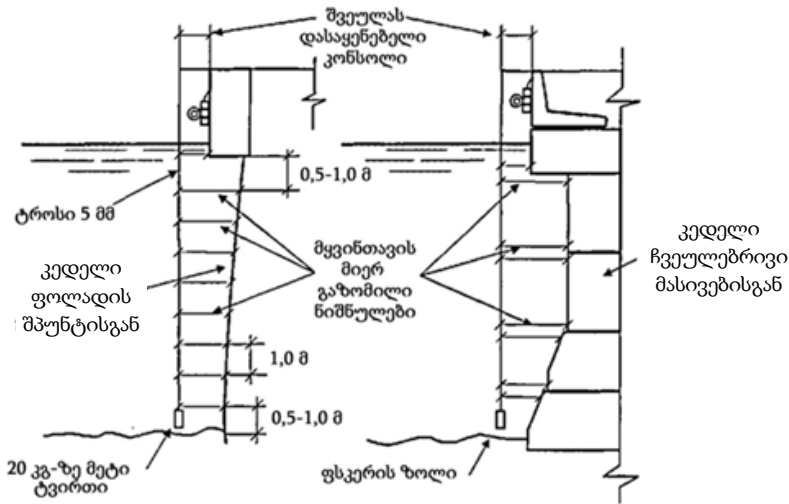
ტვირთს (ტვირთის წონა, სტანდარტების მიხედვით უნდა იყოს მინიმუმ 20 კგ). გასაზომი პროფილის უმაღლესი წერტილი, როგორც წესი, მდებარეობს რკინაბეტონის ზედნაშენის ქვედა კიდიდან 0,5-1,0 მეტრის დაშორებით. ეს განპირობებულია ცვლად ჰორიზონტში ნადებების წარმოქმნით და ამ ზონაში ზედნაშენის ყალიბების სამაგრი ელემენტების (კუთხე მაგიდების) არსებობით.

ჩვეულებრივი მასივებისაგან შემდგარი კედლისთვის გაზომვები ხორციელდება ორი მასივის ჰორიზონტალურ პირაპირზე იმისათვის, რომ დაფიქსირდეს მათი ურთიერთწანაცვლება და ცალკეული მასივის ფასადური წიბოს დახრილობა.

ამ შემთხვევაში გაზომვის ყველაზე დაბალი წერტილი მდებარეობს ფსკერიდან გარკვეულ მანძილზე (მიზეზი იგივეა, რაც ბოლვერკის შემთხვევაში).

კედლისთვის, რომლის ქვედა მასივის წახნაგი არის დახრილი, ყველაზე დაბალი წერტილი მდებარეობს ამ მასივის ზედა ნაწილის გასწვრივ, ვინაიდან მისი ქვედა ნაწილი, როგორც წესი, დაფარულია დანალექებით. გაზომვის ყველაზე მაღალი წერტილი მდებარეობს ამობურცული ზედა მასივის ქვედა ჭრილზე (ნახ. 3.3).

კედლის პროფილის პოზიციას მყვინთავი აფიქსირებს სხვადასხვა წერტილში, შვეულას ხაზსა და კედლის ზედაპირს შორის მანძილების გაზომვით. მაშინ გემის პირობითი კორპუსის (მართკუთხედი, პირობითი გემის კორპუსის გარე ზომებით შუა შპანგოუტის კვეთით) დახრის კუთხე (მარაგის გათვალისწინებით) კედელთან შეხების წერტილებში იქნება ტოლი:



ნახ. 3.3. მეცინთავების საშუალებით პორტის საყრდენი კონსტრუქციის წყალქვეშა ზედაპირის პროფილის გაზომვის სქემა ჩვეულებრივი მასივებისგან შემდგარი ბოლვერკის ტიპის კონსტრუქციისათვის

$$\gamma = \arctg \frac{d_{\text{ამრ.მოწყ.}} - K + O_1 - c}{L_{\text{საერთ.}} - L_1 + a}, \quad (3.1)$$

სადაც $d_{\text{ამრ.მოწყ.}}$ არის რეზინის ცილინდრისა და ხის ძელის ქვესაგების (გათვალისწინებით შეკუმშული ან შეუკუმშავი – ამოცანის პირობებიდან გამომდინარე) ამრიდი მოწყობილობის პერპენდიკულარული კორდონის ხაზის ზომა;

K – მანძილი კორდონის ხაზსა და შვეულას დამაგრების წერტილს შორის (იზომება კედლის პროფილის გაზომვისას);

O_1 – იზომება შვეულიდან კედლამდე მეცინთავის მიერ სახაზავით, გაზომვის ადგილზე;

c – გემოს კორპუსსა და კედლის ზედაპირს შორის მარაგი, რომელიც ფორმულაში შეყვანილია გამოყენებული მნიშვნელობების უზუსტობების კომპენსირებისთვის;

$L_{საერთ.}$ – სიგრძე გაზომვის უკიდურეს წერტილებს შორის სიმაღლეში (ვინაიდან შვეულას ხაზის მონიშვნა ხდება ყოველ 1 მ-ზე, ეს სიგრძე, ჩვეულებრივ, არის 1 მ-ის ჯერადი);

L_1 – მანძილი გაზომვის ყველაზე დაბალ წერტილსა და იმ წერტილს შორის, რომლისთვისაც ხდება გაანგარიშება (სადაც იზომება მაჩვენებელი O_1) სიმაღლეში;

a – მანძილი ამრიდი კონსტრუქციის რეზინის ცილინდრის ღერძსა (ანუ ამრიდ კონსტრუქციასთან შეხების წერტილსა) და ყველაზე ზედა მაჩვენებელს შორის („ a “ მნიშვნელობა ასევე უნდა გაიზომოს პროფილის აზომვისას). ყველა ზომა გამოსახულია სმ-ით.

თითოეული აზომილი წერტილისთვის γ° კუთხის მნიშვნელობის გამოანგარიშებით, შესაძლებელია დადგინდეს პროფილის მონაკვეთი ან წერტილი, რომელიც არ აკმაყოფილებს გემის უსაფრთხოდ დაყენების ნორმატივებს. ეს იქნება ის წერტილები, რომლებშიც γ° კუთხის მნიშვნელობები 2° , 3° ან 5° -ზე მცირეა (2° – ტანკერებისთვის, 5° – ხის მასალების გადამზიდი და 3° – ყველა სხვა ტიპის ხომალდებისთვის, შესაბამისად).

ჩვეულებრივი მასივებისაგან შემდგარი კედლისთვის ორი მასივის პირაპირის უბანში გაზომილი პროფილის წერტილების გამოთვლისას უნდა ჩავთვალოთ, რომ ეს წერტილები განლაგებული არიან ამ პირაპირის ჰორიზონტალურ სიბრტყეში.

ზოგადად γ° -ის მნიშვნელობები გარკვეულ წერტილებში იქნება წილადების სახით, რათა უფრო ზუსტად განვსაზღვროთ კრიტიკული შეხების წერტილების კოორდინატები (ნიშნულები პროფილზე,

რომლის გასწვრივაც გადის 2°, 3° ან 5° ხაზი). მნიშვნელობები უნდა იქნეს ინტერპოლირებული იმ დაშვებით, რომ ორ წერტილს შორის y° კუთხის ცვლილება არის წრფივი.

მეტი თვალსაჩინოებისთვის პროფილების პოზიციები უნდა იქნეს დატანილი კონსტრუქციის ფასადზე (ამისთვის გაზომვების დროს აუცილებელია მყვინთავების მიერ გაზომილი პროფილის უმაღლესი წერტილის პოზიციის ფიქსირება კორდონის ხაზის მაღლივ დონესთან მიმართებით) და აზომვის წერტილების ადგილებზე უნდა მიეწეროს y° კუთხის მნიშვნელობები. პროფილებს შორის უნდა გაივლოს 2°, 3° ან 5°-ის შესაბამისი ინტერპოლაციის ხაზი. ამ მიღებული ტეხილის უმაღლესი წერტილი უნდა შეესაბამებოდეს კედლის ყველაზე საშიშ ამობურცვას აკვატორიისკენ და შეიძლება ჩაითვალოს საანგარიშო წერტილად.

გასათვალისწინებელია ის გარემოებაც, რომ აუცილებელი არ არის 10 მ-ის შემდეგ გაზომილი კედლის პროფილებს გააჩნდეთ კედლის ყველაზე ამობურცული წერტილები. ამიტომ მიზანშეწონილია ზემოაღნიშნული აზომვების ჩატარება ნავმისადგომის გამოკვლევის დროს და ყველაზე საშიში უბნების გამოვლენის შემთხვევაში უნდა გაიზომოს რამდენიმე დამატებითი პროფილი მათი ინტერპოლაციის ხაზის მაქსიმალური მნიშვნელობების ზონებში, გაზომილ პროფილებს შორის მანძილის შუაში განთავსებით. ამ დამატებითი პროფილების გათვალისწინება (ინტერპოლაციის ხაზის კორექტირებით) საშუალებას იძლევა უფრო ზუსტად დადგინდეს ყველაზე სახიფათო წერტილების კოორდინატები.

ამრიგად, ზემოთ აღწერილი გაზომვებისა და გამოთვლების ჩატარებით შესაძლებელია წყლის 98%-ში დონესთან მიმართებით კედლის გარკვეულ მონაკვეთზე სიმაღლის ნიშნულის ყველაზე გამოშვებული წერტილის მდებარეობის კოორდინატების დადგენა (მაგალითად, პორტისთვის ტექნოლოგიურ საზღვრებში). ჩვენს ამ მიღებულ მნიშვნელობას დავარქვათ გემის პირობითი ჯდომა. პროფილი, რომელზეც მდებარეობს ეს წერტილი შეიძლება იყოს ისეთ უბნებში, სადაც გემის კორპუსის ცილინდრული ჩანართი არასოდეს ხვდება (მაგალითად, პორტების საზღვრიდან 10 მ-ის დაშორებით) ან იქ, სადაც გემი არასოდეს დგება (ერთიც და მეორეც არის იმ გემებისთვის, რომლებსაც გააჩნიათ შეხების წერტილის კოორდინატზე მეტი ჯდომა). ამ შემთხვევაში, კედლის მაქსიმალური გამოშვება უნდა განისაზღვროს იმ ადგილებში, სადაც შესაძლებელია გემის კორპუსის ცილინდრული ჩანართის მდებარეობა.

გემის პირობითი ჯდომის გარკვეული მნიშვნელობა (შეხების წერტილის კოორდინატები) არ უტოლდება გემის რეალურ ჯდომას იმის გამო, რომ დახრის დროს კორპუსის ზიგომატური მომრგვალების უბანი გარკვეულწილად იწევს მაღლა და შეხება ხდება მომრგვალების რკალის ზედა ნაწილში.

ამიტომაც გაანგარიშების მეორე ეტაპი არის კორექტირების განსაზღვრა, რომელიც ერთმანეთთან აკავშირებს შეხების წერტილის კოორდინატს და სტანდარტულ პირობებში გემს, რომელიც ეხება კედელს ნორმატიულ პირობებში, რეალურ ჯდომას.

ამავე დროს აუცილებელია შემდეგი გარემოების გათვალისწინებაც. გემების ძირები გარკვეულ სიღრმეზე შეიძლება განთავსდეს ორ

შემთხვევაში: როდესაც ეს სიღრმე არის მოცემული გემისთვის მაქსიმალური ჯდომის ტოლი და როდესაც გემს გააჩნია უფრო მეტი მაქსიმალური ჯდომა, მაგრამ ის მოცემულ სიღრმეზე თავსდება არასრული დატვირთვით.

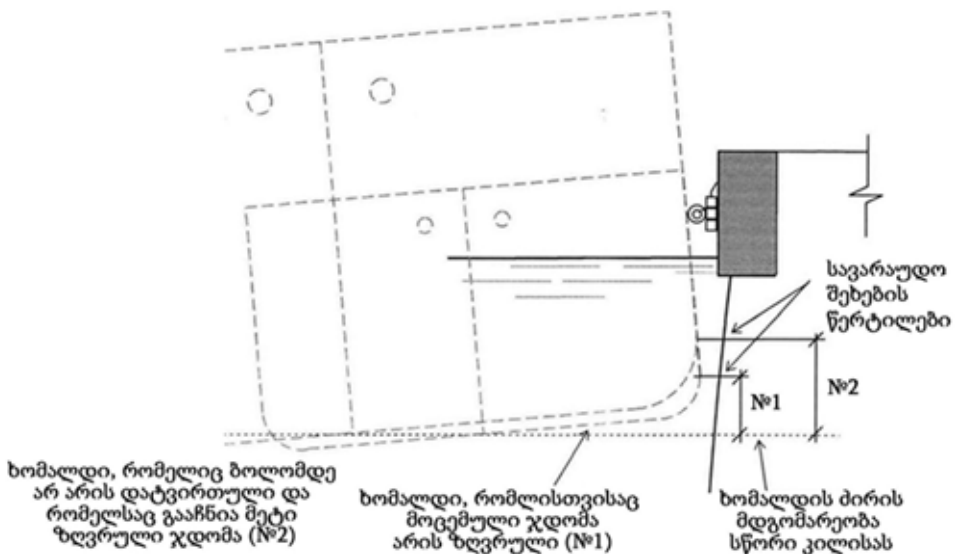
ჩვენი პირობებისთვის საანგარიშო შემთხვევად, ე.ი. ისეთ შემთხვევად, რომელიც იძლევა ყველაზე მცირე კორექტირებას, როდესაც მოცემული სიღრმე არის ზღვრული ჯდომის ტოლი, ვინაიდან ამ შემთხვევაში ზიგომატური მომრგვალების რადიუსი დახრის გამო (გემის B სიგანის პროპორციული) ზემოთ აწევა იქნება ყველა შესაძლო ვარიანტებიდან ყველაზე მცირე (ნახ. 3.4). რის გამოც შემოღებული მაქსიმალური შეზღუდვის დონე ზღვრული ჯდომის მქონე გემისთვის განლაგდება წყლის ზედაპირიდან უფრო შორს და, შესაბამისად, ეს შეზღუდვა გადაფარავს ყველა სხვა ვარიანტს. შესაბამისი მარაგი მიიღება 20 სმ, რაც გარკვეულწილად გადაჭარბებულია და, შესაძლოა, შეესაბამებოდეს პროფილის გაზომვის დაბალ სიზუსტეს ან გრუნტის წნევით კედლის ამობურცვის თეორიულად დაშვებულ მნიშვნელობას. ამჟამად პორტის კედლების პროფილის გაზომვა, როგორც კვლევის ნაწილი, ხორციელდება სპეციალიზებული ორგანიზაციების მიერ, მათი კვლევის მეთოდი უზრუნველყოფს ასეთი გაზომვების მაღალ სიზუსტეს.

სიზუსტის მაჩვენებელი იზრდება შემდეგ შემთხვევებში:

- ერთი და იმავე პროფილის ხელმეორედ გაზომვით შვეულას ხაზის სხვადასხვა პოზიციებზე;

- შვეულას ხაზის გასწვრივ გასაზომი წერტილების (1 მ) უფრო ხშირი განლაგებით;

- შვეულას ხაზის მეტად დაჭიმვით;
- კედლის წინასწარი გაწმენდით დაბინძურებისგან და ა.შ.



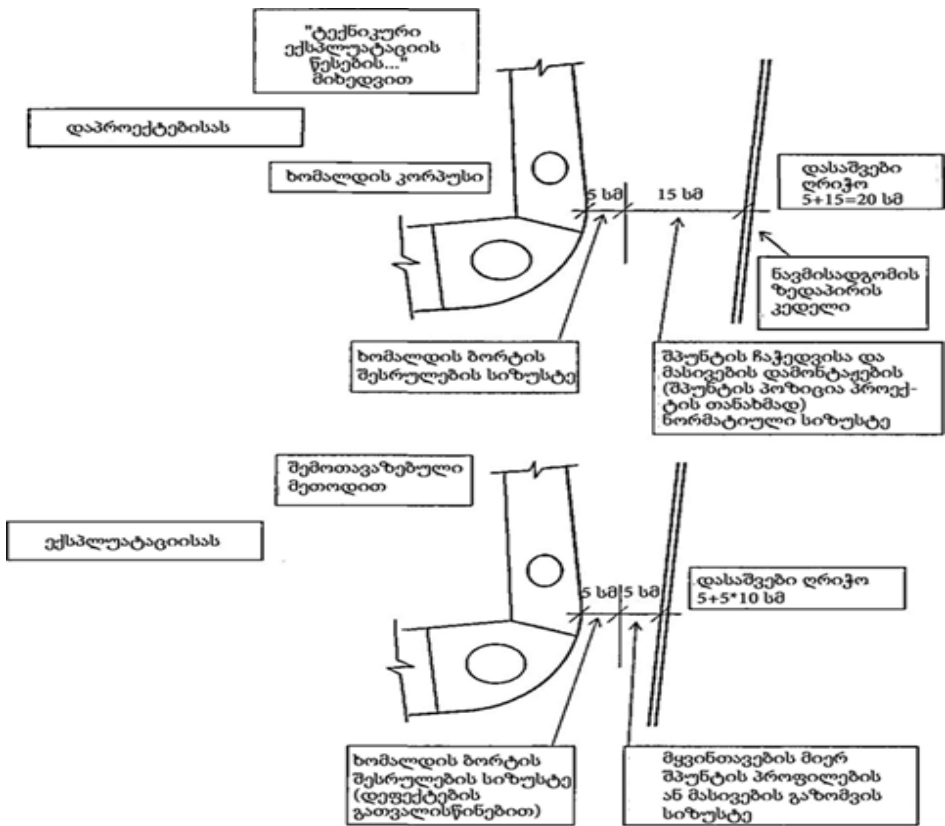
ნახ. 3.4. სხვაობა შეხების წერტილების მდებარეობებში, სხვადასხვა დედვეითის (გემის სრული ტვირთამწეობა) მქონე გემებისთვის ერთი და იგივე ჯდომისას

ზემოთქმულის გათვალისწინებით, სპეციალიზებული ორგანიზაციების მიერ კედლის პროფილების გაზომვის სიზუსტედ შეიძლება მივიღოთ დაახლოებით 5 სმ (გამოუცდელი მყვინთავებისთვის – 10 სმ).

გემის კორპუსსა და კედლის ზედაპირს შორის მარაგის (c) მნიშვნელობები „ტექნიკური ექსპლუატაციის წესების ...“ ფორმულაში შემოღებულია უზუსტობების საკომპენსაციოდ. ზემოთქმული უზუსტობები შედგება კედლის პროფილის გაზომვების ხარვეზებისგან და დამოკიდებულია გემის კორპუსის თეორიულ ნახაზთან შესაბამისობის სიზუსტეზე.

მშენებლობის დროს გემის კორპუსის აგების სიზუსტე არის დაახლოებით 1 სმ (ცილინდრული ჩანართის მიდამოში ექსპლუატაციური

დეფორმაციების გათვალისწინებით – 2-3 სმ). ამრიგად, მარაგის (c) სიდიდე შეიძლება მივიღოთ 10 სმ-ის ტოლად (ნახ. 3.5).



ნახ. 3.5. დასაშვები მანძილი (დრეჩო) გემის ბორტსა და ნავმისადგომის წინა კედელს შორის

მაგალითისთვის განვიხილოთ შეხების წერტილების კოორდინატების გამოთვლა ფოთის პორტის ნავმისადგომის მონაცემების საფუძველზე. პროფილის ანგარიშები – გაზომვები კვლევის მასალებიდან, დახრის კუთხეები – გამოითვლება ფორმულა 3.1-ის მიხედვით. ხაზის ქვემოთ არის კედლის უბნები, რომლებიც არ აკმაყოფილებს გემების(ხომალდი) უსაფრთხო დგომის პირობებს 3° დახრისას. იდენტიფიცირებულია მონაკვეთი, რომელშიც ამრიგი კონსტრუქციის

სრულად შეკუმშვისას გემის კორპუსი გადახრების გარეშე ეხება კედელს (გადახრა უარყოფითია ტერიტორიისკენ). მნიშვნელობა $h_{\text{ხომალ.}}$ მიღებული 3° დონისთვის, შეესაბამება კუთხეების მნიშვნელობებსა და სიღრმის მნიშვნელობებს შორის ინტერპოლაციას (იხ. ცხრილი 3.1).

ცხრილი 3.1

გემის კორპუსის კედელთან შეხების წერტილების
კოორდინატების გაანგარიშების მაგალითი

სიღრმე	აზომვები პროფილებზე (სმ)			გადახრების კუთხეები (გრადუსები)		
	პროფილი 1	პროფილი 2	პროფილი 3	პროფილი 1	პროფილი 2	პროფილი 3
0	27	23	30	11,31	19,46	21,80
1	25	14	20	12,41	9,98	11,31
2	20	5	20	8,13	5,71	8,13
3	15	-6	15	5,71	3,05	5,71
4	10	-14	10	4,16	1,67	4,16
5	5	-22	5	3,08	0,71	3,08
6	3	-30	0	2,52	0,00	2,29
7	0	-35	0	2,02	-0,34	2,02
8	0	-40	5	1,81	-0,60	2,11
9	0	-40	10	1,64	-0,55	2,18
10	0	-40	15	1,49	-0,50	2,24
11	0	-30	20	1,37	0,00	2,29
12	0	-25	21	1,27	0,21	2,16
$U_{\text{ხომალ.}}^1$				5,14	3,04	5,10
$h_{\text{ხომალ.}}$				5,94	3,84	5,90

მოცემულ ცხრილში $U'_{\text{ხომალ.}}$ არის მანძილი ზედნაშენის ქვეშ პროფილირების ბოლო ჩვენებიდან (ცხრილში შეესაბამება 0 სიღრმეს) გემის 3° -იანი დახრის შესაბამის წერტილამდე, რომელიც მიიღება ინტერპოლაციის შედეგად;

$h_{\text{ხომალ.}}$ – მანძილი წყლის 98% დონესა (+0,8 მ) და გემის 3° -იანი დახრის შესაბამის წერტილს შორის.

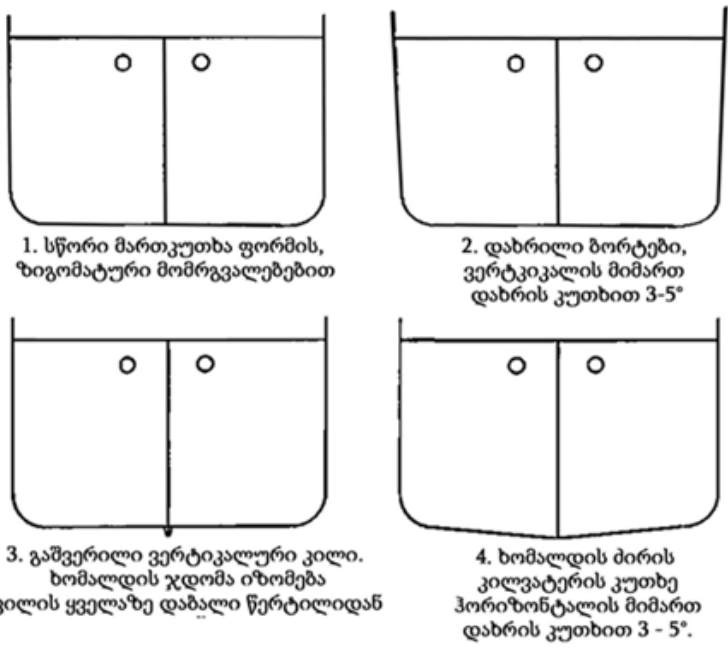
ზემოთ მოყვანილი მაგალითი გვიჩვენებს, თუ როგორ შეიძლება დადგინდეს პირობითი გემის კორპუსის კედელთან შეხების წერტილის კოორდინატები. ამასთანავე, სიმარტივის მიზნით გემის კორპუსი ამ ეტაპზე განიხილება, როგორც მართკუთხედი გემის კორპუსის წყალქვეშა ნაწილის გარე ზომებით შუა შპანგოუტის კვეთში მართკუთხა ჩანართით.

3.3. ჯდომის კორექტირების განსაზღვრა

პირობითი გემის კორპუსის კედელთან შეხების წერტილის კოორდინატების განსაზღვრა, როგორც ზემოთ აღინიშნა, არ იძლევა სწორი კილის მქონე გემის ჯდომის დადგენის საშუალებას მოცემულ წერტილში კედელთან შეხებისას. ამისათვის საჭიროა პირდაპირი ამოცანის მეორე ეტაპის გამოთვლების ჩატარება – გემის ჯდომის განსაზღვრა.

გემის ჯდომის დასადგენად აუცილებელია მათემატიკური ფორმულის გამოყვანა ჯდომის კორექტირების გამოსათვლელად, რომელიც ახასიათებს დახრის დროს კორპუსის ქვედა წერტილების აწევას და ზიგომატური მომრგვალების რადიუსის არსებობას. გარდა ამისა, უმნიშვნელო განსხვავებაა პირველ ეტაპზე და მეორე ეტაპზე მიღებულ შეხების წერტილთა პოზიციებს შორის იმის გამო, რომ მეორე ეტაპის გამოთვლებისას შეხების წერტილი არ დევს ხაზზე, რომელიც წარმოადგენს გემის ბორტის ვერტიკალური სიბრტყის გაგრძელებას და მდებარეობს ზიგომატური მომრგვალების ზემოთ. ამ სხვაობის გასათვალისწინებლად გამოითვლება მეორე კორექტირება, რომელიც ასევე გაითვალისწინება ჯამური კორექტირების მაჩვენებელში.

გემის ჯდომის ჯამური კორექტირება განისაზღვრება, როგორც სხვაობა ზიგომატური მომრგვალების უბანში შეხების წერტილის კოორდინატსა და გემის ძირის წერტილს შორის, რომელამდეც განისაზღვრება სწორი კილის მქონე გემის ჯდომა. ამ შემთხვევაში გამოთვლა ხდება შუა შპანგოუტის კვეთის მოხაზულობის ყველაზე უარესი (განსახილველი ამოცანის პირობების მიხედვით) ვარიანტისთვის, რომელიც წარმოადგენს სწორი მართკუთხედის ფორმის, გამოშვებული კილის ან კილვატერის კუთხეების (ნახ. 3.6) მქონე ბორტებს. დახრილი ბორტების მქონე გემების დახრისას, ჯერ უნდა დაიძლიოს საკუთარი ბორტის დახრილობა და ამიტომ ნავმისადგომის წყალქვეშა ზედაპირთან შეხების თვალსაზრისით ისინი შეიძლება ჩაითვალოს აბსოლუტურად უსაფრთხოდ. გამოწეული ვერტიკალური



ნახ. 3.6. ხომალდის კორპუსის ცილინდრული ჩანართის მონაკვეთის შესაძლო ვარიანტები

კილის და კილვატერის კუთხეების მქონე გემების ბორტსა და კედლის ზედაპირს შორის შეხების წერტილს ქმნის 0,5-1,0 მ-ით უფრო ზევით (წყლის ზედაპირთან უფრო ახლოს), ვიდრე იმავე ჯდომის, მაგრამ სწორი მართკუთხა ფორმისა და ზიგომატური მომრგვალების კორპუსის მქონე გემები.

ჯდომის კორექტირება განისაზღვრება, როგორც გემის ბორტის ზიგომატური მომრგვალების რადიუსისა (R) და გემის აკვატორიისკენ დახრის შედეგად ბორტის მართკუთხა (მომრგვალების ზემოთა) ნაწილის ქვედა წერტილის აწევის სიმაღლის ჯამს (Δ_B , ნახ. 3.7) გამოკლებული (Δ'_B) მნიშვნელობა, რომელიც ითვალისწინებს ზიგომატურ მომრგვალებაზე მდებარე შეხების წერტილების მდებარეობას:

$$\Delta = \Delta_B + 11 - \Delta'_B;$$

მონაკვეთი AB განისაზღვრება როგორც რკალის ისარი OA რადიუსით:

$$AB = 2xOA \sin \frac{\gamma}{2} = B \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta}; \quad OA = \frac{B}{2 \sin \beta};$$

$$\angle DAB = \angle OAB - \beta = 90^\circ - \frac{\gamma}{2} - \beta = 90^\circ - \left(\beta + \frac{\gamma}{2} \right);$$

$$\Delta_B = AB \cos \angle DAB = B \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta} \sin \left(\beta + \frac{\gamma}{2} \right); \quad \Delta_B = R \operatorname{tg} \gamma;$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{B}{2(T + \Delta_Y - R)};$$

$$\Delta = B \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta} \sin \left(\beta + \frac{\gamma}{2} \right) + R(t - \operatorname{tg} \gamma). \quad (3.2)$$

ლობისთვის, რომელსაც ვიყენებთ გამოთვლებში. შედეგად მიღებული სხვაობა იქნება 3 მ-დან 12 მ-მდე დიაპაზონში წრფივი კანონით.

სრული კორექტირების გადახრების გამოთვლა წარმოდგენილია ცხრილში 3.2.

ცხრილი 3.2

სრული კორექტირების გადახრის მნიშვნელობა Δ_{BT}' (Δ_{γ} ცვლილებისას 0,8T-დან -0,8T-მდე) იმავე გადახრის მნიშვნელობიდან, როდესაც $\Delta_{\gamma} = -0,5T$

γ°	$I_{\text{თხილწ.}}$	კორექტირების გადახრა Δ_{BT} მნიშვნელობიდან, როდესაც $\Delta_{\gamma} = -0,5T$ შემდეგი Δ_{γ} -ებისთვის (მ)									კორექტირება, როდესაც $\Delta_{\gamma} = -0,5T$
		0,8T	0,6T	0,4T	0,2T	0	-0,2T	-0,4T	-0,6T	-0,8T	
2°	3	0,0035	0,0029	0,0024	0,0019	0,0013	0,0008	0,0003	-0,0003	-0,0008	0,5230
	12	0,0144	0,0121	0,0099	0,0077	0,0055	0,0033	0,0011	-0,0011	-0,0033	2,6487
3°	3	0,0080	0,0068	0,0056	0,0043	0,0031	0,0019	0,0006	-0,0006	-0,0019	0,7093
	12	0,0318	0,0269	0,0220	0,0171	0,0122	0,0073	0,0024	-0,0024	-0,0073	2,6483
5°	3	0,0251	0,0212	0,0174	0,0135	0,0096	0,0058	0,0019	-0,0019	-0,0058	0,932
	12	0,0989	0,0836	0,0684	0,0531	0,0379	0,0227	0,0076	-0,0076	-0,0227	3,482

Δ_{γ} პარამეტრის გავლენის ანალიზის მიღებული შედეგებიდან შეიძლება გამოვიტანოთ შემდეგი დასკვნები:

1. სრული კორექტირების გადახრას (Δ'), როდესაც $\Delta_{\gamma} = -0,5T$, გააჩნია მაქსიმალური მნიშვნელობა, შეხების წერტილის კოორდინატი უდრის 12 მ (ჩვენს პირობებში მაქსიმალურად შესაძლებელი) და $\Delta_{\gamma} = 0,8T$ (ასევე მაქსიმალური შესაძლებელი).
2. მიღებული მაქსიმალური ცდომილება დასაშვები 2°-იანი დახრისას არის 0,014 მ; 3°-იანი დახრისას – 0,032 მ და 5°-იანი დახრისას – 0,099 მ.

3. შეიძლება ჩაითვალოს, რომ როდესაც $\Delta_\gamma = -0,5T$, მაქსიმალური ცდომილება არის 0,1 მ, რაც დაახლოებით უტოლდება გემის ჯდომის გაზომვის სიზუსტეს. ამრიგად, შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ თუ პარამეტრი $\Delta_\gamma = -0,5T$ (სადაც T არის გემის ჯდომა), სრული კორექტირების გამოთვლის სიზუსტე არ იცვლება.

ზიგომატური მომრგვალების რადიუსად შეიძლება მიღებული იქნეს კონკრეტული ხომალდის რეალური მომრგვალების რადიუსი ან მინიმალური მნიშვნელობა დატვირთული გემიდან გამომდინარე, რომელიც ახასიათებს გემის გარკვეულ ჯგუფს (მათი გაბარიტების შესაბამისად).

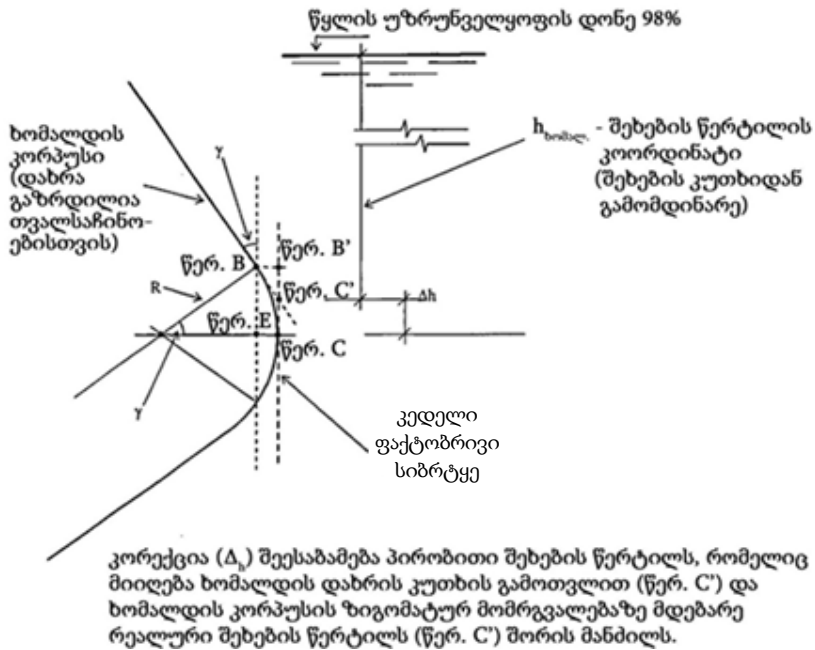
გემის კორპუსის სიგანე ასევე შეიძლება განისაზღვროს კონკრეტული გემის ზომებით ან მინიმალური შესაძლო სიგანით, რომელიც ახასიათებს გემების გარკვეული ჯგუფს:

$$B = f(T);$$

დამატებით შემოდის კორექტირება შეხების წერტილის კოორდინატებში (მეორე კორექტირება) – Δ_h (ნახ. 3.8):

$$\Delta h = CC' = BE - B'C'; \quad \Delta h = R \frac{(1 - \cos \gamma)}{\sin \gamma} = R \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}; \quad \Delta' = \Delta + \Delta h;$$

როგორც მიღებული ფორმულიდან (ფორმულა 2.3) ირკვევა, ჯდომის კორექტირება დამოკიდებულია გემის კორპუსის სიგანეზე, გვერდების კუთხეზე, ზიგომატური მომრგვალების რადიუსზე, γ კუთხეზე, რომელიც არის გემის კორპუსის გეომეტრიული მახასიათებელი, და დახრის დროს კორპუსის შემობრუნების ცენტრის კოორდინატებზე.



ნახ. 3.8. შეხების წერტილის კოორდინატების კორექტირების განსაზღვრის სქემა, მეორე კორექტირება. პირდაპირი ამოცანა – მეორე ეტაპი

იმის გათვალისწინებით, რომ დაგვერდების კუთხე γ უტოლდება $2^\circ-5^\circ$, დახლოებით შეიძლება ჩავთვალოთ, რომ ჯდომის კორექტირება ტოლი იქნება ზიგომატური რადიუსისა და კორპუსის სიგანის ნამრავლი დახრის კუთხის ნახევარჯამისა. ვინაიდან, შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით, კორექტირება გამოითვლება ერთხელ, უნივერსალური ანალიზური დამოკიდებულებების მისაღებად, გამარტივებული ფორმულების გამოყენებას აზრი არ აქვს. შედეგად მივიღებთ ფორმულას:

$$\Delta h' = B \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta} \sin \left(\beta + \frac{\gamma}{2} \right) + R \left(1 - \frac{tg \frac{\gamma}{2}}{\cos \gamma} \right). \quad (3.3)$$

ეს ფორმულა ასევე შეიძლება გამოვიყენოთ დახრის კუთხის დიდი მნიშვნელობებისას.

მიღებული ფორმულის საშუალებით გამოთვლების ჩასატარებლად საჭიროა მივუთითოთ ბორტის ზიგომატური მომრგვალების რადიუსის, კორპუსის სიგანისა და დატვირთული გემის ჯდომის მნიშვნელობები ან მივიღოთ მათ შორის ურთიერთფარდობა. კორპუსის ისეთი მახასიათებელი, როგორც არის ბორტის ზიგომატური მომრგვალების რადიუსი, არ შედის გემის ძირითად გაბარიტებში. ორგანიზაციებს, რომლებიც ექსპლუატირებას უწევენ კონკრეტულ გემს, როგორც წესი, არ გააჩნიათ ინფორმაცია ზიგომატური მომრგვალების რადიუსის სიდიდეზე. ამ რადიუსის მნიშვნელობა შეიძლება მივიღოთ გემის კორპუსის სტრუქტურული ნახაზებიდან, რომლებიც ხელმისაწვდომია მხოლოდ საპროექტო-საკონსტრუქტორო ბიუროში ან გემთმშენებელ ქარხნებში.

ზოგადად, ზიგომატური მომრგვალების რადიუსი არის გემის ძირითადი გაბარიტების (ჯდომა, სიგანე, სიგრძე) პროპორციული სიდიდე. მაგრამ ცალკეულ შემთხვევებში გემის კორპუსის შიდა კონსტრუქციული ელემენტების თავისებურებებიდან გამომდინარე, R მნიშვნელობის აღებისას დამპროექტებლებს ახასიათებთ გარკვეული თავისუფლება. გემის კორპუსის კონსტრუქციების ამსახველ ლიტერატურაში არ არსებობს კონკრეტული მითითებები ზიგომატური მომრგვალების რადიუსთან დაკავშირებით.

მომრგვალების რადიუსის მინიმალურ შესაძლო ზომად შეიძლება ჩაითვალოს ეგრეთ წოდებული ვერტიკალური კილის სიმაღლე. ვერტიკალური კილი, როგორც წესი, არის ორტესებრი ძელი და გადებულია გემის კორპუსის სიმეტრიის გრძივი სიბრტყის გასწვრივ მთელ სიგრძეზე, კორპუსის ძირის ფურცლებსა და ტრიუმს შორის.

„საზღვაო გემების კლასიფიკაციისა და აგების წესების“ 2.4.2.2 პუნქტის თანახმად, ვერტიკალური კილის მინიმალური სიმაღლე მმ-ში უნდა განისაზღვროს ფორმულით (მაგრამ – მინიმუმ 660 მმ):

$$h = \frac{L - 40}{0.57} + 40B + 3500 \frac{T}{L}, \quad (3.4)$$

სადაც h არის გემის სიგრძე;

B – გემის სიგანე;

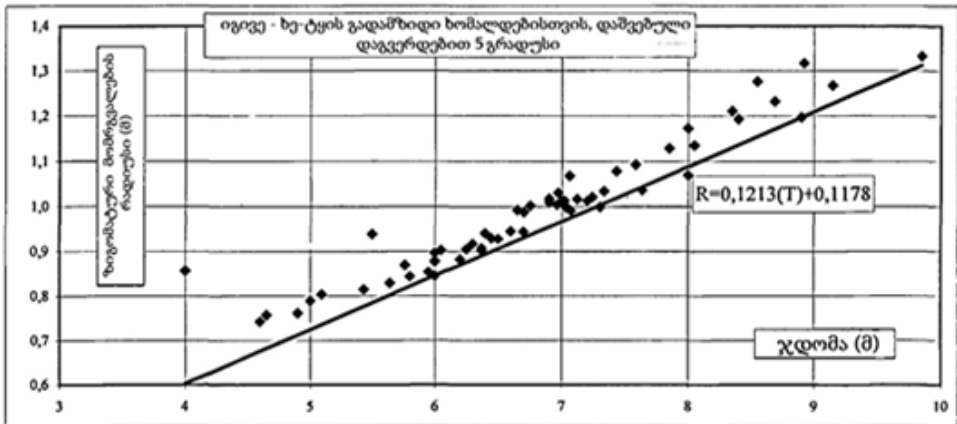
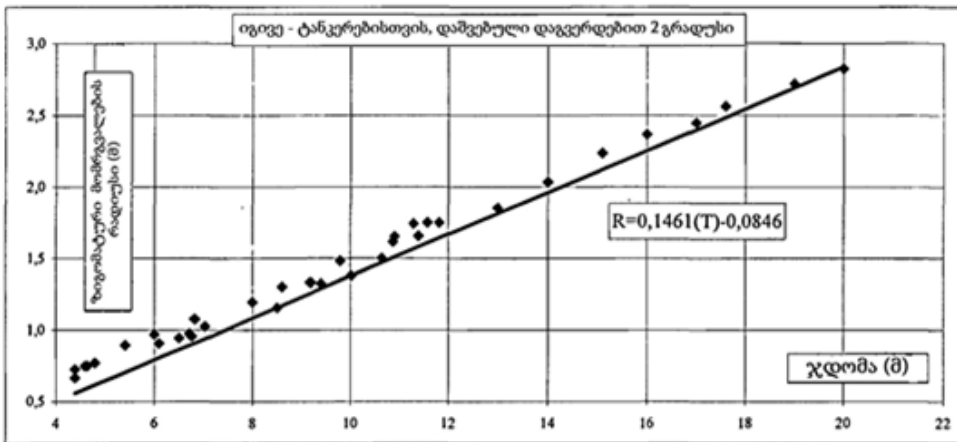
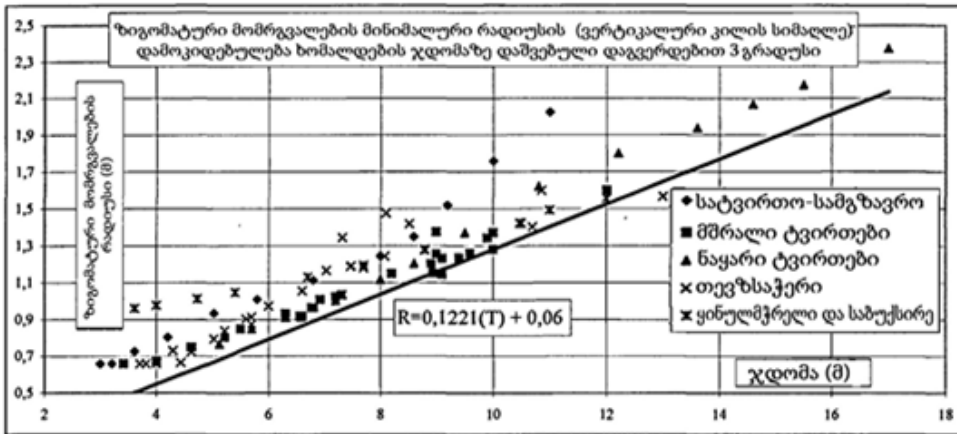
T – სრულად დატვირთული გემის ჯდომა.

ამ დამოკიდებულების გამოყენებით და ვერტიკალური კილის სიმაღლის ტოლი ($R = h$) ზიგომატური მომრგვალების რადიუსის ადებით, შეგვიძლია მივიღოთ სტატისტიკური დამოკიდებულება:

$$R = f(T) \quad (3.5)$$

ასეთი დამოკიდებულების მისაღებად გამოყენებულია სხვადასხვა დანიშნულების გემის გაბარიტების მონაცემები.

გამოთვლებში ჯდომის კორექტირების გამოსაყენებლად აუცილებელია განისაზღვროს დამოკიდებულება $R = f(T)$ გემების ჯგუფებისთვის, რომლებიც განსხვავდებიან ერთმანეთისგან პორტში დგომის დასაშვები დახრის კუთხით, „პორტების ტექნოლოგიური პროექტირების ნორმების“ მოთხოვნების შესაბამისად. ტანკერებისთვის დასაშვები დახრის კუთხე შეადგენს 2° . გამოყენებული იყო მონაცემები 40 გემზე. ხეტყის გადამზიდავი გემებისთვის – დასაშვები დახრის კუთხე შეადგენს 5° . გამოყენებულია 60 ხომალდის მახასიათებლები. ყველა სხვა ტიპის გემებისთვის (სატვირთო-სამგზავრო, მშრალი ტვირთების გადამზიდავი, სათევზაო გემები, ყინულმჭრელები და ბუქსირები) დასაშვები დახრის კუთხე შეადგენს 3° გამოყენებულია 80 გემის მახასიათებლები (ნახ. 3.9).



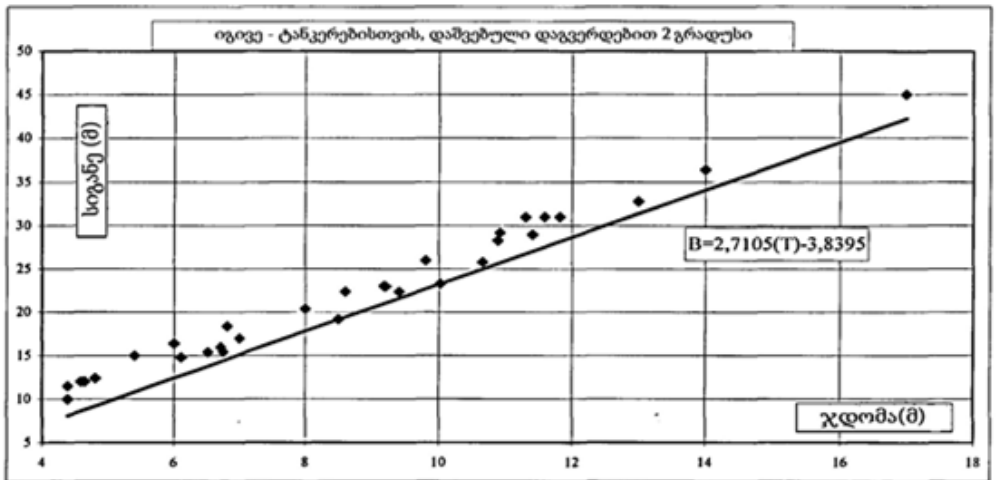
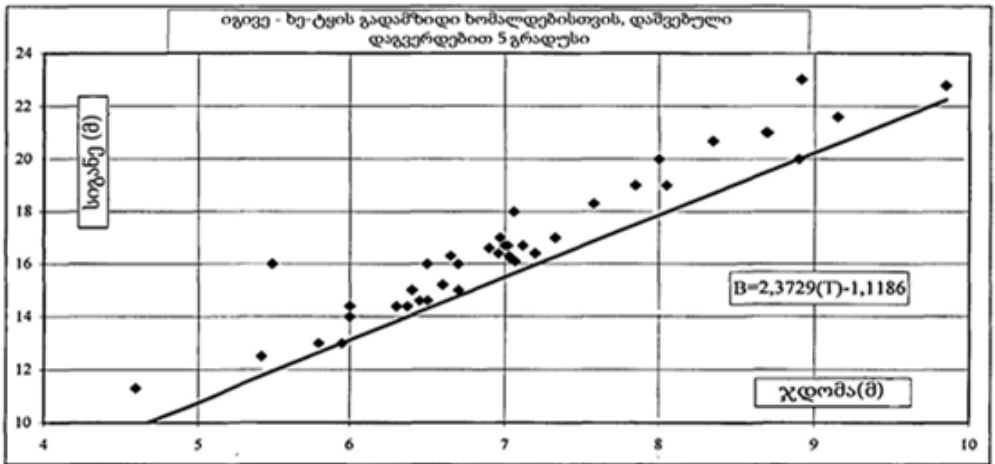
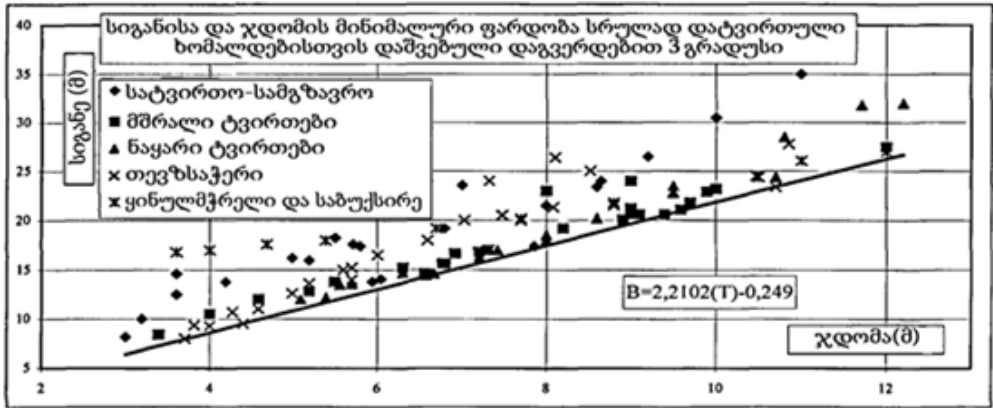
ნახ. 3.9. R და T პარამეტრების მინიმალური ფარდობა, ზიგომატური მომრგვალების რადიუსის დამოკიდებულება სრულად დატვირთული გემის ჯდომაზე, სხვადასხვა ნავმისადგომზე გემის დგომისთვის დაშვებული დაგვერდების კუთხეებისთვის

წერტილების მდებარეობა გრაფიკებზე მიუთითებს R -ის წრფივ დამოკიდებულებაზე T -ს მიმართ. მიახლოებითი სწორი ხაზები გადის მონაცემთა ნაკრების ყველაზე დაბალ წერტილებში, რათა ზიგომატური მომრგვალების რადიუსები გარანტირებულად არ იყოს უფრო მცირე, ვიდრე ეს იქნება განსაზღვრული წრფივი მიახლოებითი დამოკიდებულებიდან. გაყვანილი სწორი ხაზების შესაბამისი ხაზოვანი ფორმულები ნაჩვენებია გრაფიკებში.

გემის კორპუსის სიგანის (B) პროპორციული დამოკიდებულება სრულად დატვირთული გემის ჯდომასთან (T) ცნობილია გემთმშენებლობის პრაქტიკაში და გამოიყენება გემის მდგრადობის გამოსათვლელად. პროპორციულობის კოეფიციენტი B და T -ს სიდიდეებს შორის მერყეობს 2,0-დან 2,8-მდე. იმავე მონაცემების გამოყენებით, რასაც ვიყენებთ ზიგომატური მომრგვალების რადიუსისთვის, ვიღებთ ფაქტობრივი წერტილების ერთობლიობას, რომლებიც შეესაბამება B და T ფარდობას კონკრეტული ხომალდებისთვის (ნახ. 3.10).

მიახლოებითი სწორი ხაზები, ისევე როგორც გამრუდების რადიუსების შემთხვევაში, გადის მონაცემთა ნაკრების ყველაზე დაბალ წერტილებზე, იმის გამო, რომ B -ს უმცირესი მნიშვნელობა ყველაზე უარესი შემთხვევაა ჩვენს ამოცანაში. B -ს წრფივი დამოკიდებულების ფორმულები T -ზე, რომლებიც შეესაბამება გაყვანილ სწორ ხაზებს, ნაჩვენებია გრაფიკებზე (ნახ. 3.9-3.10).

განხილული ამოცანის გადაჭრის თანმიმდევრობის წინასწარი ანალიზის პროცესში შეიძლება აღინიშნოს შემდეგი თავისებურებები:



ნახ. 3.10. R და T პარამეტრების მინიმალური ფარდობა, სიგანისა და ჯდომის მინიმალური ფარდობა სრულად დატვირთული გემისთვის, სხვადასხვა ნავმისადგომზე გემის დგომისთვის დაშვებული დახრის კუთხეებისთვის

- გემის, რომელიც ეხება კედელს $h_{\text{ხომალ.}}$ კოორდინატების მქონე წერტილში, ჯდომა შედგება ამ კოორდინატის მნიშვნელობისა და ჯდომის სრული კორექტირების ჯამისგან (იმ შემთხვევაში, თუ კოორდინატები და ჯდომა აიზომება ერთი და იმავე დონიდან);
- ზიგომატური მომრგვალების რადიუსის ზომები და კორპუსის სიგანე, როგორც წესი, მიზანშეწონილია განისაზღვროს, როგორც სრულად დატვირთული გემის ჯდომის ფუნქცია; სხვა შემთხვევაში კონკრეტული გემის განხილვისას კორპუსის სიგანე, უკიდურეს შემთხვევაში, შეიძლება განისაზღვროს კონკრეტული რიცხვით;
- დახრისას გემის ბრუნვის ცენტრის პოზიციის განმსაზღვრელი პარამეტრი Δ_{γ} , პრაქტიკულად არ მოქმედებს მიღებული ჯდომის სრული კორექტირების მნიშვნელობაზე, რაც შესაძლებელს ხდის ვივარაუდოთ ბრუნვის ცენტრის მდებარეობა სიღრმეზე, რომელიც ტოლი იქნება გემის ჯდომის ნახევრისა, ე.ი. შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ $\Delta_{\gamma} = -0,5T$.

ამრიგად, გემის ჯდომა, რომელიც ეხება კედელს დახრისას, განისაზღვრება ცნობილი ჯდომის სრული კორექტირებით, ხოლო ჯდომის კორექტირება მიღებული ფორმულის მიხედვით შეიძლება განისაზღვროს მხოლოდ გემის ცნობილი ჯდომის საშუალებით, ე.ი. ამ ამოცანის ძირითადი პარამეტრები ურთიერთდამოკიდებულია. ჯდომის კორექტირების ზოგადი ანალიზური ანგარიშით მიღებულ შედეგებს მიყვავართ ძალიან რთულ და, შესაბამისად, არაპრაქტიკულ ვარიანტამდე.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მოცემული ამოცანის გადაწყვეტა შესაძლებელია თანმიმდევრული მიახლოების მეთოდით,

რომლის თანმიმდევრობა ბლოკ-სქემის სახით წარმოდგენილია 3.11 ნახ-ზე.

მოცემულია γ° (საანგარიშო ხომალდის მახასიათებლების შესაბამისად); მიიღება დახრის კუთხეების მიხედვით – γ , ვუშვებთ $\Delta_y = -0,5T$; მაშინ:

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{B}{T - 2R}.$$

ვიღებთ საწყის $\Delta_{(H)}$ და ვაწარმოებთ გამოთვლებს:

1. $h_{\text{ხომალ.}} + \Delta_{(H)} = T(H)$;

2. $R_{(H)} = 0,1221(T_{(H)}) + 0,06$; (3°); $R_{(H)} = 0,1461(T_{(H)}) - 0,0846$; (2°);

$R_{(H)} = 0,1213(T_{(H)}) + 0,1178$; (5°);

3. $B_{(H)} = 2,2102(T_{(H)}) - 0,249$; (3°); $B_{(H)} = 2,7105(T_{(H)}) - 3,8395$; (2°);

$B_{(H)} = 2,3729(T_{(H)}) - 1,1186$; (5°);

4. $\beta = \operatorname{arctg} \frac{B_{(H)}}{2(T_{(H)} + \Delta_y - R_{(H)})} = \operatorname{arctg} \frac{B_{(H)}}{T_{(H)} + 2R_{(H)}}; (\Delta_y = -0,5T_{(H)})$;

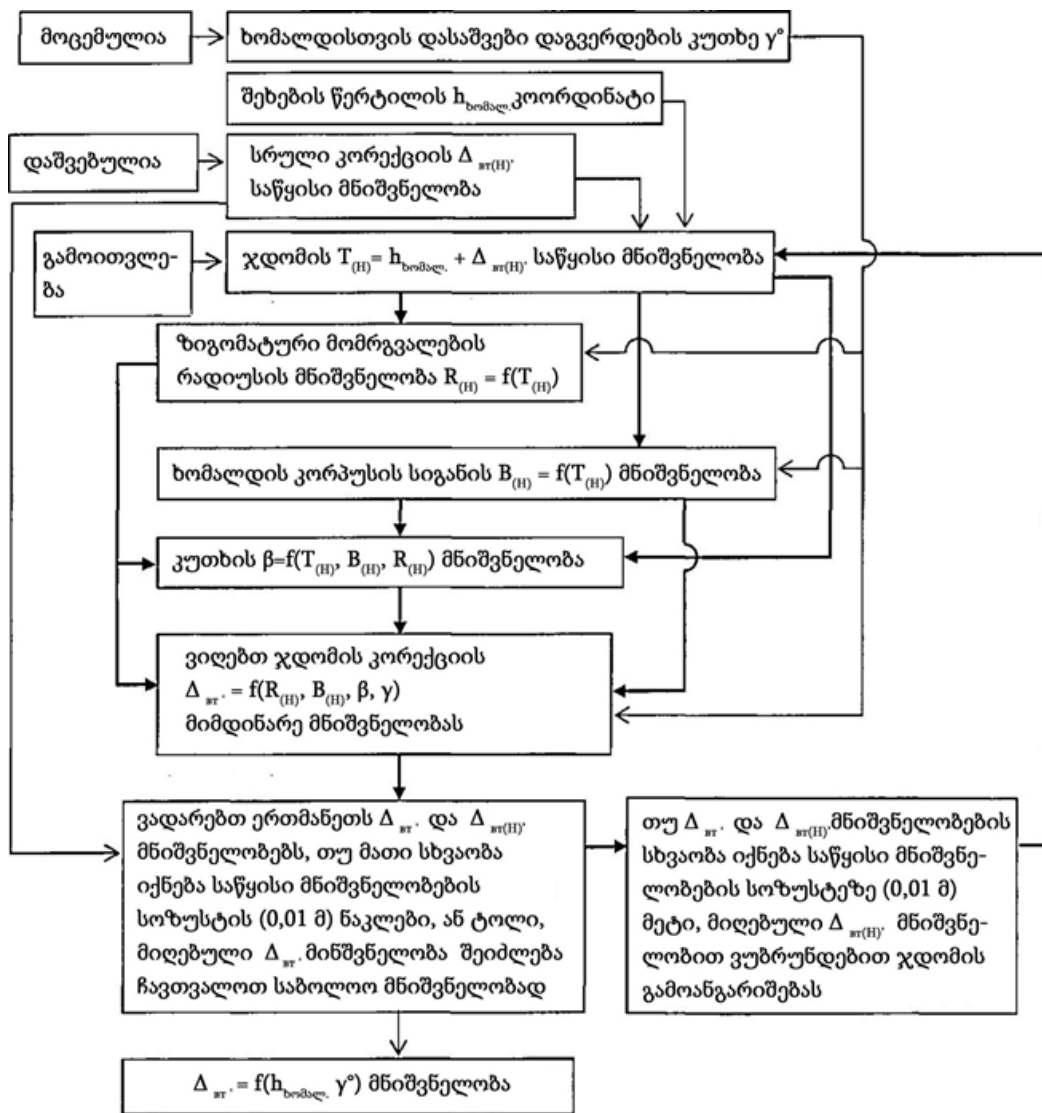
5. $\Delta_{BT}' = B_{(H)} \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta} \sin \left(\beta + \frac{\gamma}{2} \right) + R_{(H)} \left(1 - \frac{\operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}}{\cos \gamma} \right)$;

6. $\Delta' = \Delta(1)$; – დაზუსტებული კორექტირება:

7. $T(1) = h_{\text{ხომალ.}} + \Delta'(1)$; შემდეგ გადავდივართ №2 პუნქტზე; გაანგარიშება უნდა განმეორდეს მანამ, ვიდრე Δ სიდიდის ცვლილება გაანგარიშების შემდეგ არ იქნება 0,01 მ-ზე მეტი, ანუ იქნება შეყვანილი რიცხვების ნაკლები სიზუსტე.

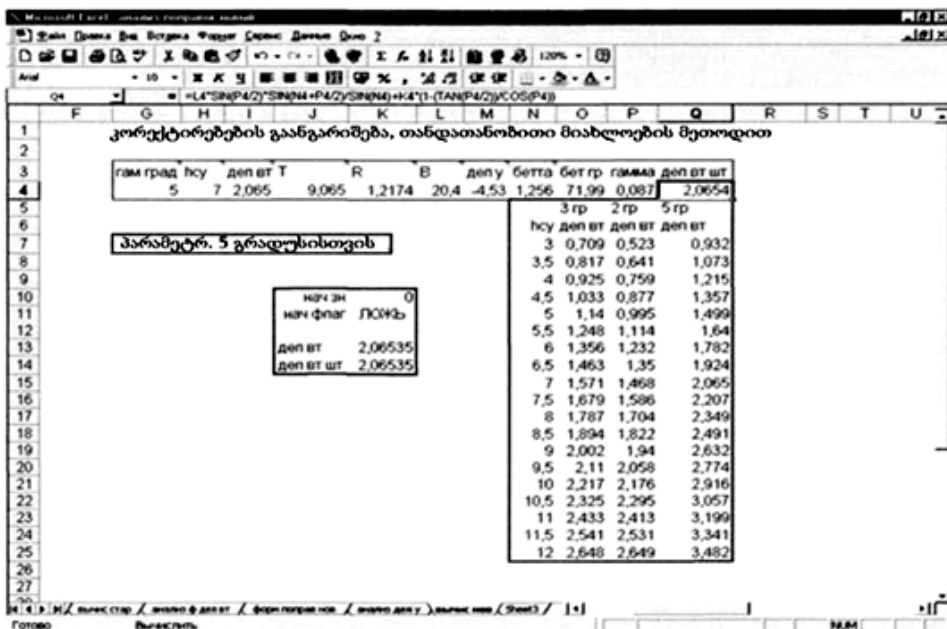
გაანგარიშების შედეგად უნდა მივიღოთ ჯდომის სრული კორექტირების დამოკიდებულება შეხების წერტილის კოორდინატებზე $\Delta' = f(h_{\text{ხომალ.}})$ სხვადასხვა ნორმატიულად დასაშვები დახრის

კუთხეებისთვის. ეს დამოკიდებულება შესაძლებელს გახდის განისაზღვროს გემის ჯდომა, რომელიც ეხება კედელს (მარაგით) ამოცანის გადაჭრის პირველ ეტაპზე განსაზღვრულ $h_{\text{ბომალ.}}$ კოორდინატებში.



ნახ. 3.11. ჯდომის კორექტირების Δ^1 გამოთვლის ბლოკ-სქემა თანმიმდევრული მიახლოების მეთოდით (მონიშნული ისრები – გამოთვლების ციკლი)

ამოცანის ამოხსნა თანმიმდევრული მიახლოებების მეთოდით და ზემოთ აღწერილი თანმიმდევრობის მიხედვით ხორციელდება ცხრილების პროცესორის Microsoft Excel ვერსია 8.0-ისა და ლიტერატურაში აღწერილი იტერაციული აპარატის გამოყენებით (ნახ. 3.12).



ნახ. 3.12. ჯდომის კორექტირების გამოთვლა თანმიმდევრული მიახლოებების მეთოდით (მონიშნულია უჯრედი Δ_{VT} -ის ფორმულით

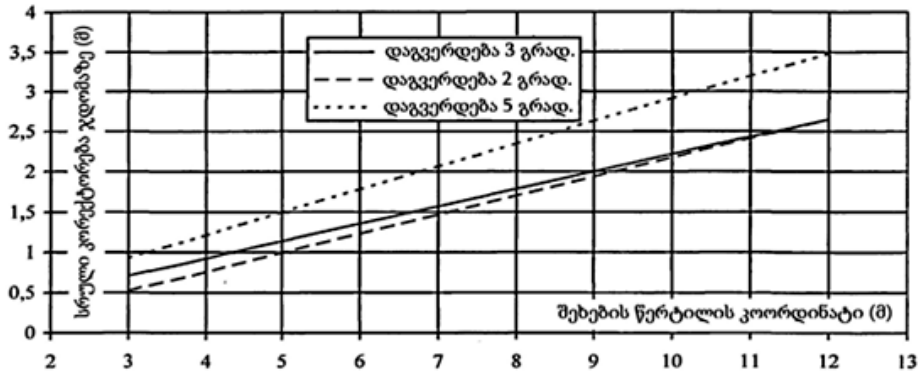
გაანგარიშების შედეგად ვიღებთ თითოეული ნაპირის კუთხისთვის წერტილების თანმიმდევრობას, რომელიც წარმოადგენს სწორ ხაზს (ნახ. 3.13).

მონაცემთა ხაზების ანალიზური პარამეტრების გამოთვლით ვიღებთ:

$$\Delta_{VT}' = 0,2154 h_{\text{სომალ}} + 0,0631 \quad 3^{\circ} \text{ გადახრისთვის};$$

$$\Delta_{VT}' = 0,2362 h_{\text{სომალ}} - 0,1857 \quad 2^{\circ} \text{ გადახრისთვის};$$

$$\Delta_{VT}' = 0,2834 h_{\text{სომალ}} + 0,0816 \quad 5^{\circ} \text{ გადახრისთვის}.$$



ნახ. 3.13. გემის ჯდომის სრული კორექტირების დამოკიდებულება შეხების წერტილის კოორდინატზე

$T = h_{\text{ხომალ.}} + \Delta_{BT}$ დამოკიდებულების გამოყენებით, ვიღებთ ფორმულებს ხომალდის ჯდომასა და შეხების წერტილის კოორდინატებს შორის დამოკიდებულებისთვის:

$$T = 1,2154 h_{\text{ხომალ.}} + 0,0631 \quad 3^\circ \text{ გადახრისთვის;}$$

$$T = 1,2362 h_{\text{ხომალ.}} - 0,1857 \quad 2^\circ \text{ გადახრისთვის;}$$

$$T = 1,2834 h_{\text{ხომალ.}} + 0,0816 \quad 5^\circ \text{ გადახრისთვის;} \quad (3.5)$$

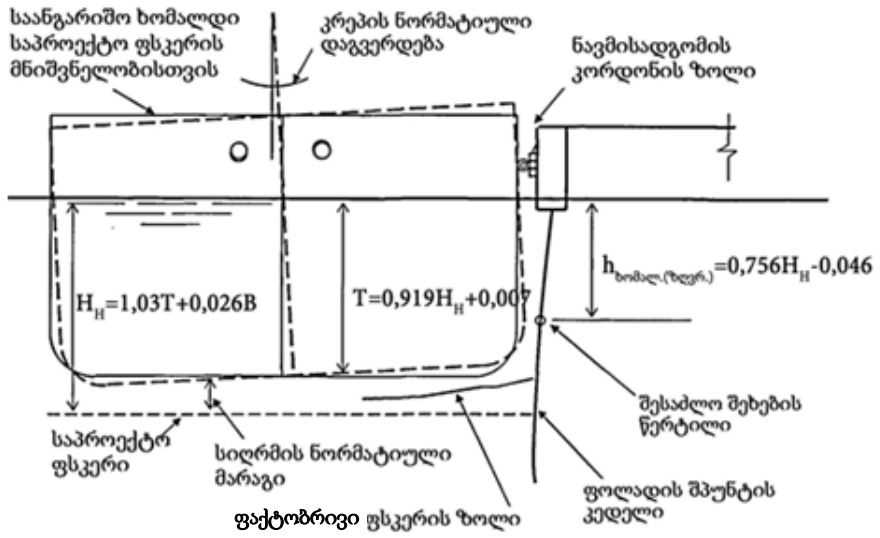
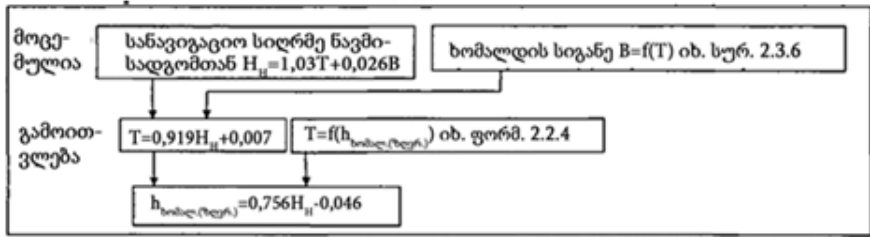
მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ თუ დადგინდა შეხების წერტილის კოორდინატი, ამ შემთხვევაში ნორმატიული დახრის კუთხის მქონე გემის, რომელიც კედელს ეხება ამ წერტილში, ჯდომა იქნება მეტი ამ კოორდინატზე 21,5%-ით (3° დახრისთვის). იგივე თანაფარდობა შეიძლება განისაზღვროს სხვა დასაშვები დახრის კუთხეებისთვისაც. მიღებული დამოკიდებულებები შეხების წერტილის კოორდინატების განსაზღვრის ფორმულებთან ერთად (3.1), შესაძლებელს ხდის გადავჭრათ ნავმისადგომების წყალქვეშა ზედაპირის ზენორმატიული გადახრების შედეგების განსაზღვრის პირდაპირი ამოცანა.

3.4. შებრუნებული (უკუ) ამოცანის ამოხსნის ალგორითმი და ფორმულები

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, შებრუნებული ამოცანა მდგომარეობს იმის დადგენაში, თუ რამდენად აუცილებელია ზედნაშენის სიგანის გაზრდა აკვატორიისკენ ან ამრიდი კონსტრუქციების გაშვერა ისე, რომ მაქსიმალური ჯდომის (რაც განისაზღვრება ფსკერის მდებარეობით) მქონე გემმა, შეძლოს პორტში დგომა ნორმების მოთხოვნების დაცვით.

თუ ფორმულაში (3.1) თანდათან გავზრდით პარამეტრის მნიშვნელობას, ამრიდი კონსტრუქციის ზომას, პროფილის ყველა წერტილში დახრის კუთხეები შესაბამისად შეიცვლება ზრდისკენ. ამიტომ ამოცანის ამოსახსნელად საჭიროა განისაზღვროს სიმაღლეში, კედლის ზედაპირის რომელ წერტილში უნდა მივალწიოთ 3° (2° ან 5°) დახრის კუთხეს, ანუ ვიპოვოთ ისეთი წერტილი, რომლის ქვემოთაც, ნორმატიული მოთხოვნების დაცვის პირობებში გემის ბორტთან შეხება იქნება შეუძლებელი. ეს სიმაღლე უნდა არსებობდეს და ის უნდა იყოს ფსკერის დონეზე მაღლა. კედლის ზედაპირზე მდებარე წერტილებს უშუალოდ ფსკერის სიახლოვეს არ შეუძლიათ გემის ბორტთან შეხება შემდეგი მიზეზების გამო:

- ისინი მდებარეობენ ზიგომატური მომრგვალების რადიუსის ზონაში;
- გემის ჯდომა ყოველთვის უფრო მცირეა, ვიდრე პორტთან წყლის სიღრმე კილის ქვეშ ნორმატიული მარაგის გამო;
- დახრისას გემის ბორტი კედელთან შეხებამდე გარკვეული სიმაღლით მაღლა იწევს (ნახ. 3.14).



ნახ. 3.14. მაქსიმალური ჯდომის $h_{\text{ხომალ. (ზღვრ.)}}$ მქონე გემისთვის შეხების წერტილის ზღვრული კოორდინატის განსაზღვრის სქემა

„საზღვაო ნავსადგურების ტექნოლოგიური პროექტირების ნორმების“ მიხედვით [12] (პუნქტები 5.5.5, 5.5.8) ნავმისადგომთან საანვიგაციო სიღრმე (H_H), ე.ი. სიღრმე, რომელიც აუცილებელია ყველაზე არახელსაყრელ პირობებშიც კი საანგარიშო გემის უსაფრთხო გადაადგილებისთვის, განისაზღვრება ფორმულით:

- $H_H = 1,03T + 0,026B$ (3°-იანი გადახრისთვის);
- $H_H = 1,03T + 0,017B$ (2°-იანი გადახრისთვის);
- $H_H = 1,03T + 0,044B$ (5°-იანი გადახრისთვის).

სადაც: B არის ხომალდის კორპუსის სიგანე;

T – სრულად დატვირთული გემის ჯდომა, იგულისხმება, რომ ფსკერი შედგება შლამური გრუნტისგან, ვინაიდან ის იძლევა ყველაზე უმცირეს მარაგს – 3%.

ფორმულაში გემის ჯდომასა და სიგანეს შორის მინიმალური თანაფარდობის ჩასმით (იხ. ნახ. 3.8), ვიღებთ ხომალდის ჯდომის შემდეგ მინიმალურ დამოკიდებულებას სანავიგაციო სიღრმეზე (B მნიშვნელობა უნდა იყოს მინიმალური, ვინაიდან ეს ამცირებს სხვაობას ხომალდის ჯდომასა და სანავიგაციო სიღრმეს შორის):

$$T = 0,9192H_H + 0,0070 \text{ (3°-იანი გადახრისთვის);}$$

$$T = 0,9282H_H + 0,0622 \text{ (2°-იანი გადახრისთვის);}$$

$$T = 0,8820H_H + 0,0432 \text{ (5°-იანი გადახრისთვის).}$$

ამ ფორმულებში ვსვამთ თანაფარდობას $T=f(h_{გემ.})$ და მივიღებთ დამოკიდებულებას ნავმისადგომთან სანავიგაციო სიღრმესა და შეხების წერტილის ზღვრულ კოორდინატს შორის მაქსიმალური ჯდომის მქონე გემისთვის, რომელსაც შეუძლია დადგეს მოცემულ პორტში ნავმისადგომზე:

$$h_{გემ.(ზღვრ.)} = 0,7563H_H - 0,0462 \quad 3^\circ \text{ გადახრისთვის;}$$

$$h_{გემ.(ზღვრ.)} = 0,7508H_H + 0,2005 \quad 2^\circ \text{ გადახრისთვის;}$$

$$h_{გემ.(ზღვრ.)} = 0,6872H_H - 0,03 \quad 5^\circ \text{ გადახრისთვის.}$$

ეს ფორმულები შემოთავაზებულია საპირისპირო ამოცანის გარკვეული ეტაპის გადასაჭრელად. მათი დახმარებით შესაძლებელია განვსაზღვროთ, თუ სიმაღლის რომელ წერტილში შეეხება მაქსიმალური ჯდომის მქონე გემის კორპუსი კედელს ნორმატიული დახრისას, ანუ განისაზღვროს ის გემი, რომელიც შეძლებს დადგეს მოცემული სანავიგაციო სიღრმის ნავმისადგომზე. სხვა სიტყვებით

რომ ვთქვათ, $h_{გემ.(ზღვრ.)}$ კოორდინატზე ქვემოთ მდებარე წერტილებს არ შეუძლიათ შეხება გემის კორპუსთან ნორმატიული დახრის პირობებში (თუ არ მოხდება ფსკერის ჩაღრმავება საპროექტო დონეზე დაბლა), რაც გვადლევს ნავმისადგომზე გემის დგომის პირობების გაანალიზებისას ამ წერტილების გამორიცხვის საშუალებას.

ნორმატიული გადახრის კუთხე

შებრუნებული ამოცანის გადასაჭრელად $h_{გემ.(ზღვრ.)}$ კოორდინატების წერტილში აუცილებელია ნორმატიულთან (2° , 3° ან 5°) შესაბამისი დახრის კუთხის მნიშვნელობის შერჩევა, ამრიგი კონსტრუქციის გაშვების, ან ზედნაშენის ზომების შეცვლა. ეს ოპერაცია ხორციელდება Excel-ის ცხრილში „სერვისი – პარამეტრის შერჩევა“ ფუნქციის გამოყენებით. ამ შემთხვევაში პარამეტრის შერჩევა ჯერ უნდა განხორციელდეს იმ წერტილებში, სადაც ხდებოდა დახრის კუთხეების გამოთვლა (სიღრმის მნიშვნელობები გამოსახული მთელი რიცხვებით), შემდეგ საჭიროა ინტერპოლირება ამრიგი კონსტრუქციის გაშვების მიღებულ მნიშვნელობებს შორის, $h_{გემ.(ზღვრ.)}$ წილადი ნაწილების შესაბამისად.

ფორმულების (3.4)-(3.5) გამოყენებისას, აუცილებელია გავითვალისწინოთ, რომ სანავიგაციო სიღრმე, სრული დატვირთვის მქონე გემის ჯდომა და შეხების წერტილის კოორდინატი უნდა აითვალოს ერთი და იმავე დონიდან, კერძოდ, იმ დონიდან, რომელიც ნავმისადგომის გამოთვლებისას მიღებული იყო, როგორც ყველაზე მცირე – წყლის 98% დონე. ეს აუცილებლობა გამოწვეულია იმით, რომ

შემოთავაზებული მეთოდის მიხედვით გაანგარიშებამდე უნდა იყოს ცნობილი შემდეგი დონეები: საპროექტო სანავიგაციო სიღრმე, წყლის 98% დონე, ამრიდი კონსტრუქციის ცილინდრის ღერძის დონე და ბოლო ნიშნული ზედნაშენის ქვეშ, აღებული მყვინთავების მიერ პროფილირებისას (პარამეტრ „ა“-ს სწორი არჩევისთვის, იხ. ფორმულა (3.1)).

სხვადასხვა ნავმისადგომებზე კედლის აკვატორიისკენ წანაცვლების საშიშროების შესაფასებელ შედარებით კრიტერიუმად გამოდგება მაქსიმალური ჯდომის მქონე გემის დახრის კუთხე. მისი მნიშვნელობა განისაზღვრება ჯდომის სრული კორექტირების გამოთვლის ალგორითმით ისევე, როგორც დახრის კუთხე, რომლის დროსაც მოცემულ ნავმისადგომზე დაშვებული მაქსიმალური შესაძლო ჯდომის მქონე გემი, ფსკერის მდებარეობის პირობის მიხედვით, ეხება (მარაგით) მოცემულ ნავმისადგომზე აკვატორიისკენ ყველაზე მეტად წანაცვლებული კედლის პროფილს, უფრო ზუსტად ყველაზე მეტად წანაცვლებულს ფსკერიდან 2-3 მეტრ სიმაღლეზე, ანუ შესაძლო შეხების ადგილას.

მაქსიმალური ჯდომის მქონე გემის დახრის კუთხე შეხებისას განისაზღვრება შემდეგნაირად. განხილულ ნავმისადგომზე უნდა იყოს ცნობილი საპროექტო სანავიგაციო სიღრმე, ე.ი. მანძილი 98% წყლის დონესა და საპროექტო ფსკერის ნიშნულს შორის. გარდა ამისა, ფსკერი, ამოცანის ტიპის მიხედვით, ასევე შეიძლება იყოს რეალური (საპროექტო ნიშნულზე ზემოთ) ან პერსპექტიული (საპროექტო ნიშნულზე ქვემოთ). გემის მაქსიმალური ჯდომა განისაზღვრება სანავიგაციო სიღრმის ფუნქციით (3.3) ფორმულების გამოყენებით. ზიგომატური მომრგვალების რადიუსი (R) და გემის სიგანე (B)

განისაზღვრება მიღებული ფარდობებით. ნავმისადგომზე გაზომილ პროფილებს შორის შეირჩევა ერთი ან რამდენიმე პროფილი, რომლებსაც ექნება ყველაზე პატარა დაგვერდების კუთხეები ფსკერიდან 2-3 მეტრ სიმაღლეზე მდებარე წერტილებში (3.1) ფორმულით გაანგარიშების შედეგების მიხედვით.

ამის შემდეგ უნდა შეირჩეს 3-4 წერტილი (მონიშნულია ჩარჩოთი ბოლვერკის ტიპის ნავმისადგომების მაგალითებში) ამ პროფილის ქვედა ნაწილში და უნდა განისაზღვროს ამ წერტილებზე გამავალი სწორი ხაზის ანალიზური დამოკიდებულება (კორელაციის კოეფიციენტით მინიმუმ 0.9), ანუ დახრის კუთხის ფუნქცია γ , შეხების წერტილის $h_{\text{შპ}}$ კოორდინატიდან. ამავე დროს $h_{\text{შპ}}$ კოორდინატი საჭიროა განისაზღვროს 98% წყლის დონიდან. შემდგომ პირდაპირი ამოცანის გადაჭრის ალგორითმის მიხედვით, ანუ შერჩევის მეთოდით ზემოთ აღწერილი პირობების შესაბამისად, უნდა გამოვითვალოთ დახრის კუთხე γ . მიღებული დახრის კუთხე γ წარმოადგენს მოცემულ ნავმისადგომზე შერჩეული პროფილის წანაცვლების საფრთხის შედარებით მახასიათებელს. ზოგჯერ შეიძლება შეირჩეს რამდენიმე სახიფათო პროფილი (მათი დახრის კუთხეების მნიშვნელობებში მცირე განსხვავებების შემთხვევებში). ამ დროს გაანგარიშება ხდება თითოეული პროფილისთვის ცალ-ცალკე და შეირჩევა ყველაზე უარესი შედეგის მქონე პროფილი.

საპირისპირო ამოცანის ალგორითმის მიხედვით გაანგარიშების შედეგად მიღებული ამრიგი კონსტრუქციების გაშვების ზრდა აუცილებელია ისეთი ნავმისადგომის კონსტრუქციის სარემონტო ან სარეკონსტრუქციო სამუშაოების პროექტირებისას, რომელსაც

დაუდგინდა გემის დგომის პირობების ნორმატიულ მოთხოვნებთან შეუსაბამობა.

3.5. პირდაპირი და შებრუნებული (უკუ) ამოცანების დასკვნები და გადაჭრის თანმიმდევრობა

პირდაპირი და შებრუნებული ამოცანების გადასაჭრელად საჭიროა შემდეგი საწყისი მონაცემები:

- მასალები ნავმისადგომის გამოკვლევიდან, სულ მცირე: კედლის პროფილების გაზომვის შედეგები, ე.ი. კორდონის ხაზის ურთიერთმდებარეობა კედლის რეალურ ზედაპირამდე (თითოეული პროფილისთვის წერტილებს შორის მანძილი სიმაღლეზე, არაუმეტეს 2 მეტრისა, ყოველი პროფილისთვის მინიმუმ 5 წერტილი), ნავმისადგომის საპროექტო ჭრილი;
- გემის დგომისთვის დასაშვები გადახრის კუთხე, გემების სპეციალიზაციის შესაბამისად (2° , 3° ან 5°);
- ამრიგი კონსტრუქციების ზომა (მათ შორის შეკუმშულ მდგომარეობაშიც) კორდონის ხაზის პერპენდიკულარულად;
- რეალური და საპროექტო სანავიგაციო სიღრმე ნავმისადგომთან ან შესაბამისი დონეები.

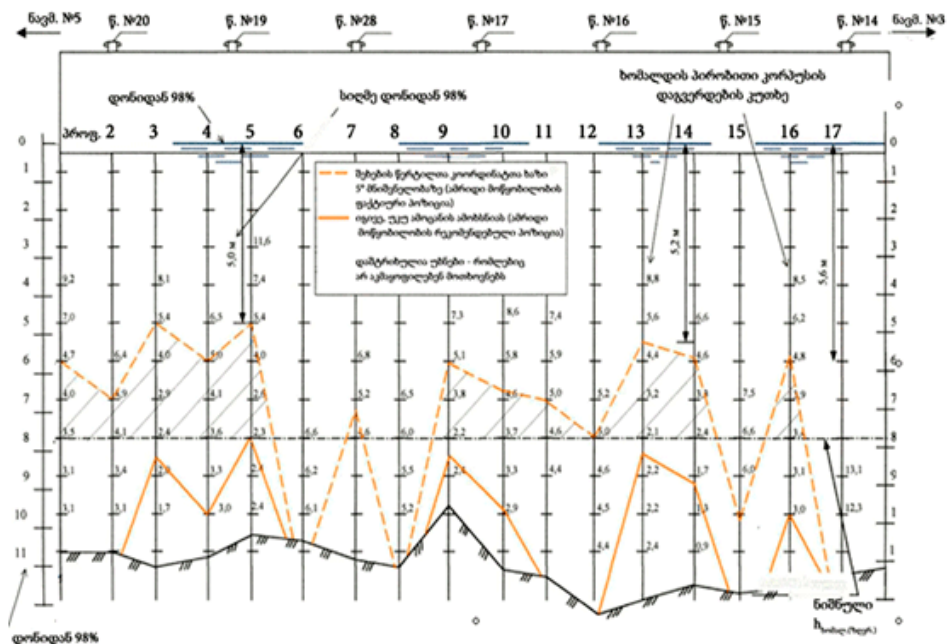
ლოკალურ ან აბსოლუტურ სისტემაში შემდეგი დონეების ნიშნულები:

1. ამრიგი კონსტრუქციების ცილინდრის ღერძის (გემის ბორტიდან დატვირთვის აღქმის დონე);
2. მყვინთავი სპეციალისტების მიერ პროფილის გაზომვისას ზედნაშენის ქვეშ აღებული ბოლო მაჩვენებელი;

3. ყველაზე დაბალი წყლის 98%-იანი დონე.

პირდაპირი ამოცანის გადაჭრის თანმიმდევრობა (ნახ. 3.15):

1. პროფილების გაზომვით მიღებულ კედლის ზედაპირის თითოეულ წერტილზე გამოითვლება პირობითი გემის დახრის კუთხე ამ წერტილთან შეხებისას (აქ და შემდგომში წოდებული, როგორც – მარაგი).
2. თითოეულ პროფილზე დგინდება დონეები სიმაღლეში, სადაც წერტილი ზემოაღნიშნული კუთხის მნიშვნელობებით არის 2°, 3° ან 5° – გემის სპეციალიზაციის მიხედვით. ამ დონის ზუსტი მნიშვნელობა გამოითვლება (0,01 მ სიზუსტით) შეხების კუთხეების მნიშვნელობებსა და სიღრმის მნიშვნელობებს შორის ინტერპოლაციის გზით.



ნახ. 3.15. ნავმისადგომის ფასადური კედლის შპუნტთან გემის შეხების საანგარიშო პარამეტრების მდებარეობა, პირდაპირი და შებრუნებული ამოცანების გადაჭრისას

3. შეხების წერტილის კოორდინატი ($h_{გემ.}$) მოიყვანება წყლის 98%-იან დონეზე, ამ დონის ნიშნულსა და ზედნაშენში ბოლო ნიშნულის მდებარეობის დონის აბსოლუტური თანაფარდობის გათვალისწინებით.
4. განსაზღვრება შეხების წერტილის ზღვრული კოორდინატი ($h_{გემ.(ზღვრ.)}$) სანავიგაციო (საპროექტო) სიღრმის მიხედვით;
5. შეხების წერტილის კოორდინატები, განსაზღვრული მოცემული სიის მე-2 და მე-3 პუნქტების შესაბამისად, რომლებიც განლაგებულია ზღვრული კოორდინატის $h_{გემ.(ზღვრ.)}$ ქვემოთ (უფრო ღრმად), არ განიხილება, ვინაიდან ამ წერტილებში მოცემული ნავმისადგომისათვის მაქსიმალურად დაშვებული ჯდომისა და ნორმატიული დაგვერდების მქონე გემის შეხება შეუძლებელია. თუ $h_{გემ.}$ ყველა გაზომილ პროფილზე აღმოჩნდა უფრო დაბლა (უფრო ღრმად), ვიდრე $h_{გემ.(ზღვრ.)}$ კოორდინატი, შეგვიძლია ჩავთვალოთ, რომ ეს ნავმისადგომი აკმაყოფილებს გემების დგომის ნორმატიულ მოთხოვნებს.
6. კედლის პროფილი ან უბანი, რომელზედაც კოორდინატი $h_{გემ.}$ ძევს კოორდინატ $h_{გემ.(ზღვრ.)}$ -ზე მაღლა, ითვლება უბნად, რომელიც არ აკმაყოფილებს ნორმატივების მოთხოვნებს. კედლის ამ უბნიდან აიღება $h_{გემ.}$ -ის მინიმალური (ყველაზე წყალმეჩხერი) მნიშვნელობა, რომელიც მიიჩნევა საანგარიშო მნიშვნელობად.
7. პროფილის მდებარეობა საანგარიშო $h_{გემ.}$ მნიშვნელობით უნდა იყოს შეწყობილი გემის კორპუსის ცილინდრული ჩანართის შესაძლო პოზიციასთან მოცემულ ნავმისადგომზე. თუ შესაძლე-

ბელია მოცემულ პროფილზე ცილინდრული ჩანართის გადადების გამორიცხვა, ეს შესაძლებლობა უნდა იქნეს განხილული.

8. საანგარიშო $h_{გმ}$. მნიშვნელობით და (3.1)-(3.5) ფორმულებით გამოითვლება გემის, რომელიც ეხება კედელს ამ წერტილში, ჯდომა.

9. პირდაპირი ამოცანის გადაჭრის შედეგების საფუძველზე, განისაზღვრება ნავმისადგომის კედლის ის უბნები, რომლებიც არ აკმაყოფილებენ ნორმატიულ მოთხოვნებს დგომის პირობებით (ამ სიის მე-6 პუნქტი), და ამ უბნებში – გემის დგომის პირობების შეზღუდვები. არსებობს ამ შეზღუდვების, რომლებიც უზრუნველყოფენ ნორმატივების მოთხოვნების შესრულებას, ორი ვარიანტი:

9.1 დამდგარი გემის მაქსიმალური ჯდომის შეზღუდვა მე-8 პუნქტში მიღებული მნიშვნელობით, გაანგარიშებისას აღებული დასაშვები დაგვერდების შემცირების გარეშე.

9.2 დასაშვები დახრა იზღუდება იმ გემებისთვის, რომელთა ჯდომა აღემატება მე-8 პუნქტში მითითებულ სიდიდეს. შეზღუდვა დგინდება საანგარიშო პროფილითა (მინიმალური $h_{გმ}$ -ით) და დონით, რომელიც შეესაბამება $h_{გმ(ზღვრ.)}$ -ს, გადაკვეთაზე მდებარე დახრის კუთხის სიდიდეს. მიღებული შეზღუდული ჯდომა ან შეზღუდული დახრის კუთხე პირდაპირი ამოცანის გადაჭრის შედეგია.

შებრუნებული ამოცანის ამოხსნის თანმიმდევრობა (იხ. სურ. 3.15):

1. კედლის ზედაპირის პროფილების გაზომვით მიღებული თითოეული წერტილისთვის გამოითვლება დახრის კუთხე (იხ. ფორმულა 3.1). მიღებული კუთხეების მნიშვნელობებით, დგინდება უბნები, სადაც ეს კუთხეები დასაშვებზე ნაკლებია (2° , 3° ან 5°).

2. ყველა გაზომილი პროფილიდან გამოვყოფთ ერთ ან რამდენიმე პროფილს კედლის ყველაზე დიდი ამობურცვით (შემდგომში მაქსიმალურად წოდებული), სადაც დასაშვებზე ნაკლები კუთხის მქონე წერტილებს აქვთ ყველაზე მაღალი (წყალმეჩხერი) პოზიცია.
3. მაქსიმალური პროფილის მდებარეობა უნდა იყოს შეთანაწყობილი ამ ნავმისადგომზე გემის კორპუსის ცილინდრული ჩანართის შესაძლო პოზიციასთან. თუ შესაძლებელია მაქსიმალურ პროფილზე ცილინდრული ჩანართის გადადების გამორიცხვა, ეს შესაძლებლობა უნდა იქნეს განხილული.
4. ცნობილი სანავიგაციო სიღრმის (H_H) ნავმისადგომთან (3.4) ფორმულების შესაბამისად განისაზღვრება შეხების წერტილის ზღვრული კოორდინატი $h_{გემ. (ზღვრ.)}$ მაქსიმალური ჯდომის მქონე გემის, რომელიც ნებადართულია დადგეს მოცემული სანავიგაციო სიღრმის $h_{გემ. (ზღვრ.)}$ მქონე ნავმისადგომზე.
5. შეხების წერტილის ზღვრული კოორდინატი $h_{გემ. (ზღვრ.)}$ მიღებული ფორმულით (3.4) წყლის 98% დონიდან, მიყვანილია მყვინთავების მიერ პროფილის გაზომვისას აღებული ზედნაშენის ქვეშ ბოლო მაჩვენებლამდე, პროფილის წერტილებს შორის $h_{გემ. (ზღვრ.)}$ დონის მდებარეობის დასადგენად.
6. ამ ეტაპზე აუცილებელია დახრის გვერდების კუთხის ისეთი სიდიდის მიღება, რომელიც იქნება ტოლი (ან მეტი, – მაგრამ მაშინ მიღებული ამონახსნი არ იქნება მინიმალური) დასაშვები დახრის კუთხისა, გემის სპეციალიზაციის მიხედვით ($2^\circ, 3^\circ$ ან 5°).
7. (2.1) ფორმულაში ამრიდი კონსტრუქციის სიგანის ზომის ცვლილებით, ვიღებთ ამ წერტილში საჭირო დასაშვები დახრის

კუთხის მნიშვნელობას (Excel-ში შესაბამისი ოპერაციის გამოყენებით), ამასთანავე გასაზომ წერტილებში ხდება კუთხის მნიშვნელობებს შორის ინტერპოლაცია.

8. შერჩევით მიღებული ამრიდი კონსტრუქციების სიგანის სიდიდესა და არსებულ მნიშვნელობას შორის სხვაობა არის ის მნიშვნელობა, რომლითაც უნდა გაიზარდოს ბეტონის ზედნაშენის სიგანე (ან ამრიდი კონსტრუქციების სიგანე) აკვატორიისკენ იმისათვის, რომ კომპენსირდეს კედლის ზენორმატიული ამობურცვა (გემის დგომის ნორმატიული მოთხოვნის უზრუნველსაყოფად). სწორედ ეს მიღებული სხვაობა გახლავთ საპირისპირო ამოცანის გადაჭრის შედეგი.

3.6. პორტის ნაგებობების ამრიდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის კვლევა

დეფექტები და ნავმისადგომზე განთავსებული თავად ამრიდი კონსტრუქციების უშუალო გავლენას ახდენენ ნავმისადგომების საექსპლუატაციო უსაფრთხოებაზე და შესაბამისად გემის ნავიგაციის უსაფრთხოებაზე.

პორტების ნავმისადგომების მიმდინარე სარემონტო სამუშაოების პრაქტიკაში ხორციელდება კედლის დეფექტების რემონტი სხვადასხვა ჰორიზონტალურ დონეზე, ზედაპირის აღდგენა, ბეტონის ზედნაშენის დეფექტების შეკეთება და ხელახალი მონტაჟი ან დაზიანებული, ან უვარგისი ამრიდი კონსტრუქციების ნაცვლად ახლების დაყენება.

პორტებში ჩატარებული ნავსადგურების კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობის კვლევებისას, ამრიდი კონსტრუქციების დეფექტებში გამოვლენილია გარკვეული კანონზომიერებები. უპირ-

ველეს ყოვლისა, მათი მდგომარეობის ანალიზი აჩვენებს, რომ ამრიგი კონსტრუქციის ჩახევა არ წარმოადგენს რაღაც იშვიათ მოვლენას. ხშირად ამრიგი კონსტრუქციები იხევა ახალ ნავმისადგომებზეც კი, ექსპლუატაციის უკვე ერთი ან ორი წლის შემდეგ.

ლიტერატურაში წარმოდგენილი ამრიგი კონსტრუქციების ყველა ნაირსახეობიდან, პორტების ნავმისადგომებზე ფართო გამოყენება პოვა შემდეგი ტიპის ამრიგმა მოწყობილობებმა[1, 6, 7, 22, 34, 47, 48]:

- ამრიგი კონსტრუქციების რეზინის ცილინდრის ბაზაზე D400, სიგრძით 2მ და შეუკუმშავ მდგომარეობაში 400მმ გარე დიამეტრით. თანაც ეს ცილინდრი გამოიყენება, როგორც სამი ძელის მქონე ხის ჩარჩო, ყოველი ძელი განივკვეთის ზომებით 24x24 მმ, ასევე ჩარჩოს გარეშე;
- ამრიგი კონსტრუქცია D1000 რეზინის ცილინდრის ბაზაზე, სიგრძით 1მ და შეუკუმშავ მდგომარეობაში 1000მმ გარე დიამეტრით. ის იკიდება ხის ჩარჩოს გარეშე.

ზემოთ მოყვანილი ამრიგი კონსტრუქციის დაკიდება, როგორც წესი, ხდება ფასადურ ზედაპირებზე, ბეტონის ზედნაშენში ჩაშენებულ ჩარჩოებზე ან ზედა კიდეზე, საღებზე ჯაჭვებით.

ამჟამად, ზოგიერთი პორტი ცვლის ამრიგი კონსტრუქციის ძველ ცილინდრებს (D400 და D1000) ტრაპეციული პროფილების ახალი თანამედროვე წარმოების ცილინდრებით. ტრაპეციული პროფილების დაყენება ხდება ზედნაშენის ფასადურ კედელზე ანკერული ჩაშენებული ქანჩებით. უცხოური მონაცემების თანახმად, ტრაპეციულ ამრიგ კონსტრუქციებს გააჩნიათ შედარებით უკეთესი საექსპლუატაციო მახასიათებლები, ვიდრე ცილინდრულ ამრიგ კონსტრუქციებს.

უცხოური კომპანიები წარმოადგენენ ამრიდი კონსტრუქციების რეზინის ელემენტების ძირითად მწარმოებლებს მსოფლიოში. მათი ინფორმაციის თანახმად, ტრაპეციული და კომბინირებული ამრიდი კონსტრუქციების წარმოება არ გამოორიცხავს ჯაჭვებზე დაკიდებული ჩვეულებრივი ღრუ ცილინდრების გამოყენების საჭიროებას.

ფოთის პორტში, ისევე როგორც მსოფლიოს პორტებში, ყველაზე გავრცელებულია ამორტიზებადი კონსტრუქციები, რომლებიც დაფუძნებულია რეზინის ელემენტების დეფორმაციების გამოყენების პრინციპზე. ამ მიზნით რეზინის ფართო გამოყენება განპირობებულია მისი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებებით, კერძოდ, მაღალი ელასტიკურობით, ენერგონტენსივობით, ფართო სპექტრში ტემპერატურების მერყეობის პირობებში ფიზიკური მახასიათებლების შენარჩუნების უნარით (რაც საკმარისია სანაპირო ზონისთვის), ამინდის პირობებისადმი, მზის გამოსხივებისადმი, ქიმიური და ბაქტერიული ზემოქმედებების მიმართ მაღალი მედეგობით. სტატისტიკურად, ამრიდი კონსტრუქციების რეზინის ელემენტების საშუალო საექსპლუატაციო ვადა შეადგენს დაახლოებით 15-20 წელს.

ამრიდი კონსტრუქციების მთავარი მახასიათებელი, რომელიც განსაზღვრავს მის საექსპლუატაციო შესაძლებლობებს, არის მასზე მოქმედი დატვირთვის სიდიდესა და ამორტიზატორის დეფორმაციას შორის დამოკიდებულება. რეზინის ელემენტისთვის ეს დამოკიდებულება, როგორც წესი, არის არაწრფივი კუმშვის ძაბვის თანდათანობით ზრდის შედეგად მასალის სიხისტის მატების გამო. ღრუ ცილინდრული ამორტიზატორების გამოყენებამ შესაძლებელი გახადა ელემენტის კედლების კუმშვის დეფორმაციის შეთავსება მისი შიდა

ღრუს დახურვის მომენტამდე, მასალის შემდგომი კუმშვითი დეფორმაციით. ამან გააუმჯობესა ამრიდი კონსტრუქციების ტექნიკური მახასიათებლები მისი საექსპლუატაციო დეფორმაციის დიაპაზონის გაზრდისა და დინამიკური დატვირთვების შემცირების შედეგად. თუმცა ღრუ რეზინის ამორტიზატორისთვის საექსპლუატაციო დიაპაზონად ითვლება დეფორმაცია, რომელიც ოდნავ აღემატება მისი შიდა ღრუს დახურვის მომენტს.

ლიტერატურის თანახმად, მხოლოდ ერთი სახის ამორტიზატორი სახიფათოა სხვადასხვა ტიპის გემებისთვის, ხოლო ამორტიზატორების ექსპლუატაციის ვადა, მუდმივი გადატვირთვების შედეგად, მცირდება.

ლიტერატურაში მოყვანილი [1, 22, 48] რეკომენდაციების მიხედვით, თანამედროვე ფლოტის დიდი წყალწყვის გემების მიღებისა და დგომის უზრუნველსაყოფად, ყველაზე პერსპექტიულია დიდი დიამეტრის მქონე ამრიდი კონსტრუქციების გამოყენება რეზინის ცილინდრებით – 800, 1000, 1200 მმ. სხვა ტიპის კონსტრუქციებთან შედარებით, მათ გააჩნიათ მთელი რიგი მნიშვნელოვანი უპირატესობა: ისინი არიან ტექნოლოგიურები წარმოებისას, იოლია მათი ექსპლუატაცია, ისინი გამოსადეგია ნებისმიერი პროექტის ნავმისადგომებზე, 50%-მდე შეკუმშვისას გემის ბორტსა და ნავმისადგომზე ქმნიან არაუმეტეს 30 ტმ/მ² ზეწოლას და ამიტომ არ საჭიროებენ ფარების გამოყენებას დატვირთვის გადასანაწილებლად. ეს თვისება განპირობებულია დატვირთვის ქვეშ მყოფი რეზინის ცილინდრების დეფორმირების პროცესის თავისებურებებით, რომლის დროსაც ელემენტის შეკუმშვის პარალელურად ხდება მისი განივი ზომის

ზრდა და გემის ბორტთან და ნავმისადგომთან კონტაქტში მყოფი ამრიდი კონსტრუქციების ფართობის ერთდროული მატება.

დიდი დიამეტრის ცილინდრებს წარმატებით შეუძლიათ ჩაანაცვლონ ამჟამად გამოყენებული D400 ტიპის ერთრიგიანი და ორრიგიანი განლაგების ამრიდი კონსტრუქციების სისტემები 9,75 მ და 11,5 მ სიღრმის პორტებზე. ეს შეამცირებს პორტების კონსტრუქციებზე გემების ბორტების დაწოლის დატვირთვების სიდიდეს, გაზრდის ფლოტის ექსპლუატაციის უსაფრთხოებას და შეამცირებდა ნავმისადგომების ამორტიზატორებით აღჭურვის ხარჯებს მათი რაოდენობის შემცირებისა და ექსპლუატაციის ვადის გახანგრძლივების ხარჯზე. დიდი დიამეტრის ცილინდრებიანი ამრიდი კონსტრუქციების გამოყენება უპრიანია 13,0 მ და 15,0 მ სიღრმის პორტის ნავმისადგომების კონსტრუქციებზე, რომლებიც განკუთვნილია 45-100 ათასი ტონის წყალწყვის გემების მისაღებად.

XX საუკუნის 50-60-იან წლებში ამრიდი კონსტრუქციები მზადდებოდა ხის ჩარჩოსგან (სურ. 3.1). ასეთი კონსტრუქციები გამოიყენებოდა სხვადასხვა მშენებარე ნავსადგურებზე.

საბჭოთა და პოსტსაბჭოთა ქვეყნების პორტებში ფართოდ გამოიყენებოდა ხის ჩარჩოები ჰორიზონტალური ძელებით, რომლებიც დამაგრებული იყო ფასადურ ზედაპირზე ჩამონტაჟებული ქანჩების დახმარებით როგორც მასიური კედლების ბეტონის თავებზე, ასევე ფოლადის შპუნტის ბოლვერკის წყობაზე. ამჟამად შემორჩენილია ასეთი ჩარჩოების სამაგრების ნაშთები 1970 წლამდე აშენებულ ზოგიერთ ნავსადგურზე. ნავმისადგომების რეკონსტრუქციის დროს ისინი დიდ დისკომფორტს ქმნიან, წვრილი კედლის სახით, რადგან მათი ამოღება

შესაძლებელია მხოლოდ გაზის საჭრელით (სურ. 3.2), ასეთი ჩარჩოების სამაგრები იყო ფოთის პორტშიც, რომელიც შეიცვალა თანამედროვე აპრობირებული კონსტრუქციებით.



სურ. 3.1. ხის ჩარჩოს დამონტაჟების პროცესი (გასული საუკუნის 60-იანი წლები)



სურ. 3.2. d400 ტიპის ამრიდი მოწყობილობის დამაგრება ხის ჩარჩოს ადგილას (მოჩანს გაშვერილი გადანაჭრელი კუთხეები)

ძველი ტიპის ამრიდი კონსტრუქციების მთავარ ნაკლს წარმოადგენს ფოლადის ჭანჭიკებისა და კუთხეებისგან დამზადებული ხის ჩარჩოების დამაგრების სიხისტე. ხის ჩარჩოებისგან შეკრული ამრიდი კონსტრუქციების ექსპლუატაციის გამოცდილებამ აჩვენა, რომ მათ ახასიათებთ სწრაფი ცვეთა და, შესაბამისად, მოკლე ექსპლუატაციის ვადა (2-4 წელი, ინტენსიური ექსპლუატაციის პირობებში). ზღვის დინამიკური ზემოქმედება, რომელიც არსებობს აბსოლუტურად დახურულ აკვატორიებშიც და რომელიც თანამედროვე პორტებში განისაზღვრება პორტოფლოტის მიერ შექმნილი ღელვით, გავლენას ახდენს ამრიდ კონსტრუქციაზე ხომალდის მეშვეობით, დროთა განმავლობაში იწვევს სამაგრების მოშვებას, ამრიდი კონსტრუქციების ღრუების გაფართოებას და შესაბამისად, ამრიდი კონსტრუქციების მწყობრიდან გამოსვლას. ხის მეტალთან ჭანჭიკებით დამაგრება, მუდმივი დინამიკური ზემოქმედებით მოჭიმვის შესუსტებისა და ხეში ნახვრეტის ღრუს გადახეხვის გამო ეშვებოდა. გარდა ამისა, დამზადების დროს კუთხეების ხვრელები კეთდებოდა დაახლოებით 3 სმ ლუფტით, მონოლითებში ჩაშენებული ჭანჭიკების შესაძლო ცდომილებების კომპენსაციის მიზნით. ხის ელემენტები იხლიჩებოდა და ვარდებოდა, ხოლო დარჩენილი ჩამონტაჟებული ჭანჭიკები გემის ბორტის ზეწოლის შედეგად ილუნებოდა და მათი გამოყენება ახალი ჩარჩოების დამონტაჟებისას ხდებოდა შეუძლებელი.

გარდა ამისა, ხის ჩარჩოების მნიშვნელოვან ნაკლს წარმოადგენდა ფიჭვის (რისგანაც ისინი მზადდებოდა) დაბალი მდგრადობა ხახუნისადმი. ამ ტიპის ამრიდი კონსტრუქციების შეკეთება

გულისხმობდა მწყობრიდან გამოსული ძელებისა და სამაგრი ჭანჭიკების გამოცვლას და მოითხოვდა ნავმისადგომის უბნის ექსპლუატაციიდან გამოყვანას, თუნდაც ხანმოკლე დროით.

კონსტრუქტორები შეეცადნენ ჩარჩოს სამაგრების შენარჩუნების საკითხი ნაწილობრივ გადაეწყვიტათ და ჩაშენებული ჭანჭიკების ნაცვლად სპეციალური ჭიქები დაამონტაჟეს. მასში თავსდებოდა მოსახსნელი სამაგრი ჭანჭიკები, რომლებიც სრულდებოდა გასაღების პრინციპით. ითვლებოდა, რომ ასეთი სამაგრის დეფორმაციისას, ჭანჭიკები შეიძლებოდა სწრაფად შეცვლილიყო. მაგრამ ასეთი ვარიანტი უკავშირდებოდა ჩარჩოს დასამაგრებლად საჭირო ლითონის მასალის მნიშვნელოვან (1,5-ჯერ) ზრდას და დაჭიმულობის მცირედით შესუსტებას. გარდა ამისა, ჭიქის გარე საცობი სწრაფად კარგავდა კავშირს კედელთან, რაც ძალიან სწრაფად ანადგურებდა ჩარჩოს. ასეთ სამაგრებზე ამრიგი კონსტრუქციების დაკიდების გამოცდილებამ აჩვენა, რომ ჩამონტაჟებული ჭანჭიკთან გასაღებით დაკავშირებული ჭიქის კონსტრუქციამ, პრინციპში, ვერ გაამართლა, რადგანაც შეუძლებელი შეიქმნა ჭანჭიკის საიმედოდ დაკავშირება ღრუს კედლებთან. ამ თვალსაზრისით უფრო წარმატებულად შეიძლება ჩაითვალოს თვითგამშლელი ჭანჭიკის კონსტრუქცია ან ხვრელის ეპოქსიდის წებოთი შევსება.

ამრიგად, ჩასასობი ჭანჭიკებიანი ხის ჩარჩო, დიდი რაოდენობის ელემენტებითა და მასალების დიდ ხარჯთან ერთად, მოითხოვდა მუდმივ ყურადღებას და საოპერაციო ხარჯებიც ჯდებოდა. გარდა ამისა, ხის ჩარჩოს ენერგოშთანთქმის უნარი აშკარად არ იყო საკმარისი

6-7 მ-ზე უფრო ღრმა ნავმისადგომების კონსტრუქციებზე გამოსაყენებლად.

შეკიდული ხის ჩარჩო ძირითადად მზადდებოდა ნავსადგურების მექანიკურ საამქროებში და შედგებოდა 3-4 ძელისაგან, რომლებიც ერთმანეთს უკავშირდებოდა ჭანჭიკებით და ეკიდებოდა მარყუჟში მოღუნულ ჭანჭიკებზე გვარლის საშუალებით. ძელების შეკვრასა და კედელს შორის მაგრდებოდა რამდენიმე (შეკვრის სიგრძის მიხედვით) საბურავი, რომლებიც ეკიდებოდა გვარლზე (ტროსზე) ან ჯაჭვებზე, ან მყარად მაგრდებოდა ხის ძელების შეკვრაზე შიდა მხრიდან. ჩარჩოს ასეთი კონსტრუქცია, მიუხედავად მისი დაბალ-ტექნოლოგიურობისა, ხასიათდებოდა იოლი დემონტაჟით სარემონტო სამუშაოების შემთხვევებში.

მსგავსმა ამრიღმა კონსტრუქციებმა ვერ პოვა ფართო გამოყენება, როგორც ჩანს, მათი წარმოებისას დიდი რაოდენობით ოპერაციების, მოკლე საექსპლუატაციო ვადისა და დაბალი ენერგოტევადობის გამო (საბურავების შედარებით დაბალი სიხისტის გამო), რაც აშკარად არ იყო ასაკმარისი საზღვაო გემებისთვის.

კომბინირებულ ამრიღ კონსტრუქციებში, რომლებშიც გამოყენებულია საბურავები, ისინი წარმოადგენენ მორებისგან შეკრულ ღერძს, რომელზეც წამოგებულია რამდენიმე საბურავი. ასეთი ფენდერების ღერძის ბოლოები დამაგრებულია ფოლადის ზოლებით, რომლებიც ეკიდება გვარლზე (ბაგირზე) ან ჯაჭვებზე. ფენდერები თავისუფლად არის ჩამოკიდებული ნავმისადგომების კედლებზე ორი ან მეტი საკიდის დახმარებით და არის დაკიდული წყლის ზედაპირიდან

მაღლა ან მცურავ მდგომარეობაში. მსგავსი ამრიდები გარკვეულწილად გამოიყენებიან მცირე პორტებსა და დროებით ნავმისადგომებში, იქ, სადაც დიდი საექსპლუატაციო სამსახურების გამოყენება მიზანშეუწონელია.

აღსანიშნავია, რომ ცარიელი საბურავებისგან შემდგარი ამრიდი კონსტრუქციის გამოყენების ეფექტურობა არ არის მაღალი. უფრო მიზანშეწონილია ამრიდი კონსტრუქციები, რომლებიც შედგება რეზინის ნაკუწებით მჭიდროდ გატენილი საბურავებისგან. თუმცა ეს მოითხოვს საკმაოდ შრომატევად ხელით შრომას. საბურავის გარსს, რესორების ფურცლოვანი ფოლადისგან დამზადებული ჯვარედინი დამჭერისა და ჭანჭიკის გამოყენებით აფიქსირებენ ბეტონის საძირკველზე. შემდეგ ამწე ძელის ბოლოებზე კაუჭებზე წამოგებული ჯაჭვების საშუალებით აფართოებენ საბურავის გარსის ზედა კიდეს და ავსებენ მას დაქუცმაცებული საბურავების ნაკუწებით.

რეზინის ცილინდრებისგან დამზადებული შეკიდული ამრიდი კონსტრუქციები პირველად გამოჩნდა 70-იანი წლების დასაწყისში და ის უკავშირდება რეზინის ცილინდრების D400 წარმოების დაწყებას.

ასეთი ამრიდი კონსტრუქციის პირველი ნიმუშები შედგებოდა რეზინის ცილინდრისგან, რომელიც ცალკე იყო დაკიდული $\varnothing 50$ მმ შტანგაზე. ცილინდრი, მისი მუშაობის გასაუმჯობესებლად, ეყრდნობოდა სამი 24×24 სმ განივკვეთის მქონე ძელისგან შემდგარ ხის ჩარჩოებს, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებული იყო $\varnothing 36$ მმ განივი ჭანჭიკებით. ამ ჭანჭიკების დახმარებით ჩარჩო ან უმოძრაოდ მაგრდებოდა ზედნაშენის ფასადურ ზედაპირზე, ან ეკიდებოდა ჯაჭვებით ცალკე რგოლსარჭებზე.

ხის ჩარჩოები შეიძლება იყოს ყოფილიყო ან ზედნაშენის მთელ სიგრძეზე, ან ცალ-ცალკე, ყოველი ცილინდრის გასწვრივ. იმ დროს ძელების სიგრძე შეადგენდა მხოლოდ 3.0 მ-ს. ამავდროულად, მოსაჭიმი ჭანჭიკების ზედა ნაწილში კეთდებოდა მარყუჭი, რაზეც კიდებდნენ ხის ჩარჩოს. ამ კონსტრუქციისთვის მასალების ღირებულება, ნავმისადგომის თითოეული სექციისთვის, შეადგენდა ხის ძელების ღირებულებას – 4,3/2,2 მ³ (ხის ჩარჩოს სიგრძეზე დამოკიდებულებით) და დაახლოებით 2600 კგ ლითონის ნაკეთობების ღირებულებას. ეს უკანასკნელი ნაკლებად იყო დამოკიდებული იმაზე, თუ როგორ იყო დამაგრებული ხის ჩარჩო – უმოძრაოდ, თუ ჯაჭვებზე. ლითონის ნაკეთობების უმეტესობა ხმარდებოდა ჩაშენებული ჭიქების მოწყობას.

რეზინის ცილინდრების შეკიდული კონსტრუქციების პარალელურად გაჩნდა ცილინდრების ხისტი დამაგრების ვარიანტებიც. მაგალითად, ერთ-ერთი მათგანი იყო შემდეგი კონსტრუქციის ცილინდრი, რომელიც განლაგებული იყო შტანგაზე და მაგრდებოდა ჭანჭიკებზე მიდულებული ფურცლით, კუთხეებისთვის ორი სამაგრის დეტალით (სურ. 3.3). ყოველი დეტალი უერთდებოდა ზედნაშენს ორი Ø36 მმ-იანი ჩაშენებული ჭანჭიკის საშუალებით. ამრიგად, ცილინდრისგან შემდგარი ერთი ამრიდი კონსტრუქცია მაგრდებოდა 4 საკვანძო ჩამონტაჟებული ჭანჭიკის საშუალებით. ნავმისადგომის ყოველ სექციაზე ასეთი დაკიდული ამრიდი კონსტრუქციის ლითონის ხარჯი შეადგენდა 720 კგ-ს, რაც გაცილებით ნაკლები იყო, ვიდრე დაკიდული კონსტრუქციის შემთხვევაში. ცხადია, ლითონის დაბალი ხარჯი იყო ასეთი ამრიდი კონსტრუქციის დანერგვის მთავარი მიზეზი.



სურ. 3.3. d400 ცილინდრების ხისტი დამაგრება
(70-იანი წლები)

80-იანი წლების შუა ხანებში ყოფილი საბჭოთა კავშირის პორტების ღრმაწყლიან ნავმისადგომებზე გამოჩნდა D1000 რეზინის ცილინდრები, რომლებიც კიდებდნენ ხის ჩარჩოს გარეშე 8 მ-იანი ბიჯებით.

საკიდის ტოტები შედგებოდა 24 მმ კალიბრის ლუბის ჯაჭვებისგან და მრგვალი Ø80 მმ-იანი ფოლადის ღეროებისგან ან №20 შველერისგან. სუსტი საკიდის გამო ეს ამრიგი კონსტრუქციები საკმაოდ ხშირად წყდებოდა.

80-იანი წლების დასაწყისში, შრომისა და მასალების ეკონომიის მიზნით, ცილინდრის და ხის ჩარჩოს ცალ-ცალკე საკიდები შეიცვალა ერთი საკიდით. ზედნაშენის რგოლსარქებზე მაგრდებოდა მხოლოდ ჩარჩო, ხოლო ცილინდრი დამაგრებული იყო მოკლე ჯაჭვებით ჩარჩოს მოსაჭიმ ქანჭიკებზე ან ჩარჩოში სპეციალურად დამაგრებულ რგოლსარქებზე. ეს კონსტრუქცია გამოიყენებოდა ყველაზე დიდი ხნის განმავლობაში და ამჟამად პოსტსაბჭოთა ქვეყნების პორტებში არსებული ამრიგი დიდი ნაწილი წარმოადგენს სწორედ ასეთ კონსტრუქციას.

ამ კონსტრუქციის ყველაზე გავრცელებული ვერსიის (სურ. 3.4) შესაბამისად, ხის ჩარჩო მაგრდებოდა $\varnothing 36-42$ მმ-იანი 3-4 ჭანჭიკებით. ჩარჩოში უკიდურესი ჭანჭიკები სრულდებოდა ან შედუღებული მოხრილი მარყუჟით, ან შედუღებული ყუნწით. ჩარჩოს საკიდი ჯაჭვები



სურ. 3.4. d400 ამრიდი მოწყობილობა U-ფორმის შემაერთებელი ჭანჭიკით

შედგებოდა (საპროექტო მონაცემების თანახმად) ორი კავისაგან და 2-4 რგოლიანი ჯაჭვის ნაჭრისგან. ჩარჩოსა და შტანგის დამაკავშირებელი ჯაჭვები, რომელზეც ეკიდა ცილინდრი, ასევე შედგებოდა ორი კავისაგან და 4-რგოლიანი ჯაჭვის ნაჭრისგან. ამგვარად, ერთ ამრიდ კონსტრუქციაზე საერთო ჯამში იხარჯებოდა 8 კავი. მათი რიცხვის შემცირება შესაძლებელი იყო ჩარჩოს აწყობისას მოსაჭიმი ჭანჭიკების ცილინდრის საკიდ ჯაჭვებთან შეერთებით და საკიდის ღეროების

შეერთებით ჩარჩოს ყუნწებთან შედუღების დროს (რაც საკმაოდ რთულია შესრულდეს ხელით ელემენტების დიდი წონის გამო).

ასეთი ამრიდი კონსტრუქციებით 25 მ სიგრძის ნავმისადგომის სექციის აღჭურვისას ლითონის ხარჯი შეადგენდა 1240 კგ-ს, ხის მასალის ხარჯი – 2,6 მ³-ს.

ლითონის ეკონომიის მიზნით, შემოთავაზებული იყო მომიჯნავე ამრიდ კონსტრუქციებში ორი ჯაჭვის საკიდი შეცვლილიყო ერთი რგოლსარჭით. ასევე რიგ ვარიანტში შემოთავაზებული იყო რეზინის ცილინდრის გამოყენება ხის ჩარჩოს გარეშე. ამ ვარიანტით, მცირდებოდა ლითონის მოხმარება რგოლსარჭების შემცირების ხარჯზე. ეს ვარიანტი იქნა დაწუნებული, ვინაიდან იქმნებოდა გარკვეული პრობლემები ცილინდრის განთავსებასთან დაკავშირებით. ამ შემთხვევაში საჭირო იქნებოდა ან შემცირებულიყო ცილინდრების ბიჯი, ან დაგრძელებულიყო ჯაჭვები, რათა დაცულიყო საკიდის მაქსიმალურად დასაშვები დახრის კუთხეები. ამასთანავე, ცილინდრი ამ შემთხვევაში აღმოჩნდებოდა საკმაოდ დაბლა. ლითონის ხარჯი ასეთი კონსტრუქციაზე შეადგენდა 1450 კგ-ს სექციაზე.

აღწერილი კონსტრუქციის ერთ წყვილ რგოლსარჭზე დაკიდებული ხის ჩარჩოსა და რეზინის ცილინდრისგან შემდგარი ამრიდი კონსტრუქციის ექსპლუატირების მრავალწლიანმა გამოცდილებამ განაპირობა მისი კონსტრუქციის დახვეწის აუცილებლობა, რაც ძირითადად გამოიხატა კონსტრუქციის სუსტი წერტილების გაძლიერებით, რათა მისთვის გაეხანგრძლივებინათ ექსპლუატაციის ვადა და კონსტრუქცია გამხდარიყო უფრო ტექნოლოგიური, რაც გააიოლებდა მის სარემონტო მომსახურების პროცესს. ამ კონსტრუქციის ყველაზე სუსტი წერტილი იყო მოსაჭიმი ჭანჭიკის ზედა მხარე

და ხის ჩარჩოს მომიჯნავე ნაწილი. სურ.3.5-ზე მოცემულია კიდევ ერთი ტიპის ამრიდის კონსტრუქცია ტრაპეციული კვეთის მქონე.



სურ. 3.5. ტრაპეციული კვეთის მქონე ამრიდი კონსტრუქცია

დასაკიდი ამრიდი კონსტრუქციების საკიდი ელემენტების დაპროექტებისას დიდ აქტუალობას იძენს რგოლსარქების განთავსების საკითხი, რომელზეც უნდა დამაგრდეს ჩარჩოს დასაკიდი ჯაჭვები. 1980 წლამდე რგოლსარქები განთავსებული იყო ნავმისადგომის ტერიტორიის ზედაპირიდან 0,5–1 მეტრით დაბლა და ისინი გაშვებული იყო ზედნაშენის ფასადური სიბრტყიდან 10–15 სმ-ზე. რგოლსარქების ასეთ განთავსებას, დადებით მომენტებთან ერთად, როგორებიცაა – ჯაჭვების სწორი, ვერტიკალური მდებარეობა, ჯაჭვების მცირე ზომა, ასევე ახასიათებდა ნაკლოვანებებიც. კერძოდ, ადრე თუ გვიან, ხომალდის ბორტის ზეწოლის შედეგად ხდებოდა რგოლსარქების გადაღუნვა, რაც იწვევდა სიმტკიცის დაკარგვას და შეუძლებელს ხდიდა რგოლსარქების აღდგენას, მათზე ახალი ამრიდი კონსტრუქციების დაკიდების მიზნით.

1980 წლის შემდეგ შემოიღეს ახალი ნორმატიული აქტი, რომელიც მოითხოვდა, რომ ამრიგი კონსტრუქციების დასამაგრებელი ჩაშენებული ნაწილები ყოფილიყო კონსტრუქციის ფასადური ნაწილის სწორად (თანპირად). ამ ახალი ნორმატიული აქტის დამტკიცების შემდეგ აშენებულ ყველა ნავმისადგომზე რგოლსარკები თავსდებოდა ზედნაშენის ზედაპირზე სპეციალურად მოწყობილ ნიშებში, 12-18 სმ სიღრმის სპეციალურ ფოლადის ყუთებში. ასეთი ფოლადის ყუთების მოწყობა მშენებლობისას საჭიროებდა უფრო რთულ ბეტონის ყალიბებს და მოითხოვდა ლითონის დამატებით ხარჯს.

90-იან წლებში ამრიგი კონსტრუქციის დასაკიდი რგოლსარკების განთავსება დაიწყო ან ნიშაში, 90°-იანი კუთხის მიდამოში, რომელიც ქმნის კორდონის ხაზს, ან ზედნაშენის კონსტრუქციის ზედაპირიდან გამოშვერილად. რგოლსარკების ასეთი განლაგება საკიდი ჯაჭვების უმნიშვნელო დაგრძელებით, უკვე შესაძლებელს ხდიდა ამრიგი კონსტრუქციების აწევას ნავმისადგომის ზედაპირზე მისი ჩარჩოდან მოხსნის გარეშე სარემონტო სამუშაოების ჩატარების მიზნით.

ამრიგი კონსტრუქციების ექსპლუატაციის გამოცდილებამ აჩვენა, რომ ამრიგი კონსტრუქციების ნავმისადგომზე აწევის შესაძლებლობა ძალზე მნიშვნელოვანია სარემონტო სამუშაოების თვალსაზრისით, რადგანაც რამდენიმეწლიანი ექსპლუატაციის შემდეგ კოროზიის გამო ფასადურ რგოლსარკებზე დაკიდული ამრიგი კონსტრუქციების საკიდიდან მოხსნა არის შეუძლებელი, ხოლო სარემონტო სამუშაოების ჩასატარებლად საჭირო ხდებოდა საკიდის ჩაჭრა. ზედნაშენის ზედა ზედაპირზე განთავსებული რგოლსარკი ნაწილობრივ ცვლის რგოლამრიდ ძელს, რაც ბეტონის ეკონომიის მიღწევის საშუალებას

იძლევა. ამრიგი კონსტრუქციების საკიდი ჯაჭვები, კორდონის კუთხის მიდამოში ასეთი დაკიდებისას, ასრულებენ ამ კუთხის და ზედნაშენის კუთხის დამცავ ფუნქციას, რაც ქმნის კორდონის ხაზს და იცავს მას დაზიანებისაგან.

ამრიგი კონსტრუქციების გასაუმჯობესებლად (ძირითადად, საკიდზე მოსული დატვირთვის შემცირების მიზნით), ასევე მათი ენერგეტიკული მახასიათებლების შესაცვლელად, შემოთავაზებული იყო ტიპური კონსტრუქციებიდან ძირეულად განსხვავებული ვარიანტები (სურ. 3.6).

3.7. ამრიგი კონსტრუქციების დეფექტების ანალიზი

განხილული ამრიგი კონსტრუქციების ძირითადი დეფექტებია:

1. საკიდი ჯაჭვის წყვეტა არასაკმარისი სიმტკიცის ან ჯაჭვის არასწორი კომპლექტაციის გამო (სუსტი კავი ან ჯაჭვი);
2. რგოლსარჭების დაზიანება მისი ღეროს არასაკმარისი დიამეტრის ან ზედნაშენის ფასადური ზედაპირიდან მათი გაშვერის გამო.

ყველაზე გავრცელებული ტიპის ამრიგი მოწყობილობა, რომლებიც დამზადებულია ხის ჩარჩოსგან და რეზინის ცილინდრისგან, იკიდება მარყუჟად მოხრილი ჭანჭიკებით და ცილინდრის ჯაჭვის საკიდებით.

ჩატარებული ანალიზის საფუძველზე ფოთის პორტში განხორციელდა ამრიგი კონსტრუქციებისა და საყრდენი კედლების რეკონსტრუქცია. გამოყენებული იქნა ძირეულად განსხვავებული ამრიგი მოწყობილობები და კონსტრუქციები (სურ. 3.6).



სურ. 3.6. ამრიდი მოწყობილობები- კონსტრუქციები

წარმოდგენილი საპროექტო გადაყვეტა მიზნად ისახავს ფოთის საზღვაო პორტის ჩრდილოეთ აუზში არსებული ნავსადგურის ადგილზე (სადაც წყლის სიღრმე არის 5-6 მ) ახალი მრავალფუნქციური საზღვაო ტერმინალის მშენებლობას (სადაც წყლის სიღრმე იქნება 12.5 მ), რის შემდეგაც ნავსადგური შეძლებს ტანკერებისა და

კონტეინერში მიღებას. ნავმისადგომი მოიცავს ორუჯრედოვანი კოფედრამის ტიპის კონსტრუქციის პირსებს და დამოუკიდებელ ნავსადგომს (free-standing dolphin).

ჩრდილოეთის პირსი წარმოადგენს უჯრედულ დიაფრაგმიან კონსტრუქციას, რომელიც პირსის მთელი სიგრძის გასწვრივ ცვალადი სიმაღლისაა. შუალედური და გარე უჯრედების რადიუსებია 13,26 მ და 8.04 მ შესაბამისად. კონსტრუქციის ძირის ჩაღრმავების მაქსიმალური და მინიმალური ნიშნულებია BZ-16.5 მ და BZ-8.0 მ შესაბამისად.

სამხრეთის პირსი წარმოადგენს წრიულ უჯრედულ კონსტრუქციას (უჯრედის დიამეტრი – 26 მ.), რომელიც ორ ადგილას ეხება არსებულ პირსს. უჯრედულ კონსტრუქციას შეესაბამება გათვალისწინებულია ქვიშით (შიგა ხახუნის კუთხით $\geq 30^\circ$). ნარანდიანი ხიმინჯების ძირის წყალქვეშა დონეა BZ-16.5 მ.

ნავსადგურის საპროექტო გადაწყვეტის მიხედვით გათვალისწინებულია ფოლადის ნარანდიანი ხიმინჯებიანი კედლის მოწყობა, რომელიც უკავშირდება ასევე ხიმინჯებიანი ბეტონის კონსტრუქციას. მთლიანად კონსტრუქციის მოწყობა გათვალისწინებულია ბეტონის მზა ელემენტებით, ძელებითა და ფილებით. ასეთი კონსტრუქცია აპრობირებულია საპორტო მშენებლობაში და სამშენებლო პროცესების მაქსიმალურად ეფექტურად და უსაფრთხოდ განხორციელების საშუალებას იძლევა.

სურ. 3.6-ზე მოცემულია ქალაქ ფოთში, შპს „პეის ტერმინალის“ ტერიტორიაზე №1 ნავმისადგომზე განლაგებული ამრიდი კონსტრუქციების ფრაგმენტები.

თავი 4. კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის დამუშავება პორტის საპასუხისმგებლო ნაგებობების ტექნიკური მდგომარეობის დასადგენად

კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგია ნავმისადგომის განსაკუთრებით საპასუხისმგებლო ნაგებობების ექსპლუატაციის საიმედო ვარგისიანობის დასადგენად მდგომარეობს ზუსტი ნატურული დიაგნოსტიკის მეთოდების შერჩევაში, გაზომვებით მიღებული მონაცემების ანალიზის მეთოდის და მოდელირების ხერხების, პროცესის თანმიმდევრობის და შედეგების საიმედოობის დადგენაში.

ქვემოთ განხილულია ნატურული დიაგნოსტიკის მეთოდები და მოდელირების ხერხები.

4.1. გეოტექნიკური კვლევები

ვინაიდან რეკონსტრუქციის ფარგლებში კომპლექსური დიაგნოსტიკის ადეკვატური, უსაფრთხო და ეფექტური მონაცემების მისაღებად გეოტექნიკური მონაცემები არის გადამწყვეტი მნიშვნელობის, ამიტომ აუცილებელია ახალი გეოტექნიკური კვლევის ჩატარება გეოლოგიისა და გეოტექნიკური ქცევის შესახებ მეტი მონაცემების მისაღებად.

სამუშაოები უნდა ჩატარდეს ისე, რომ ხელი არ შეუშალოს არსებული პორტის მუშაობას და ზიანი არ მიაყენოს არსებულ ობიექტებს.

ახალი გეოტექნიკური სამუშაოების ძირითად ამოცანებს წარმოადგენს:

- სამუშაო ადგილებზე გრუნტის სივრცითი მდგომარეობისა და გეოლოგიური სტრუქტურის განსაზღვრა სარეკონსტრუქციო

ტერიტორიის მთელ ფართობზე, რათა დადგინდეს გრუნტის ფენების განლაგების ნიშნულები;

- თითოეული ჭაბურღილის ზუსტად განთავსება და ამ ადგილებში წყლის სიღრმის განსაზღვრა;
- თითოეული ფენის ბუნებისა და ყველა გრუნტის ტიპის, მათ შორის თიხის, ქვიშისა და ქვიშაქვების საინჟინრო თვისებების ცოდნა, რომლებმაც შეიძლება გავლენა იქონიონ შემოთავაზებული კონსტრუქციის გაანგარიშებებზე და მშენებლობის მსვლელობაზე;
- ობიექტის ყველა ადრინდელი კვლევის განხილვა და მათი შედეგების ჩართვა მიმდინარე კვლევაში, გეოტექნიკური ინტერპრეტაციის ზემოაღნიშნული მიზნებისთვის;
- საკვლევი ტერიტორიის პირობების ზუსტი განსაზღვრის მიზნით ყველა არსებული მონაცემის მოწოდების უზრუნველყოფა;
- გეოტექნიკური რისკების, მათ შორის გათხევადებისა და ფერდის სტაბილურობის ალბათობის იდენტიფიცირება;
- გეოტექნიკური პარამეტრების მითითება, რათა დადგინდეს:
- მოლოს ყველა მონაკვეთის ზოგადი სტაბილურობა;
- მოლოს ჯამური ჯდომის საპროგნოზო მნიშვნელობა;
- მოლოს მიმდებარე ტერიტორიაზე ფსკერის გასაღრმავებელი სამუშაოებისთვის სათანადო ტექნიკის მოძიება.

აუცილებელია საკვლევი ტერიტორიისთვის დამახასიათებელი შემდეგი სპეციფიკური მონაცემების დადგენა:

- გრუნტებისა და ქანების ბუნება, მათი შრეების სტრუქტურა და ცვალებადობა;
- გრუნტის სიმტკიცის, დეფორმაციისა და კონსოლიდაციის

მახასიათებლები;

- პოტენციური გეოლოგიური საფრთხეების იდენტიფიცირება, როგორცაა აქტიური თიხები, გათხევადება, ფერდობის არასტაბილურობა და ა.შ.;
- გრუნტებისა და ქანების გეოტექნიკური საპროექტო პარამეტრების დადგენა;
- ნალექი ქანების ზოგადი სტაბილურობისა და კონსოლიდირების უნარის გეოტექნიკური ანალიზის ჩატარება.

ამ აქტივობების საბოლოო შედეგებია:

- ფაქტობრივი მდგომარეობის გეოტექნიკური ანგარიში ყველა ჩატარებული საველე და ლაბორატორიული ტესტირებების შედეგებით;
- გეოტექნიკური ინტერპრეტაციის ანგარიშები (გეოტექნიკური მახასიათებლები, გეოლოგია და ა.შ.);
- გეოტექნიკური გაანგარიშებების შედეგები (გამოსაკვლევ ტერიტორიის ზოგადი სტაბილურობა, ნალექი ფენების ანალიზი ნალექი ფენების კონსოლიდირების უნარზე აქცენტირებით და ა.შ.);
- ზღვის ფსკერის არსებული პროფილისთვის შესაფერისი ფსკერის გასაღრმავებელი ტექნიკის ტიპისა და მუშაობის მეთოდოლოგიის განსაზღვრა;
- გრუნტის გათხევადების ანალიზი.

მოკლედ, შესასრულებელი სამუშაოების ფარგლები მოიცავს შემდეგ პუნქტებს:

1. გეოტექნიკური კვლევების ჩასატარებელი დეტალური რეკომენდაციების მომზადებას, რომელშიც აღწერილი უნდა იყოს, თუ როგორ უნდა შეასრულოს სამუშაოები კონტრაქტორმა (შემოთავაზებული

კვლევების აღწერით, სამუშაო გრაფიკითა და ბიუჯეტით გაშლილად გაწერილი პუნქტებად);

2. საველე ოპერაციების ჩატარებას პორტის აკვატორიაში, რომელიც უნდა განხორციელდეს შესაბამისი თვითამწე გემის ან ეკვივალენტური მუშა პლატფორმის საშუალებით. ის განკუთვნილი უნდა იყოს გეოტექნიკური ოპერაციების შესასრულებლად 2 მ-დან 15 მ-მდე წყლის სიღრმეზე და უნდა შეემლოს გრუნტის სინჯების საველე დამუშავება;
3. გრუნტის სინჯების ტრანსპორტირებას ლაბორატორიებამდე;
4. ყველა ლაბორატორიული და საველე მონაცემის ინტერპრეტაციისა და ანგარიშის მომზადებას;
5. გეოლოგიურ და გეოტექნიკურ ანგარიშებს, რომლებიც ჩატარებულია გაანგარიშებებით.

საველე სამუშაოების ჩასატარებელი ადგილები წარმოდგენილი უნდა იყოს ადგილის სქემაზე. საკვლევი წერტილების კოორდინატები შეიძლება შეიცვალოს. საკვლევი წერტილები საველე სამუშაოების დაწყებამდე უნდა შეთანხმდეს იმ კონსტრუქტორთან, რომელიც განახორციელებს კონსტრუქციული პროექტის დაპროექტებას.

საკვლევი ჭაბურღილების მდებარეობები/ბადე და მიმდევრობა უნდა შეთანხმდეს კონსტრუქტორთან. კონსტრუქტორთან კონსულტაციის საფუძველზე, კონტრაქტორს შეუძლია შეცვალოს კვლევის ადგილი, თანმიმდევრობა ან რაოდენობა, რეალური პირობებიდან გამომდინარე. როდესაც ჭაბურღილების პოზიციები საბოლოოდ იქნება შეთანხმებული, გეოლოგმა უნდა განახორციელოს ყველა საჭირო აზომვითი სამუშაო და აცნობოს დამკვეთს შეცვლილი

კოორდინატებისა და დონეების შესახებ, ასევე თავის ანგარიშებში ასახოს ჭაბურღილების ფაქტობრივი ადგილმდებარეობები.

გეოლოგის მიერ კვლევების დროს შეგროვებული ან მიღებული მონაცემები, ინფორმაცია და შედეგები არის ექსკლუზიურად დამკვეთის საკუთრება. მონაცემები, ინფორმაცია, შედეგების გამოყენება და გასაჯაროება კონტრაქტორის მიერ არის ყოველად დაუშვებელი, ნებისმიერ გარემოებებში.

აღებული სინჯები უნდა იყოს დალუქული ჰერმეტიკულ კონტეინერებში ან უნდა შეიფუთოს სინჯის აღების დასრულებისთანავე. საბოლოოდ, ყველა სინჯი მკაფიოდ უნდა იყოს მარკირებული. მარკირება უნდა შეიცავდეს შემდეგის სახის ინფორმაციას:

- ადგილის/პროექტის დასახელება;
- ჭაბურღილის ნომერი;
- დაწყების და დასრულების სიღრმე დაუშლელი სინჯებისთვის;
- თარიღი;
- სინჯის აღების ადგილი და წყლის სიღრმე.

სინჯის უნიკალური სერიული ნომერი უნდა ჩაიწეროს ბურღვის ყოველდღიურ ჟურნალში, რომლის გამოყენებაც შეიძლება სინჯების მიკვლევადობისთვის ტრანსპორტირებისა და ლაბორატორიული ტესტირების დროს.

სამუშაოს მიმდინარეობისას კონტრაქტორმა უნდა დაამზადოს სტანდარტული ფერადი ფოტოები, რომლებიც უნდა მიაწოდოს დამკვეთს. თითოეულ ფოტოს ქვეშ უნდა ჰქონდეს მიწერილი:

- პროექტის სახელწოდება;

- ჭაბურღილის ნომერი;
- სინჯის აღების სიღრმე;
- სინჯის ნომერი;
- სინჯის აღდგენა • საცნობარო ფერების კოდირების სქემა • თარიღი.

ფოტოები უნდა შეიცავდეს გრადუირებულ მასშტაბს, რომელიც უნდა იყოს ერთნაირი ყველა ფოტოზე, აგრეთვე უნდა იყოს ციფრული, ხოლო გარჩევადობა 2100x1500 პიქსელი (3.2 მეგაპიქსელი).

სინჯები უნდა იყოს მარკირებული, შეფუთული, შენახული და ტრანსპორტირებული მოთხოვნების შესაბამისად. ყველა სინჯს უნდა ჰქონდეს უნიკალური მარკირება და ისინი უნდა ინახებოდეს ჰერმეტიკულ კონტეინერებში, საველე სამუშაოების მთელი ხანგრძლივობის განმავლობაში დაცული უნდა იყოს მაღალი ტემპერატურისა და მექანიკური ვიბრაციებისგან.

საველე სამუშაოების დასრულების შემდეგ გრუნტის სინჯები უნდა შეიფუთოს კონტეინერებში, რომლებშიც დაცული უნდა იყოს 10 გრადუს ცელსიუსამდე ტემპერატურა. ისინი ოპერატიულად უნდა გადაიგზავნოს ლაბორატორიებში, შემდგომი ტესტირებისთვის სინჯების მინიმალური დაზიანებით.

ლაბორატორიული ტესტირების დასრულების შემდეგ კონტრაქტორმა უნდა შეინახოს სინჯები კონტეინერებში გრუნტის პარამეტრების საბოლოო ანგარიშის წარდგენის შემდეგ თორმეტი (12) თვის განმავლობაში, ისე, რომ დამკვეთის მოთხოვნის შემთხვევაში შესაძლებელი იყოს დამატებითი ან განმეორებითი ლაბორატორიული ტესტირების ჩატარება.

ჭაბურღილების ბურღვა უნდა განხორციელდეს ისე, რომ მოხდეს

გრუნტის პროფილის უწყვეტი აღწერა და შესაძლებელი იყოს მაღალი ხარისხის ურღვევი/დარღვეული სინჯების აღება და პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტების ჩატარება.

გრუნტის ფენებში შესაბამისი სინჯების აღება და ადგილზე ტესტირება უნდა ჩატარდეს დადგენილი ინტერვალებით, ანუ პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტით (CPT) გრუნტის ყველა ფენებისთვის. უნდა განხორციელდეს ურღვევი სინჯების აღება დაკავშირებულ ფენებში. ჭაბურღილების ბურღვა კლდოვან ქანებში უნდა მოხდეს მბრუნავი ბურღვით, თუ დამკვეთთან სხვა რამ არ იქნება შეთანხმებული.

პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტის(CPT)/სინჯების აღების რეჟიმი უნდა იყოს შემდეგი:

- თიხოვან ფენებში უწყვეტი ურღვევი სინჯების აღება ყოველ 3 მეტრში;
- ქვიშის ფენებში მონაცვლეობით, პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტის(CPT), შემდეგ ურღვევი სინჯების აღება ყოველ 3 მეტრში.

შესასრულებელი სამუშაოების ფარგლები შეიძლება გადაიხედოს გეოტექნიკური კვლევების დროს, ადგილზე აღმოჩენილი გრუნტის პირობების გათვალისწინებით. ნებისმიერი გადახრისა თუ შეუსაბამობის ფაქტის შესახებ კონტრაქტორმა დაუყოვნებლივ უნდა აცნობოს დამკვეთს. კონტრაქტორმა დამკვეთს დასამტკიცებლად ასევე უნდა წარუდგინოს სამოქმედო გეგმის რეკომენდაციები.

გეოლოგმა უნდა უზრუნველყოს ყველა საჭირო აღჭურვილობისა და რესურსების მობილიზება ობიექტზე, რომელიც საჭირო იქნება ზღვის ფსკერის დონიდან მინიმუმ 80 მ-მდე სიღრმეზე ბურღვის

შელწევადობის მისაღწევად. არ არის გათვალისწინებული კონტრაქტორზე დამატებითი თანხების გადახდა ან ვადების გახანგრძლივება ხელახალი ბურღვისთვის, რომელიც შეიძლება საჭირო გახდეს მოთხოვნილი შელწევადობის მისაღწევად.

ბურღვითი სამუშაოები უნდა ხორციელდებოდეს მდგრადი პლატფორმიდან ან მიწიდან.

საბურღ კოშკს უნდა ჰქონდეს საკმარისი ტვირთამწეობა და ბრუნვის სიმძლავრე. საბურღ იარაღებს უნდა შეეძლოს გარსაცმის კარგად გაწმენდა სინჯების აღებამდე და/ან პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტამდე (CPT).

გეოლოგმა უნდა შესთავაზოს დამკვეთს და გამოიყენოს ტექნიკური დავალების შესასრულებლად ადეკვატური საბურღი აღჭურვილობა, საბურღი სითხეები და ბურღვის პროცედურები. ყველა მოწყობილობა და პროცედურა უნდა იყოს დამტკიცებული დამკვეთის მიერ.

4.1.1. ჭაბურღილები. პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტი (CPT)

ჭაბურღილები. პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტი (CPT) უნდა ჩატარდეს ყოველ 3 მ-ის ინტერვალებით ქვიშოვანი გრუნტებისთვის და უნდა განხორციელდეს ISO 22476-3 სტანდარტის მოთხოვნების დაცვით.

ISO 22476-3 სტანდარტი მოითხოვს მაქსიმუმ 50 დარტყმას. ეს უნდა შეიცვალოს შემდეგი კრიტერიუმებით:

- 50 დარტყმა 150 მმ-იანი ჯდომის დროს;

- 50 დარტყმა ნებისმიერი 150 მმ შეღწევადობისთვის;
- სულ 100 დარტყმა.

სინჯის ასაღები სინჯარები უნდა იყოს დაუზიანებელი და დამზადებული სტანდარტების შესაბამისად. გრუნტის სინჯების სინჯარებს უნდა ჰქონდეს თხელი კედელი, მაგრამ უნდა იყოს საკმარისად ხისტი და ჰერმეტიულად იხურებოდეს. რბილ გრუნტში გამოიყენება დგუმის ტიპის სინჯის ასაღები ან ბირთვის დამჭერი, თუ გრუნტის სინჯის შენახვა შეუძლებელია სინჯარაში.

ლენტი და ეტიკეტები უნდა იყოს წყალმედეგი, წებოვანი, ხოლო ნებისმიერი მარკირება უნდა იყოს წყალმედეგი. გრუნტის სინჯების მოსათავსებელი ყუთები უნდა უზრუნველყოფდეს სინჯების დაცვას მექანიკური დაზიანებებისგან, ინარჩუნებდეს სიგრილეს და იყოს ყინვაგამძლე.

სინჯების აღებისას უნდა ხდებოდეს მათი გულდასმით აღრიცხვა. ყველა სინჯს უნდა ჰქონდეს მარკირება, სადაც მითითებული იქნება პროექტის სახელწოდება, ჭაბურღილის ნომერი, სინჯის აღების სიღრმე, აღების თარიღი და დრო.

გრუნტის სინჯები გულდასმით უნდა იყოს დალუქული ჯეროვან ტემპერატურაზე გაცხელებული ცვილით და სათანადო წესით უნდა იყოს დალუქული ხუფებით. სინჯებთან მოპყრობისას უნდა გამოიჩინოთ მაქსიმალური სიფრთხილე იმისათვის, რომ არ მიაყენოთ მათ მექანიკური დაზიანება, ასევე სინჯები უნდა მოარიდოთ ვიბრაციას. ყველა სინჯი უნდა ინახებოდეს გრილ და ყინვისგან დაცულ ადგილას.

ტრანსპორტირებისას სინჯები უნდა ინახებოდეს ხის ყუთებში და უნდა იყოს შეფუთული პენოპლასტის, ნახერხის ან მსგავსი

მექანიკური ზემოქმედებისგან დაცულ მასალაში.

სინჯების აღება, აღწერილობა, მარკირება და მათთან მოპყრობა უნდა განხორციელდეს სტანდარტების დაცვით. ყველა სინჯი უნდა დარეგისტრირდეს ადგილზე, მისი დეტალური აღწერით, იმავე დღეს.

მცირე ზომის დაზიანებული სინჯები უნდა იწონიდეს არანაკლებ 0,5 კგ-ს. ისინი დაუყოვნებლივ უნდა მოთავსდეს ჰერმეტიკულ კონტეინერებში ან წყალგაუმტარ პაკეტებში, რომლებიც გონივრულად უნდა იყოს შევსებული.

დაურღვეველი სინჯების ასაღებად დგუმის ტიპის ღია სინჯარებით, სინჯები უნდა ავიღოთ სტანდარტების შესაბამისი აღჭურვილობისა და პროცედურების გამოყენებით. მინიმალური დიამეტრი უნდა იყოს 75 მმ, სიგრძეში – არანაკლებ 600 მმ. სინჯები უნდა დაილუქოს დაუყოვნებლივ დასალუქი ცვილის გამოყენებით. ჭაბურღილიდან ამოღებული სინჯარის/მილის ორივე ბოლო სასწრაფოდ უნდა დაილუქოს, რათა შენარჩუნდეს სინჯების ბუნებრივი ტენიანობა და თავიდან იქნეს აცილებული დალუქულ სინჯში რაიმეს შეღწევა. კატეგორიულად აკრძალულია სანთლის ცვილის გამოყენება დასალექად. მილის შიდა კედელი უნდა გაიწმინდოს და ცვილით დალუქვამდე გრუნტის სინჯზე უნდა მოათავსოთ მრგვალი პლასტმასის ფურცელი. მილის ბოლოსა და ცვილის ზედა ნაწილს შორის დარჩენილი სივრცე მჭიდროდ უნდა შეივსოს ნახერხით ან სხვა შესაფერისი მასალით და მილის თითოეულ ბოლოზე უნდა დაეხუროს მჭიდროდ მორგებული ხუფი ან ხრახნიანი თავსახური. უპირატესობა უნდა მიენიჭოს დგუმის ტიპის სინჯარას.

ღია მილის საჭრელი ფეხის გრუნტი უნდა იყოს შენახული,

როგორც დამატებითი მცირედად დარღვეული სინჯი.

გეოლოგმა უნდა გამოიჩინოს განსაკუთრებული სიფრთხილე სინჯების მარკირებისა და დამუშავებისას, ალების ადგილიდან ლაბორატორიამდე, რათა მინიმუმამდე იქნეს დაყვანილი არსებული გრუნტის სინჯების დარღვევა.

ყველა სინჯი უნდა აიღოს გამოცდილმა მზურღავებმა მხოლოდ მაშინ, როდესაც დარწმუნებული იქნება ჭაბურღილის სისუფთავეში და ჭაბურღილიდან ამოღებისთანავე უნდა გაუკეთოთ მარკირება.

გეოლოგმა დამკვეთს დასამტკიცებლად უნდა წარუდგინოს სინჯების ალების, დალუქვის, მათი დაცვისა და ლაბორატორიამდე ტრანსპორტირების პროცედურები, რათა მინიმუმამდე დაიყვანოს სინჯების დარღვევა.

ყველა სინჯი დაცული უნდა იყოს მზის პირდაპირი სხივებისგან და $+5^{\circ}\text{C}$ -ზე დაბალი და $+35^{\circ}\text{C}$ -ზე მაღალი ტემპერატურის ზემოქმედებისგან ნებისმიერ დროს.

ყველა სინჯი უნდა გავიტანოთ ბურღვის ადგილიდან ყოველი სამუშაო დღის ბოლოს, უნდა ინახებოდეს ზემოქმედებისგან დაცულ დახურულ კონსტრუქციაში და უნდა ჩატარდეს ლაბორატორიას 7 დღის განმავლობაში. სინჯების შეფუთვა და ტრანსპორტირება ყბდა მოხდეს ისე, რომ ლაბორატორიაში დაუზიანებლად მიაღწიონ. სინჯები უნდა ინახებოდეს ორიგინალური სინჯის სინჯარებში ტესტირებამდე.

გეოლოგმა შეიძლება მოითხოვოს გარკვეული სინჯების ან ბირთვების გადაცემა, რომლებიც უნდა ინახებოდეს საბოლოოდ დამტკიცებული ანგარიშის წარდგენიდან 12 თვის განმავლობაში. ამ

პერიოდის შემდეგ კონტრაქტორმა უნდა მიმართოს დამკვეთს თხოვნით, განკარგოს სინჯები საკუთარი შეხედულებისამებრ.

4.1.2. პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტები (CPT)

გეოლოგმა უნდა მიაწოდოს, შეინახოს და გამოიყენოს კვლევების ჩასატარებლად აუცილებელი დანადგარები ადგილზე ტესტირებისა და შეფასებისთვის, ასევე ჩატარებული ტესტირების შესახებ ანგარიშის მოსამზადებლად. პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტს (CPT) უნდა ჰქონდეს შესაძლებლობა აღრიცხოს ფოროვანი წყლის წნევა საერთაშორისო ექსპლუატაციის სტანდარტების შესაბამისად.

პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტები (CPT) უნდა შესრულდეს კონუსური, 60 გრადუსიანი ელექტრული ხახუნზე მომუშავე კონუსით, რომელიც იძლევა კონუსის წვერის წინაღობის, ხახუნის მილისის ადგილზე და ფორების წნევის, ასევე დახრილობის ერთდროული გაზომვის საშუალებას. კონუსის განივკვეთის ფართობი უნდა იყოს 1000 მმ²-ის ტოლი, თუმცა ღრმა პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტებისთვის (CPT) კონუსის განივკვეთის ფართობი შეიძლება იყოს 1500 მმ².

დანადგარი უნდა იმართებოდეს კვლევითი თვითამწე ხომალდის გემბანიდან.

პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტისთვის (CPT) განსაზღვრული აღჭურვილობა უნდა აკმაყოფილებდეს პროცედურებისთვის საერთაშორისო სტანდარტებით წაყენებულ მოთხოვნებს.

კვლევით სამუშაოებისთვის მობილიზებული ყველა კონუსი

უნდა იყოს დაკალიბრებული ბოლო 4 თვის განმავლობაში წვერის, ხახუნის მილისას და ფორების წნევებზე, ხოლო დაკალიბრების სერტიფიკატების ასლები ხელმისაწვდომი უნდა იყოს დამკვეთისთვის. საკვლევი თვითამწე ხომალდის ბორტზე უნდა იყოს სულ მცირე 2 დაკალიბრებული კონუსი.

კონუსების შემოწმება ადგილზე, საველე პირობებში და მონაცემთა შეგროვების სისტემა უნდა ტარდებოდეს მობილიზაციის ფარგლებში და ყოველ ჯერზე, როცა გადაწყდება ახალი კონუსის გამოყენება.

ყოველი პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტის (CPT) ჩატარებამდე, წვერისა და ხახუნის მილისას ჩვენებები უნდა იყოს განულებული, ხოლო ფორების წნევის სიდიდე უნდა შემოწმდეს წყლის სიდრმესთან შესაბამისობაზე.

პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტი (CPT) უნდა შესრულდეს ღეროებზე წამოსაცმელი დამცავი მილით, რომლის შიდა დიამეტრი იქნება რამდენიმე მილიმეტრით მეტი ღეროს გარე დიამეტრზე. ამ დამცავი მილის გარეშე პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტის (CPT) ღერო შეიძლება გადაიღუნოს ყოველ ჯერზე, როდესაც კონუსი წააწყდება უფრო მყარ ფენას, ზედა ფენებში გვერდითი საყრდენის არარსებობის გამო (ძალიან რბილი თიხოვანი ფენა, გეოტექნიკური ანგარიშის თანახმად). როგორც გამოცდილება გვიჩვენებს, დამცავი მილი უზრუნველყოფს საკმარის გვერდით საყრდენს, რათა კონუსმა შეძლოს თხელ მყარ ფენებში გასვლა კონუსის დაბრეცვის გარეშე. დამცავი მილები ასევე შესაძლებელს გახდის შემცირდეს თავიდან გაბურღვის საჭიროება, რადგან პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტი (CPT) შეიძლება გადავიდეს უფრო მყარ ფენებში, რაც

მნიშვნელოვნად შეამცირებს პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტის (CPT) ხარჯებს და შესრულების დროს.

წვერზე, ხახუნის მილისაზე და ფორებზე ფიქსირებული წნევის სიდიდე სისტემატურად უნდა ჩაიწეროს.

დისიპაციის ტესტები უნდა ჩატარდეს ქვიშასა და შლამში, სადაც ფორების წნევა გადახრილია ჰიდროსტატიკური წნევისგან. წარმოდგენილი უნდა იყოს ადეკვატური პროცედურის აღწერა. თითოეული ადგილისთვის დისიპაციის ტესტების რაოდენობას და სიღრმეს განსაზღვრავს დამკვეთი.

კონუსის შეღწევადობის ტესტების შედეგები წარმოდგენილი უნდა იყოს გრაფიკების სახით, რომლებიც ასახავს კონუსის წვერის წინაღობას, ხახუნის მილისას ადგილისა და ფორების წნევას იმის მიხედვით, თუ როგორი იქნება სიღრმე/სიმაღლე იმ რეგისტრირებულ პარამეტრებთან ერთად, როგორებიცაა ღერძზე დატვირთვა, დახრილობა და ა.შ.

გეოლოგმა უნდა წარადგინოს ანგარიში, რომელიც უნდა შეიცავდეს როგორც წვერის წინაღობის, ასევე ხახუნის მილისას გაზომილი წნევის მნიშვნელობებს და ასევე წნევის იმ მნიშვნელობებს, რომლებიც დაკორექტირებული იქნება ფორების წყლის წნევის ეფექტზე. ფორების წნევის ეფექტის კორექტირების ზუსტი პროცედურა წინასწარ უნდა განისაზღვროს შედეგების წარდგენამდე, ხოლო კორექტირების მეთოდი ასახული უნდა იყოს წარმოდგენილი შედეგების ანგარიშში.

თვითამწე ხომალდიდან პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტი (CPT) უნდა ჩატარდეს ზღვის ფსკერიდან, ვიდრე ის არ იქნება

უარყოფილი (მაქსიმალური ღერძული დატვირთვა, დახრილობა, წვერის მაქსიმალური წინაღობა). თითოეული პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტი (CPT) უნდა მოიცავდეს წვერის წინაღობის, ხახუნის მილისას და ფორების წნევების ერთდროულ გაზომვას.

ტიპური პარამეტრები, რომლებიც განსაზღვრავს პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტზე (CPT) უარის თქმას, არის შემდეგი:

1. ღერძული დატვირთვა უტოლდება გრუნტის ნომინალურ რეაქციას;
2. კონუსის წვერზე დატვირთვა უტოლდება კონუსის სიმძლავრის 100%-ს;
3. მილისაზე ხახუნის ძალა არის კონუსის ღერძული დატვირთვის 15%-ზე მეტი;
4. ზამბარის გადახრა ვერტიკალიდან, წვერსა და ჭაბურღილის ნახვრეტის ზედა ნაწილს შორის არის 15°-ზე მეტი;
5. ღეროს გადახრა ერთ მეტრ შეღწევადობის სიგრძეზე (ან ნაკლებზე) არის 3°-ზე მეტი;
6. ოპერატორის აზრით, სამუშაოების გაგრძელებამ შეიძლება დააზიანოს დანადგარი. ამ შემთხვევაში ოპერატორმა უნდა განმარტოს თავისი ეჭვების საფუძველი.

პიეზოკონუსის პენეტრომეტრის ტესტის (CPT) წინასწარი მონაცემების ასლი უნდა გადაეცეს დამკვეთს, თვითამწე ხომალდის ახალი ტესტირების ადგილზე გადაადგილებამდე.

შედეგები გარჩევადობა უნდა გაიზომოს მნიშვნელობის 2%-იან ფარგლებში.

რეალური ტესტირების დროს მონაცემთა შეგროვების სისტემამ უნდა უზრუნველყოს გაზომილი შედეგების რეალურ დროში შემოწმება როგორც ციფრული, ასევე გრაფიკული ფორმით.

სიგნალის მონაცემები უნდა ინახებოდეს მაგნიტურ ფირზე ან დისკზე მისი შემდგომი დამუშავებისთვის.

პიეზოკონუსის შეღწევადობის ტესტის შედეგების ანგარიში უნდა შეესაბამებოდეს საერთაშორისო სტანდარტებს. დაუმუშავებელი ელექტრონული მონაცემები ASCII ფაილების სახით და წარმოდგენილი უნდა იქნას მოთხოვნის შემთხვევაში.

4.1.3. ლაბორატორიული ტესტები

ლაბორატორიული ტესტები უნდა შედგებოდეს შემდეგი პუნქტებისგან:

- გრუნტის კლასიფიკაციის ტესტები;
- ტესტები კუმშვაზე;
- გრუნტისა და წყლის ქიმიური ტესტები;
- წანაცვლებაზე მედეგობის ტესტები;
- გრუნტის მექანიკური თვისებები.

გეოლოგმა დამკვეთს დასამტკიცებლად უნდა წარუდგინოს ხარისხის შეფასების დოკუმენტაცია და დეტალური ინფორმაცია შემოთავაზებული აკრედიტებული ლაბორატორიების შესახებ, რომლებსაც ყოველდღიურად უნდა მიაწოდოს გრუნტის/კლდოვანი ქანების სინჯები. ჭაბურღილის ბურღვითი სამუშაოების დასრულებიდან ორი (2) დღის განმავლობაში კონტრაქტორმა დამკვეთს უნდა სთხოვოს აღებული სინჯების ლაბორატორიული ტესტირების პროგრამის დაფინანსება, ხოლო შერჩეული სინჯები დასამტკიცებლად უნდა წარუდგინოს. ლაბორატორიას და მასთან ხარისხისა და პროცენტის განხილვის შედეგად გაიაროს კონსულტაციები ინტერ-

პრეტაციული გეოტექნიკური კვლევის შედეგებთან დაკავშირებით. ამის შემდეგ შერჩეულ სინჯებს დაუყოვნებლივ უნდა ჩატარდეს ტესტირება.

შერჩეული დარღვეული და დაურღვეველი გრუნტის სინჯების ლაბორატორიული ტესტები უნდა ჩატარდეს დამკვეთთან შეთანხმებით ეროვნული ან საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად.

ქვემოთ მოცემულია შემოთავაზებული ლაბორატორიული ტესტების ჩამონათვალი:

- გრუნტის კლასიფიცირების ტესტები:
 - ტენის შემცველობა;
 - ნაწილაკების სიმკვრივე/ კუთრი წონა;
 - ატერბერგის ზღვრები;
 - ნაწილაკების განაწილება ზომების მიხედვით (PSD);
 - გრუნტის სიმკვრივე;
 - ორგანული შემცველობა.
- გრუნტის ქიმიური ტესტები:
 - pH სიდიდეები;
 - კარბონატების შემცველობა (CO₂) მგ/ლ-ში;
 - სულფატების შემცველობა (SO₃) მგ/ლ-ში;
 - ნიტრატების შემცველობა (NO₃) მგ/ლ-ში;
 - ქლორიდების შემცველობა (Cl⁻) მგ/ლ-ში.
- მიწისქვეშა წყლების ქიმიური ტესტები:
 - ქლორიდების შემცველობა (Cl⁻) მგ/ლ-ში;
 - სულფატების შემცველობა (SO₃) მგ/ლ-ში;
 - pH სიდიდეები;

- კარბონატების შემცველობა (CO₂) მგ/ლ-ში;

- ნიტრატების შემცველობა (NO₃) მგ/ლ-ში;

➤ ტესტები სიმტკიცეზე და ტესტები კუმშვაზე (ინჟინრული მახასიათებლები):

- არაკონსოლიდირებული არადრენირებული ტრიაქსიალური ტესტი კუმშვაზე (SU);

- კონსოლიდირებული არადრენირებული ტრიაქსიალური ტესტი (CU);

- კონსოლიდირებული დრენირებული ტრიაქსიალური ტესტი (CD);

- ტესტი პირდაპირ წანაცვლებაზე (SU, CU და CD);

- ერთგანზომილებიანი კონსოლიდირებული ტესტი (ოდომეტრით).

თუ გეოლოგი განიხილავს ალტერნატიულ ტესტს ან ტესტირების ნაკრებს, ტესტირების მეთოდები და მიზნები უნდა იყოს ჩართული მის შეთავაზებაში.

4.1.4. ტესტირების შედეგების ანგარიშები

საბოლოო ანგარიშის ყველა ეგზემპლარი უნდა იყოს შესრულებული საუკეთესო ხარისხში ასლების გადასაღებად და წასაკითხად. განსაკუთრებული ყურადღება ექცევა ცხრილებისა და გრაფიკული ინფორმაციის ზუსტ დასათაურებას. ყველა ეგზემპლარი უნდა აიკინძოს და ყველა გვერდი და სურათი უნდა იყოს თანმიმდევრულად დანომრილი. ყველა ანგარიშსა და ნახაზზე უნდა იყოს მითითებული პროექტის სახელწოდება და სათაური. ქვემოთ მოცემულია ტექნიკური ანგარიშების ტიპური ნაკრები, რომლებიც

უნდა იყოს წარმოდგენილი კვლევის დროს და მის შემდეგ.

- მობილიზების ანგარიში, დანადგარების დაკალიბრების ჩათვლით;
- ჩატარებული სამუშაოების შესახებ ყოველდღიური ანგარიშები;
- ჩატარებული სამუშაოების შესახებ ყოველკვირეული ანგარიშები;
- საველე ჩანაწერები;
- გრუნტის სინჯების აღების ადგილების ფოტოები და ა.შ.;
- ფაქტობრივი გეოტექნიკური კვლევის ანგარიში;
- ინტერპრეტაციული გეოტექნიკური კვლევის ანგარიში.

4.1.5. ფაქტობრივი გეოტექნიკური კვლევის ანგარიში

გეოლოგი ვალდებულია მოამზადოს ჩარჩო-ანგარიში და საბოლოო ფაქტობრივი გეოტექნიკური ანგარიში, რომელიც უნდა შეიცავდეს ყოველდღიური საველე ჩანაწერების შესაბამის შემაჯამებელ დასკვნებსა და კვლევების სრულ ჩანაწერებს, ადგილზე ტესტირების შედეგებს და ლაბორატორიული ტესტების შედეგებს. ადგილზე გაზომვების და ლაბორატორიული ტესტის შედეგების ცვლილებები სიღრმისა და ადგილების მიხედვით უნდა იყოს წარმოდგენილი გრაფიკული ფორმატით. ფაქტობრივ ანგარიშში ასევე უნდა იყოს ასახული პარამეტრების შესაბამისი კორელაცია, რომელიც განისაზღვრება სხვადასხვა საველე და ლაბორატორიული გამოკვლევებით, ასევე გრუნტის/კლდოვანი ფენების დეტალური ლითოლოგიური აღწერა. იმ შემთხვევაში, თუ ერთი და იმავე გრუნტის/კლდოვანი ფენების თვისებები/პარამეტრები იქნება მიღებული სხვადასხვა ტესტებიდან, რომლებიც ჩატარდა სამუშაოების ფარგლებში, ამ ტესტების შედეგები უნდა შედარდეს ერთმანეთს [მაგალითად, პიეზოკონუსის

პენეტრომეტრის ტესტები (CPT) /გრუნტის ტიპი, Cu ტრიაქსიალური ტესტებიდან და ა.შ.].

გეოტექნიკური ფაქტობრივი ანგარიში სულ მცირე უნდა შეიცავდეს დამკვეთის მიერ დამტკიცებულ შემდეგი სახის ინფორმაციას (შესაბამის ფორმატში):

- გეოტექნიკური გამოკვლევის მოკლე ფაქტობრივ აღწერას, სამუშაოს მიზნის, გამოკითხვების რაოდენობებისა და სახეების, წელიწადის დროის, ამინდისა და ზღვის პირობების, ლაბორატორიული ტესტების ჩამონათვალის მითითებით;
- დადგენილი გამოსაკვლევი წერტილების დეტალურ აღწერას, მათ შორის წერტილის კოორდინატებს და ათვლის სისტემას, საკონტროლო ნიშნულების მდებარეობას და მათ აღწერას, დახურვის ფაქტობრივ შეცდომებს, სიზუსტეს და ა.შ.;
- საველე ოპერაციების დეტალურ აღწერას, მათ შორის გამოყენებული დანადგარის/ აღჭურვილობის ტიპს და მასზე დაყენებულ პარამეტრებს, ასევე ნებისმიერ პრობლემებს, რომლებსაც წააწყდება მუშა პერსონალი;
- კვლევის, საველე სამუშაოებისა და ლაბორატორიული გამოკვლევების მეთოდოლოგიას;
- გამოყენებული დანადგარების ტექნიკურ სპეციფიკაციას;
- დაკალიბრების ჩანაწერებს და დაკალიბრების გავლენას გაზომილ მონაცემებზე, დაკალიბრების პროცედურების აღწერას, მის შედეგებს და განსაკუთრებულ მიკვლევებს/პრობლემებს;
- ზოგადი გეოლოგიის, უბნის პირობებისა და გრუნტის სტრატეგრაფიის შემაჯამებელ დასკვნებს;

- კონკრეტული ადგილის დაკვირვებებს (როგორცაა ტოპოგრაფიული მახასიათებლები, დაბრკოლებები და ა.შ.) და გრუნტის ნებისმიერ უჩვეულო მდგომარეობას;
- კვლევების შესახებ ჩანაწერებს, განახლებული საველე ჟურნალების ჩათვლით (ლაბორატორიული ტესტის შედეგებისა და ყველა კორელაციების მითითებით);
- ინფორმაციას ადგილზე ჩატარებულ ყველა ტესტზე და სინჯების შერჩევის შესახებ ჩანაწერს/შედეგს, ასევე სინჯების აღწერას;
- ყველა ლაბორატორიული ტესტის ჩანაწერს, მიღებული შედეგების მითითებით და შემაჯამებელი ცხრილით;
- ყველა ფოტოსურათს;
- ადგილის გეგმას/რუკას, სადაც აღნიშნული იქნება ყველა საკვლევი წერტილი და ტერიტორია, რომელზეც ტარდებოდა კვლევითი სამუშაოები „როგორც აშენებულია“ ფორმით, მასშტაბისა და ჩრდილოეთის მიმართულების, კოორდინატებისა და დონეების ჩვენებით. გეგმა/რუკაზე მკაფიოდ უნდა იყოს მითითებული, თუ რომელი კოორდინატა სისტემა და მონაცემები იქნა გამოყენებული მისი შექმნისას.

4.1.6. ინტერპრეტაციული გეოტექნიკური კვლევის ანგარიში

გეოლოგი ვალდებულია მოამზადოს ინტერპრეტაციული გეოტექნიკური კვლევის ანგარიში გამოკვლევების დროს შეგროვილი მონაცემების ასახსნელად და ფაქტობრივი მონაცემების უბნის საინჟინრო და გეოტექნიკური ანალიზის საფუძველზე დამყარებული ლაბორატორიული ტესტირების შედეგების წარმოსაჩენად. ანგარიში

უნდა დამოწმდეს პროფესიონალი ინჟინრის მიერ და უნდა იყოს შედგენილი ეროვნული და საერთაშორისო სტანდარტების დაცვით.

ანგარიშებში წარმოდგენილი უნდა იყოს ყველა გეოტექნიკური მონაცემის ინტერპრეტაცია – ცალსახად უნდა იყოს მითითებული, რომელ ლიტერატურულ წყაროებზე დაყრდნობით იქნა შერჩეული გამოთვლებისა და კორელაციის მეთოდოლოგია, ასევე ყველა შესაბამისი ფორმულა, რომელიც იქნა გამოყენებული საინჟინრო სამუშაოებში. უნდა განიმარტოს ყველა სიმბოლო და კოორდინატები, რომელიც გამოყენებული იყო ფორმულებში, მათი ერთეულების მითითებით.

საბოლოო ანგარიში უნდა შეიცავდეს (მაგრამ არ შემოიფარგლება) შემდეგი სახის ინფორმაციას:

- ადგილის გეგმას/რუკას, სადაც აღნიშნული იქნება ყველა საკვლევი წერტილი და ტერიტორია, რომელზეც ტარდებოდა კვლევითი სამუშაოები „როგორც აშენებულია“ ფორმით, მასშტაბისა და ჩრდილოეთის მიმართულების, კოორდინატებისა და დონეების მითითებით;
- ადგილის გეოლოგიისა და გეომორფოლოგიის აღწერას;
- ადგილის ყველა წინასწარი კვლევის შედეგებს, სადაც უნდა იყოს ასახული მიმდინარე გეოტექნიკური ინტერპრეტაცია და ანალიზი. ნებისმიერი შეუსაბამობა მიმდინარე და წინასწარ გეოტექნიკურ შედეგებს შორის მკაფიოდ უნდა იყოს იდენტიფიცირებული და კონტრაქტორის მიერ წარმოდგენილი უნდა იყოს მათი აღმოფხვრის რეკომენდაციები;

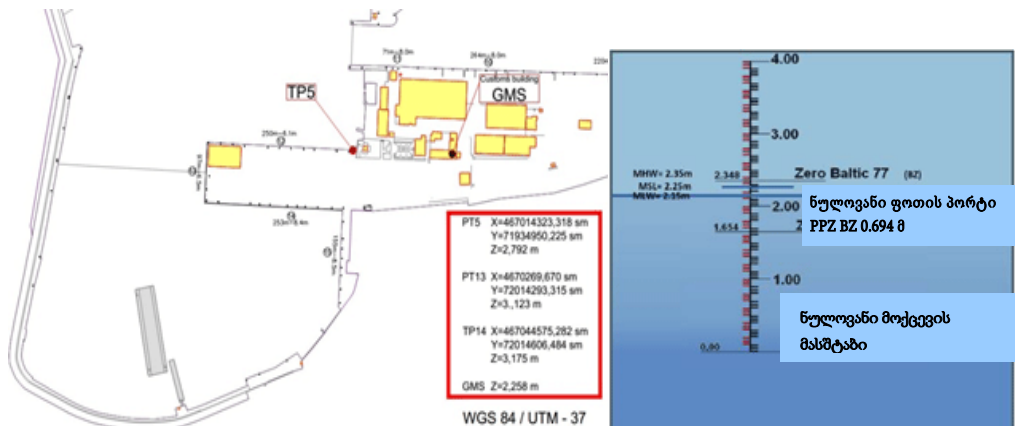
- ინფორმაციას გრუნტისა და ქანების ბუნების, მათი სტრატეფიკაციისა და ცვალებადობის შესახებ;
- ინფორმაციას ნიადაგის სიმტკიცის, დეფორმაციისა და კონსოლიდაციის მახასიათებლების შესახებ;
- გრუნტის ჭრილის პროფილებს (გეოლოგიურ ჭრილებს) მთელი საკვლევი უბნის (მათ შორის წინასწარი კვლევის ტერიტორიის) გასწვრივ;
- გრუნტისა და ქანების შრეების კლასიფიკაციასა და საანგარიშო პარამეტრების თავისებურებებს;
- როგორც წესი, უნდა განისაზღვროს შემდეგი პარამეტრები:
 - რაოდენობრივი მახასიათებლები: ტენიანობა; სითხისა და პლასტიკურობის ზღვარი; პლასტიკურობის ინდექსი; ნაწილაკების ზომის განაწილება; სიცარიელის წილი და ა.შ.;
 - სიმტკიცე: დრენირებული დაცურების წინაღობა, ϕ ხახუნის კუთხე და დრენირებული შეჭიდულობა, c' ; არადრენირებულ მდგომარეობაში დაცურების მედეგობა (C_u) და ფენებს შორის ზღვრის ხახუნის კუთხე (δ');
 - კომპრესიულობა: E_{50} , E_{oed} და E_{UR} ;
 - UB/LB სიხისტის მახასიათებლები: იუნგის მოდული E და პუასონის კოეფიციენტი;
 - UB/LB კონსოლიდაციის პარამეტრები: C_c ; $P'c$ $C's$, C_v ;
 - სტრესის მდგომარეობა: კონსოლიდაციის სიჭარბის კოეფიციენტი (OCR); წინა კონსოლიდაციის სტრესი, pc ;
 - სიმკვრივე: DR; γ ; γ_d (ფარდობითი, ნაყარი და მშრალი, მინ/მაქს).

- ინფორმაცია პოტენციური გეოსაშიშროების შესახებ, როგორცაა გათხევადება და რეკომენდაციები ამ საშიშროების შემარბილებელი ღონისძიებების შესახებ;
- გრუნტის გეოტექნიკური საპროექტო პარამეტრების დადგენა;
- მიმდებარე ტერიტორიის საინჟინრო პარამეტრების, CPT და ლაბორატორიული ტესტების მონაცემების ერთ გრაფიკზე, სიღრმეების მიხედვით განსაზღვრა (ქვედა ზღვარის, ზედა ზღვარის და საუკეთესო შეფასებების საინჟინრო პარამეტრების), რომლებიც გამოყენებული იქნება დაპროექტებისას;
- გეოტექნიკური ანალიზის ჩატარება შემოთავაზებული განვითარებისთვის, მათ შორის ზოგადი სტაბილურობის ანალიზი, დანალექი შრეების დეტალური ანალიზი (კონსოლიდაცია/გრძელვადიანი დანალექები) და ა.შ.;
- ფსკერის გასაღრმავებელი სამუშაოებისთვის აუცილებელი დანადგარები, შესაფერის მეთოდოლოგია და ტიპი, ზღვის ფსკერის არსებული პროფილის მიხედვით;
- უნდა შეიქმნას ცხრილები ძირითადი მონაცემების შემაჯამებელი ანალიზისთვის, როგორცაა ჭაბურღილის კოორდინატები, გრუნტის/კლდოვანი შრეების პარამეტრები გეოტექნიკური პროექტირებისთვის და საინჟინრო ანალიზის შედეგები. სქემებზე გამოხატული უნდა იყოს სტრატეგრაფიული მონაცემები (გეოლოგიური კვთები), წყობის სიმძლავრის მრუდები და ა.შ.

4.2. ტოპოგრაფიის მეთოდოლოგია, ხელსაწყოები და გამოყენების მაგალითები

გეორეფერენცია, რომელიც გამოიყენება, მოცემულია UTM კოორდინატებში და განეკუთვნება 1984 წლის მსოფლიო გეოდეზიური სისტემის (WGS84) 37 Nord ზონას.

ყველა კვლევა უნდა ეხებოდეს ათვლის მუდმივ ნიშნულებს TP-5, რომელიც არსებობს პორტში, და მხარდაჭერილი უნდა იყოს პორტის ადმინისტრაციის მიერ. ალტიმეტრია უნდა მიუთითებდეს, რომ პორტი განთავსებულია ნულოვან (0) დონეზე (სურ. 4.1).



წყლის რეფერენტული დონეები

სურ. 4.1. ალტიმეტრის სქემა

გამოყენებული ხელსაწყო: ორსიხშირიანი წყვილი GPS Trimble R6 (ბაზა და როვერი) აღჭურვილია რადიოთი რეალურ დროში Real Time Kinetic (RTK) გეორეფერენციის სამუშაოების შესასრულებლად.

ამ აპარატს უნდა გააჩნდეს დაკალიბრების სერტიფიკატი. მონაცემთა დამუშავება ხორციელდება Aplitop MDT 7.0 და Autocad 2017 პროგრამული უზრუნველყოფით (სურ. 4.2).



სურ. 4.2. GPS Trimble R6 გამოყენების ფრაგმენტი

ფოტოგრამეტრიული ფრენის განსახორციელებლად გამოიყენება DJI Phantom 4 Pro მოდელის დრონი (სურ. 4.3).



სურ. 4.3. DJI Phantom 4 Pro მოდელის დრონი

დრონის ძირითადი ტექნიკური მახასიათებლებია:

- ✓ სტაბილიზებული 20 მეგაპიქსელიანი კამერა 1 დუმიანი სენსორით, რომელიც იძლევა პროფესიული 4K ხარისხის ფოტო ვიდეო-გადაღების საშუალებას;
- ✓ TOF სენსორები და კამერები, რომლებიც ეხმარება პილოტს დრონი აარიდოს დაბრკოლებებს;

✓ ზომები: 43,5 სმ x 43,5 სმ x 24 სმ;

✓ კამერის მოდელი - FC6310 (8.8 მმ).

მონაცემთა დამუშავება განხორციელდა Photoscan და Autocad 2017 პროგრამული უზრუნველყოფით.

წერტილებს კოორდინატებს ანიჭებდა GPS RTK სისტემა. რადიოკორექტირების სისტემით აღჭურვილი GPS Base აპარატი, დაიდგა წერტილში, რომელიც ცნობილია TP-5 კოორდინატებით. ამ წერტილიდან GPS Rover-ის გამოყენებით მიღებულია კოორდინატები როგორც კოორდინატების ასაღებად საჭირო საყრდენი ბაზებისთვის, ასევე ფრენის მხარდასაჭერად აუცილებელი საკონტროლო წერტილებისთვისაც.

კორექტირებები ეფუძნება RTK სტანდარტს და წაკითხვით იძლევა სანტიმეტრულ სიზუსტეს 180 წამის განმავლობაში ბაზისთვის (Type Observed Control Point).

კვლევის მონაცემები აღებული უნდა იყოს იმავე სისტემით, 5-ჯერ თითო წერტილზე (Point Topo). თუ სატელიტის გეომეტრია და/ან ზღვრული ცდომილება მიუთითებს ამაზე, სატელიტების დაკვირვების დრო უნდა გაიზრდოს.

ამ მეთოდით, ფოტის პორტში იმპლანტირებული და დაკვირვებული იყო 11 ათვლის მუდმივი ნიშნული (PRM-1-დან PRM-11-მდე), ასევე აღებულია 44 საკონტროლო და 45 გამშვებ-საკონტროლო წერტილი.

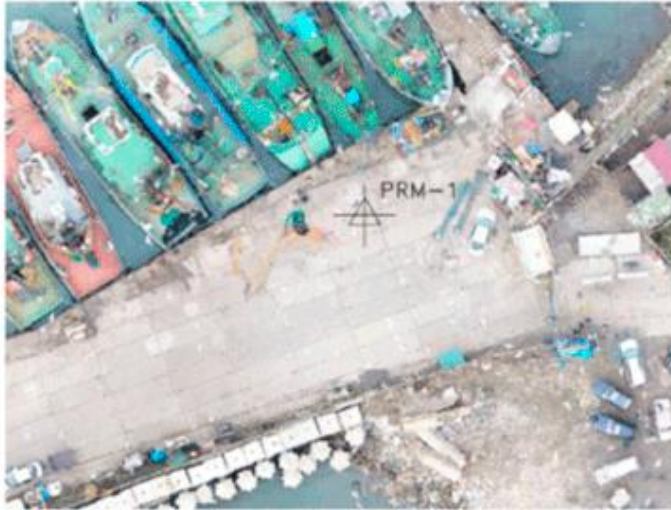
ასევე, ფოტოგრამეტრიული ფრენები განხორციელდა 2018 წ. დეკემბრის თვის 14, 15 და 16 რიცხვებში. განხორციელდა ორი ფრენა –

45 მ და 80 მ სიმაღლეზე, თუმცა საბოლოოდ დამუშავდა მხოლოდ 45 მეტრზე ფრენა, რადგან ამ სიმაღლეზე იქნა შესაძლებელი უფრო მაღალი ხარისხის გამოსახულების მიღება. სულ დრონით გადაიღეს 1108 სურათი 80% განივი და გრძივი გადაფარვით. ფრენამდე შეღებილი იქნა 11 საყრდენი ბაზა და 44 საკონტროლო წერტილი, რათა შესაძლებელი ყოფილიყო სურათებში მათი იდენტიფიცირება. სურათების დასამუშავებლად, მთელი ტერიტორია დაყოფილი იყო 4 ნაწილად, თითო დაახლოებით 600 მ, რათა გამოთვლები არ ყოფილიყო მეტისმეტად გრძელი, ხოლო ფაილები ყოფილიყო იოლად მართვადი. საბოლოოდ, სურათების დამუშავების შემდეგ მიღებული იქნა საკვლევ ტერიტორიის 4 კორექტირებული ორთოფოტო და 3D ციფრული რელიეფური მოდელი DWG ფორმატში, დამუშავების ანგარიშები, გაანგარიშების მონაცემებით და კორექტირების შედეგებით.

ტოპოგრაფია

ათვლის მუდმივი ნიშნულები

ათვლის მუდმივი ნიშნული:	PRM-1	X:	719238.297
სისტემა:	UTM WGS84 კოორდინატები	Y:	4669807,890
მეთოდი:	GPS RTK	Z	3,376
აღწერა:	ფოლადის მუდმივი ათვლის ნიშნული წარმოდგენილია მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით (სურ. 4.4).		



სურ. 4.4. ტოპოგადაღება



სურ. 4.5. ათვლის ნიშნული

ობიექტის ადგილმდებარეობა:

მუდმივი ათვლის ნიშნული: PRM-2, კოორდინატები: X-719141.526
სისტემა: UTM WGS84 Y-4669756.232
მეთოდი: GPS RTK Z- 3671
აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით.



სურ. 4.6. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.7. ათვლის ნიშნული

მუდმივი ათვლის ნიშნული: PRM-4 , კოორდინატები: X: 718934.812

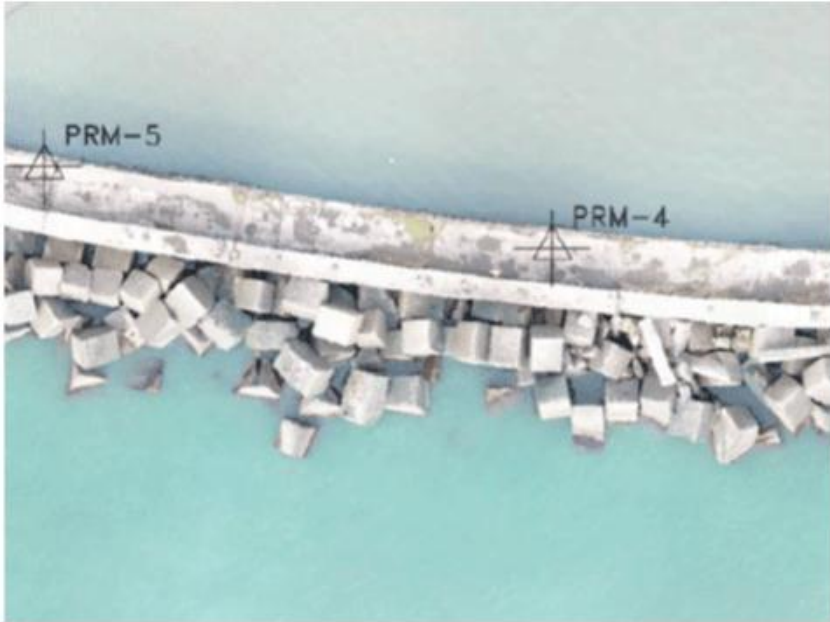
სისტემა: UTM WGS84

Y: 4669715.564

მეთოდი: GPS RTK

Z: 3414

აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით



სურ. 4.8. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.9. ნიშნულების მონიშვნა

მუდმივი ათვლის ნიშნული PRM-5 , კოორდინატები: X: 718894.650

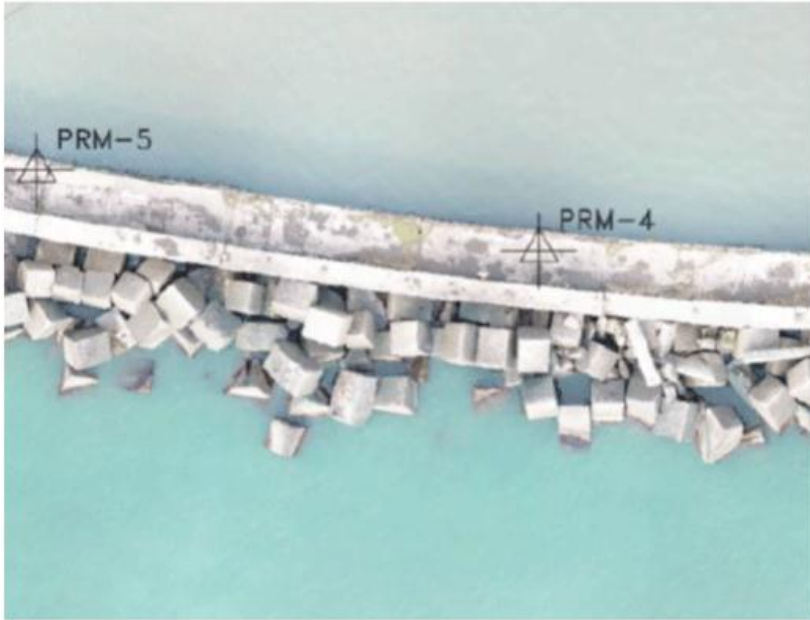
სისტემა: UTM WGS84

Y: 4669721.975

მეთოდი: GPS RTK

Z: 3607

აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით.



სურ. 4.10. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.11. ნიშნულების მონიშვნა

მუდმივი ათვლის ნიშნული: PRM-6 , კოორდინატები: X: 718738.661
სისტემა: UTM WGS84 Y: 4669792.372
მეთოდი: GPS RTK Z: 5379
აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით



სურ. 4.12. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.13. ნიშნულების მონიშვნა

მუდმივი ათვლის ნიშნული: PRM-7, კოორდინატები: X: 718758.500

სისტემა: UTM WGS84 : Y: 4669910.456

მეთოდი: GPS RTK Z: 2750

აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით



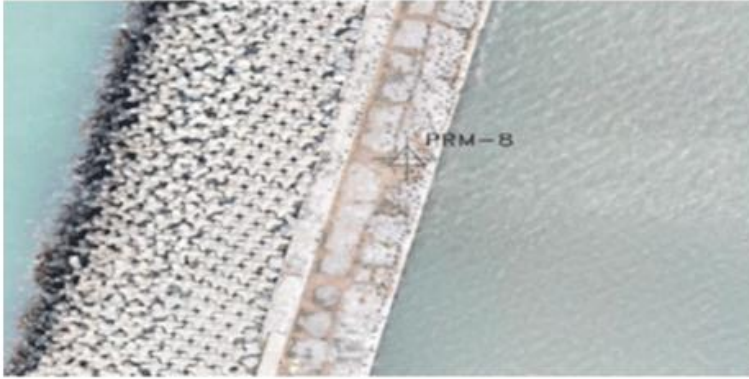
სურ. 4.14. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.15. ნიშნულების მონიშვნა

მუდმივი ათვლის ნიშანული: PRM-8, კოორდინატები: X: 718799.560
 სისტემა: UTM WGS84 Y: 4670097.237
 მეთოდი: GPS RTK Z: 3097

აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით.



სურ. 4.16. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.17. ნიშნულების მონიშვნა

მუდმივი ათვლის ნიშნული PRM-9, კოორდინატები: X: 718826.945
სისტემა: UTM WGS84 Y: 4670222.233
მეთოდი: GPS RTK Z: 3662
აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით.



სურ. 4.18. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.19. ნიშნულების მონიშვნა

მუდმივი ათვლის ნიშნული: PRM-10 , კოორდინატები: X: 718849.129

სისტემა: UTM WGS84

Y: 4670302.830

მეთოდი: GPS RTK

Z: 3913

აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ლურჯი საღებავით.

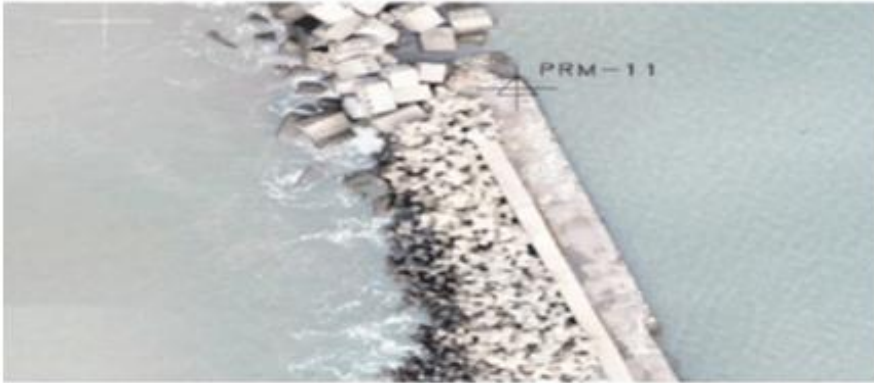


სურ. 4.20. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.21. ნიშნულების მონიშვნა

მუდმივი ათვლის ნიშნული PRM-11, კოორდინატები: X: 718770.269
სისტემა: UTM WGS84 Y: 4670498.263
მეთოდი: GPS RTK Z: 2548
აღწერა: მუდმივი სტანდარტი მონიშნულია ნარინჯისფერი საღებავით.



სურ. 4.22. ნიშნულების მონიშვნა



სურ. 4.23. ნიშნულების მონიშვნა

მუდმივი ათვლის ნიშნული TP-5, კოორდინატები : X: 719349.502
სისტემა: UTM WGS84 Y; 4670143.233
მეთოდი: GPS RTK Z: 3486 (0 ფოთი)
2792 (0 ბალტიისპირეთი)
აღწერა: ფოლადის მუდმივი სტანდარტი სამფეხით.



სურ. 4.24. ტოპოგადაღება



სურ. 4.25. ფოლადის სამფეხი

ფოთის პორტი, კოორდინატები: X: 719359.421
სისტემა: UTM WGS84 Y: 4670159.596
მეთოდი: GPS RTK Z: 3404 (0 ფოთი)
აღწერა: ხედი ზემოდან.



სურ. 4.26. ტოპოგადაღება



სურ. 4.27. გაზომვის ფრაგმენტი



სურ. 4.28. ხელსაწყო სერტიფიკატი

4.3. ბათიმეტრიული დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგია, ხელსაწყოები და გამოყენების მაგალითი

ბათიმეტრიული დიაგნოსტიკის მეთოდით გამოკვლევის სამუშაოები უნდა დაიგეგმოს შემდეგი ფაქტორების გათვალისწინებით:

პარამეტრები:

ხაზოვანი ერთეულები: მეტრებში; კუთხოვანი ერთეულები: გრადუსებში ($000^{\circ} 00.000'$).

კუთხეების მიმართულება: 0° აღმოსავლეთით და 180° დასავლეთით.

ყველა დრო: UTC+4.

DGPS სისტემის ყველა კოორდინატი მიბმულია Datum World Geodetic სისტემასთან.

1984 სისტემა (WGS-84) შემდეგი პარამეტრებით ნაჩვენებია ცხრილში 4.1.

WGS-84 პროექტის ბაზა, UTM პროექციაში, ზონა 37 ჩრდილოეთით. უნდა დადგინდეს ალტიმეტრიის სტანდარტი.

ცხრილი 4.1

WGS84 პარამეტრები

ელიფსოიდი:	მსოფლიო გეოდეზიური სისტემა, 1984 წ.
მონაცემები:	WGS-84
ნახევრადმსაჯორი:	6 378 137 მ
ღერძი:	1/298.26
ექსცენტრულობა:	0.00669438

მაგალითად, ალტიმეტრიის სტანდარტი იქნება ფოთის პორტის ნულოვანი ნიშნული.

გამოყენებული აღჭურვილობა არის ინტეგრირებული Applanix SurfMaster GNSS/INS GPS სისტემა. ეს მობილური მოწყობილობა უზრუნველყოფს Hypack2018 სანავიგაციო სისტემის ზუსტ კოორდინატებს და მულტისხივური ექოლოტის სწორ მდებარეობას. ის ასევე გვაწვდის ინფორმაციას ნებისმიერი გადახრის შესახებ პოზიციის კორექტირებისთვის.

4.3.1. მრავალსხივიანი ბათიმეტრიული კვლევა

სარეკონსტრუქციო ტერიტორიაზე უნდა ჩატარდეს დეტალური ბათიმეტრიული კვლევა. გაზომვები უნდა შეგროვდეს ელექტრონული ექოს ხმით NORBIT iWBMS (სურ. 4.29).



სურ. 4.29. კონვერტორი და აპარატი NORBIT iWBMS

ეს მოწყობილობა მუშაობს 200 kHz-დან 700 kHz-მდე გადამცემით, რომელიც ასხივებს 256 სხივს, უზრუნველყოფს დაფარვას 7-დან 210 გრადუსამდე. მაქსიმალური სამუშაო სიღრმეა 275 მ. ამ აღჭურვილობის ძირითადი მახასიათებლებია:

- დაფარვა: 7-210° (მცირე სიღრმეზე >155°);
- გარჩევადობა: <10 მმ;
- სხივების რაოდენობა: 256;
- ოპერაციული სიხშირე: 200-700KHz 80KHz გამტარობით
- სიღრმის დიაპაზონი: 0,2-275 მ;
- შერჩევის სიხშირე: 50 ჰც-მდე;
- სხივის სიგანე: 0,9° განივი, 0,9° გრძივი
- პოზიცია: ჰორიზონტალური $\pm(8\text{მმ} + 1\text{ppmX მანძილი RTK სადგურიდან})$;
- ვერტიკალური: $\pm(15\text{მმ} + 1\text{ppmX მანძილი RTK სადგურიდან})$;
- მიმართულების სიზუსტე: 0,08° (RTK) ანტენის დაშორებით 2 მ;
- ბალანსის სიზუსტე: 0,03°;
- გაჯირჯვების სიზუსტე: 5 სმ ან 5%.



სურ. 4.30. ტექნიკის მომზადება ნავზე

4.3.2. გამოყენებული პროგრამული უზრუნველყოფა

გამოყენებული პროგრამული უზრუნველყოფა:

დასახელება	აღწერა	ვერსიები
HYPACK-HYSWEEP	2018	მოპოვებულია ბათიმეტრიული მონაცემები და დამუშავებულია

4.4. გამოყენების მაგალითი

განვიხილოთ გამოყენების მაგალითი.

გამოსახულია ხაზები, რომლებიც მოიცავს მთელ საკვლევ ტერიტორიას. სულ დასრულდა 59 ტრანსექტი. საერთო სიგრძით 22,6 კმ.



ნახ. 4.1. კვლევის მარშრუტები

განხორციელდა მრავალსხივიანი სენსორისა და ზონდების დაკალიბრება-კორექტირება ნავის ბუნებრივი გადახრის გათვალისწინებით:

$TXPOS_P_X = 0$ მ $TXPOS_P_Y = 0,00$ მ $TXPOS_P_Z = 0,742$ მ;

$TXOFF_P_ROLL = 0.00^\circ$ $TXOFF_P_PITCH = 0.00^\circ$ $TXOFF_P_YAW = 0.00^\circ$

მოდრაობა;

სენსორი

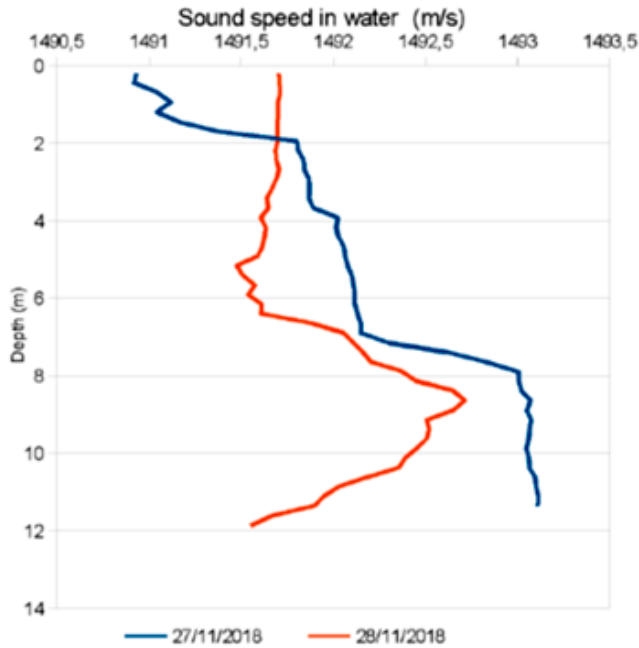
$HRPPOS_X = 0,00$ მ $HRPPOS_Y = 0$ მ $HRPPOS_Z = 0,07$ მ;

GPS ნავიგაცია

$NAVPOS_X = 0,00$ მ $NAVPOS_Y = 0$ მ $NAVPOS_Z = - 2,34$ მ.

ბათიმეტრიული მონაცემების შეგროვების დაწყებამდე განხორციელდა ხმის სიჩქარის კორექტირება ექოლოტში ოპტიმალური ბათიმეტრიული მონაცემების მისაღებად.

ეს კეთდებოდა მონაცემთა შეგროვების ყოველი კონკრეტული შემთხვევისთვის.



ნახ. 4.2. ხმის სიჩქარისა და სიღრმის მნიშვნელობების მონაცემთა გრაფიკი

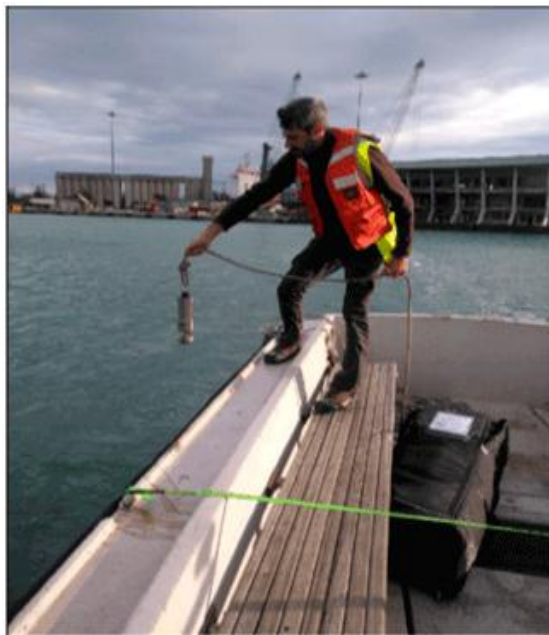
ზღვის წყლის მახასიათებლების გამო იცვლება ხმის გავრცელების სიჩქარე, იგი დამოკიდებულია ტემპერატურის, მარილიანობისა და წნევის რყევებზე. სავარაუდოდ, როდესაც ტემპერატურა იმატებს ერთი გრადუს-ცელსიუსით, ხმის სიჩქარე იზრდება 2,5 მეტრით წამში; თუ მარილიანობა გაიზრდება 1%-ით, სიჩქარე იმატებს 1,4 მეტრით წამში და მეტი; თუ წნევა მოიმატებს 10 ატმოსფეროთი, მაშინ 100 მეტრ სიღრმეზე დაშვებისას ხმის სიჩქარე წამში 1,8 მეტრით იზრდება.

ტემპერატურის ეფექტი გაცილებით მეტია, ვიდრე მარილიანობის ეფექტი და წნევა დაბალ სიღრმეზე, რადგან ის აღწევს მაქსიმალურ

მნიშვნელობებს წყლის ზედაპირთან ახლოს, მაგრამ სიღრმის მატებასთან ერთად ეს ეფექტი კარგავს მნიშვნელობას.



სურ. 4.31. მოწყობილობა ხმის სიჩქარის კორექტირებისთვის



სურ. 4.32. ხმის სიჩქარის მოწყობილობის გამოყენება

ყველა ამ ფაქტორის გათვალისწინება ხდება ექოლოტის Valeport Swift ზონდის საშუალებით, რომელიც იძლევა ობიექტურ მონაცემებს დაკალიბრებული სენსორების მონაწილეობით.

ზღვის დონის კორექტირება, მოქცევის კონტროლი

ბათიმეტრიული გაზომვების შედეგები ერთდროულად აღირიცხება ციფრული ფორმით კომპიუტერთან დაკავშირებული ზონდიდან, ხოლო სანავიგაციო პროგრამაში თითოეული ზონდის კოორდინატი აღირიცხება და ინახება ზუსტი დროს მითითებით.

ეს საშუალებას იძლევა შემდგომი მოხდეს კორექტირება მარილიანობისა და ტემპერატურის, წყლის სიღრმის მეშვეობით და მოქცევის გათვალისწინებით. ფაქტობრივი აღრიცხული სიღრმე საბოლოოდ განისაზღვრება როგორც: ფაქტობრივი სიღრმე = სონარის სიღრმე + გადამყვანის რეგულირება ± ატმოსფერული წნევის კორექცია + ინსტრუმენტული კორექტირება, რომელიც მიღებულია ხმის სიჩქარიდან ზონდი-მოქცევის კორექციით.



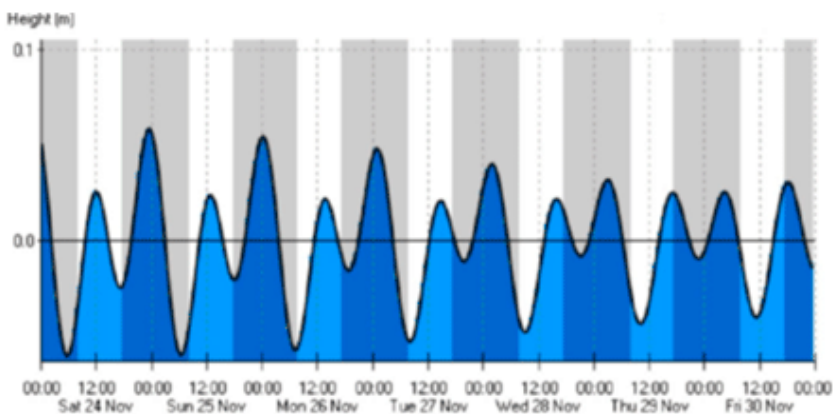
სურ. 4.33. მოქცევის მონაცემთა აღრიცხვა სპეციალური სახაზავით

მოქცევის პროგნოზისა და მონაცემთა პარამეტრები აღებულია ფოთის პორტის გრძელვადიანი დაკვირვების მონაცემებიდან.

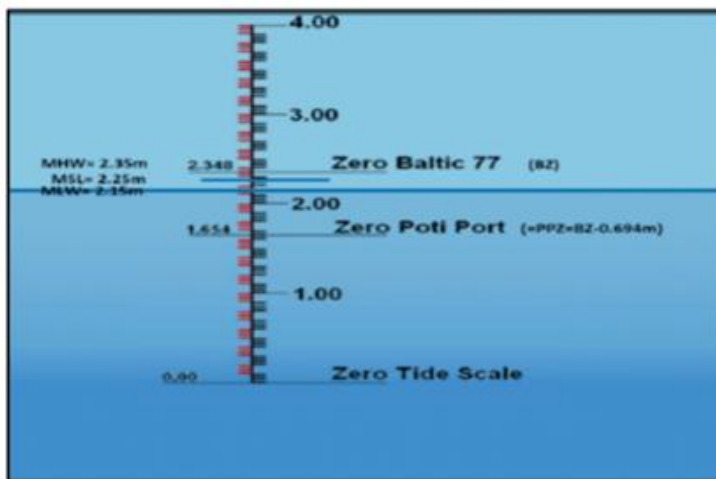
მოქცევის ჩვენებები აღებული იყო მონაცემთა შეგროვების მთელი პერიოდის განმავლობაში და ნაჩვენებია ნახ. 4.34-ზე.

ფოთის საზღვაო პორტში გამოყენებული საბაზისო დონეები:

- ნულოვანი მოქცევის სკალა: ZTS;
- ნულოვანი ბალტიის დონე (იხ. 1977 სისტემა): $BZ = ZTS + 2,348$ მ;
- ფოთის პორტის ნულოვანი დონე: $PPZ = BZ - 0,694$ მ;
- საშუალო დაბალი დონე: $MLW = BZ - 0,194$ მ ან $MLW = PPZ + 0.5$ მ.



სურ. 4.34. მოქცევის მრუდები



სურ. 4.35. საცნობარო დონეების სქემა

სამუშაო პერიოდში მოქცევის სქემა აჩვენებდა შემდეგ მნიშვნელობებს:

27-11-2018: 14:14 - 2.1,

27-11-2018: 18:27 - 2.1,

28-11-2018: 11:31 - 2.1,

28-11-2018: 10:15 - 2.1.

მაღალი და დაბალი მოქცევის მნიშვნელობები:

00:54 0,05 11/26/2018,

08:02 -0,05 11/27/2018,

14:41 0,02 11/27/2018,

19:46 -0,01 11/27/2018,

01:49 0,04 11/27/2018,

09:01 -0,05 11/28/2018,

15:51 0,02 11/28/2018,

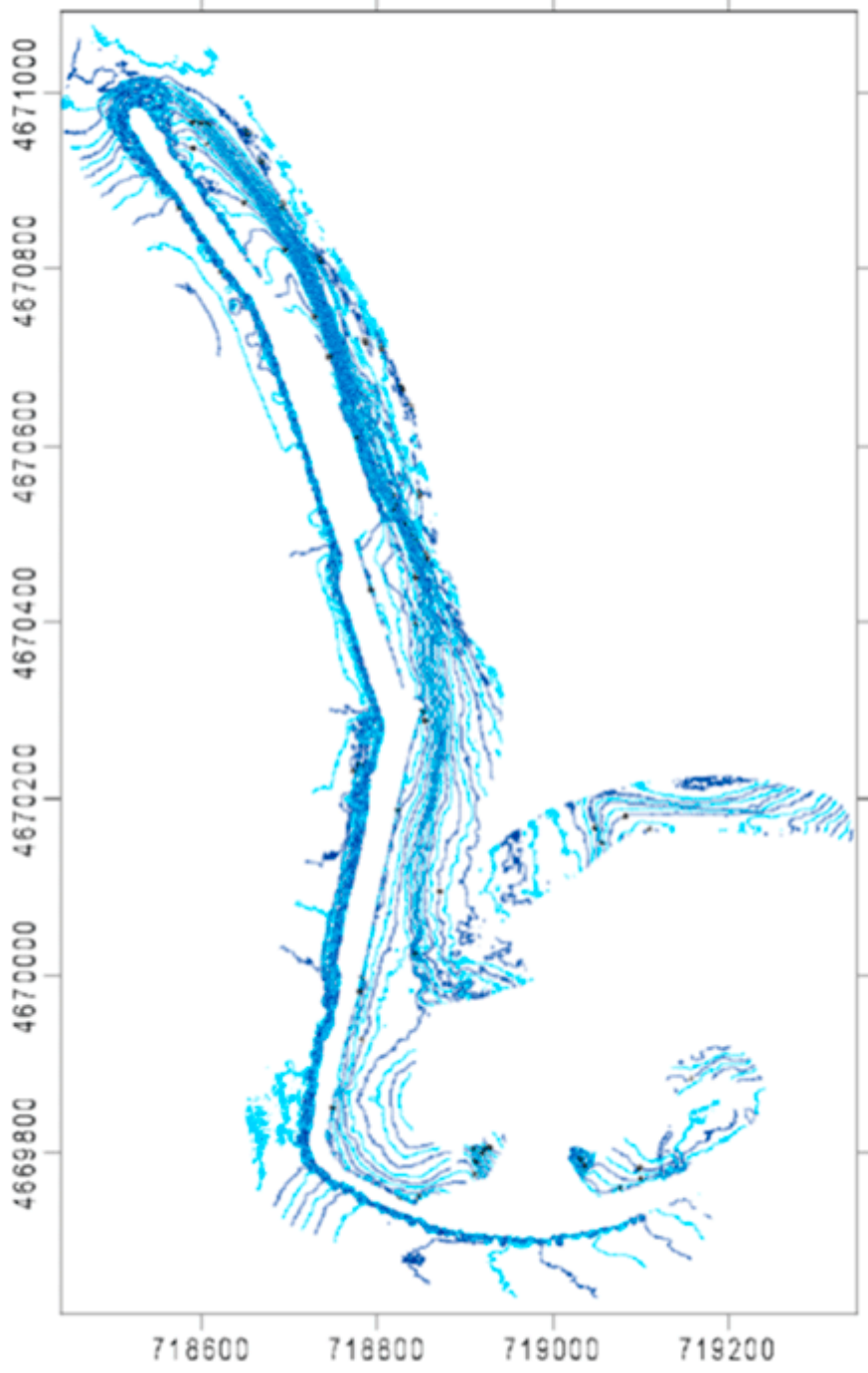
21:07 -0,01 11/28/2018.

ყველა ბათიმეტრია არის MLW. ფოთის ნულოვან (PPZ) დონის დასაწევად 0,5 მ უნდა დაემატოს სიღრმის უარყოფითი მნიშვნელობებს.

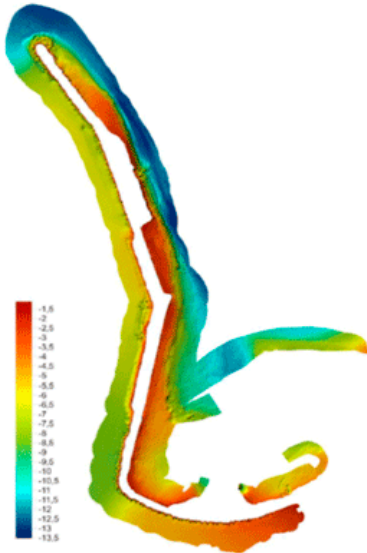
ბათიმეტრიული კვლევის შედეგები

მას შემდეგ, რაც ბათიმეტრიული მონაცემები და ჩანაწერები ინტერპრეტირებული იქნება, უნდა შეიქმნას ბათიმეტრიული რუკა, რომელიც შედგება თანაბარი მანძილით (0,5 მ.) დაშორებული კონტურული მრუდებისგან, მაგალითად, ეს რუკა ფოთის პორტისთვის წარმოდგენილია სურ. 4.36-ზე.

შემდეგი სურათი გვიჩვენებს გენერირებული ბათიმეტრიის დაჩრდილულ მოდელს (სურ. 4.37).



სურ. 4.36. ტერიტორიის ბათიმეტრია

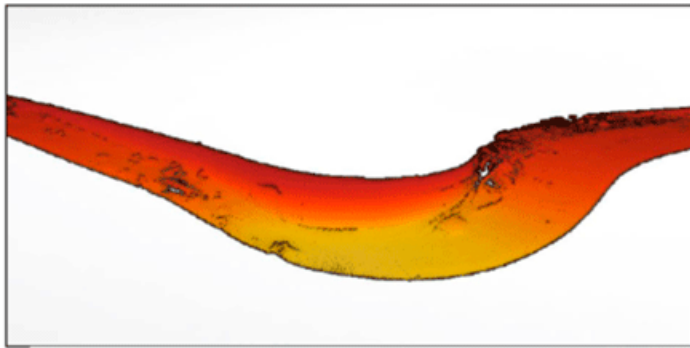


სურ. 4.37. დაჩრდილული მოდელი

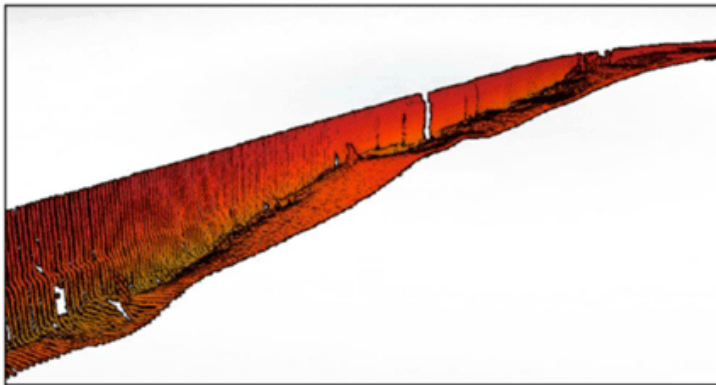
მოლოს შიდა მხარის ბათიმეტრიული გამოკვლევის მაგალითი

მას შემდეგ, რაც ყველა შესწორება გაკეთდა ბათიმეტრიულ მონაცემებში, მოლო დაიყო 17 სწორ მონაკვეთად თითოეული მონაკვეთის კოორდინატი მოცემულია ქვემოთ. ყველა ბზარისა და ნაპრალის უკეთ წარმოსაჩენად მონაცემები გადატანილია ციფრულ ფორმატში.

Point	X (WGS84-UTM 37)	Y (WGS84-UTM 37)
1	718773.52	4670493.61
2	718834.43	4670308.88
3	718847.10	4670312.32
4	718849.96	4670311.08
5	718852.31	4670308.31
6	718852.95	4670304.68
7	718843.68	4670280.84
8	718838.25	4670262.47
9	718829.09	4670224.66
10	718777.34	4669980.27
11	718748.21	4669860.41
12	718740.87	4669821.99
13	718740.87	4669813.96
14	718744.31	4669803.18
15	718749.58	4669793.77
16	718761.15	4669783.58
17	718759.73	4669781.03
18	718843.43	4669739.86



სურ. 4.38. მონაკვეთი 2-დან 9 ნიშნულამდე



სურ. 4.39. მონაკვეთი 15-დან 18 ნიშნულამდე

NORBIT
- explore more -

DATASHEET - PS-120006-16

**NORBIT - iWBMS
TURNKEY MULTIBEAM SONAR SYSTEM**
For High Resolution Bathymetry

Introducing the all-new, compact and high-resolution curved array bathymetric mapping system by NORBIT.

The all-in-one tightly integrated broadband multibeam turnkey solution offers high resolution bathymetry over a wide swath. The high-end sonar with globally leading GNSS/Inertial Navigation System (Applanix WaveMaster II) embedded into the unit ensures fast and reliable mobilization and highest quality sounding for installations in all conditions.

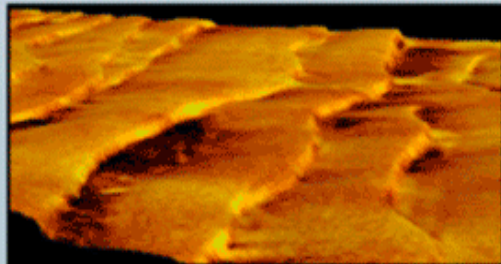
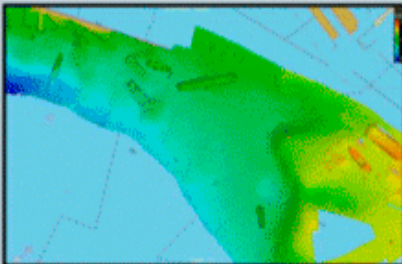
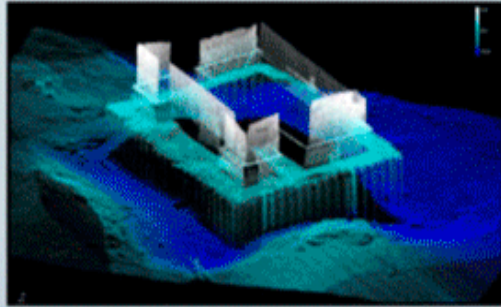
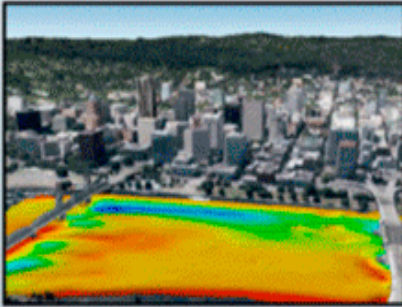
The WBMS-series are based on a flexible sonar platform that utilizes the latest in analog and digital signal processing. With broad R&D expertise NORBIT has developed, from the ground up, exciting new technology that allows existing and new applications to benefit from the advantages offered by a compact wideband curved-array multibeam sonar.

Features	Applications	Options
<ul style="list-style-type: none"> ✓ State-Of-The-Art Curved Array Multibeam Sonar Tightly Integrated with High-end GNSS-aided Inertial Navigation System (Applanix WaveMaster II) ✓ 80kHz Bandwidth ✓ Roll-stabilisation, Side-scan, Water Column, Backscatter, Snippets ✓ Simple Ethernet Interface ✓ Integrated Sound Velocity Probe ✓ Hydrodynamic Faring ✓ Mounting Bracket Included ✓ FM & CW Processing ✓ Flexible Power ✓ Exceeds IHO Special Order, CHS Excavator Order & USACE New Work 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Shallow Water Bathymetry ✓ Pipeline Surveys ✓ Pond, River and Estuary Surveys ✓ Harbor and Lake Surveys ✓ USV & UUV ✓ MCM & Littoral Combat Zone Surveys ✓ Open Ocean Coastal Surveys 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Senior Hydrographer For Support and Training ✓ Sound Velocity Profiler ✓ Laptop ✓ Turnkey Survey Solutions ✓ Permanent Hull Mount Option ✓ Pole Mount and Travel Option ✓ 200kHz Version ✓ Narrow Beam Option ✓ Top-end INS (Roll, Pitch & Heading 0.01degree) ✓ Entry level INS ✓ Acquisition, Navigation and Post Processing Software ✓ Can be Delivered with all Major Software Packages e.g. HYDRACK, QINSY, EIVA, CARIS and Others

EXPERTS in sensor equipment providing telemetry and communication solutions for harsh environments.
NORBIT develops and delivers innovative products - allowing you to explore more.
www.norbit.com

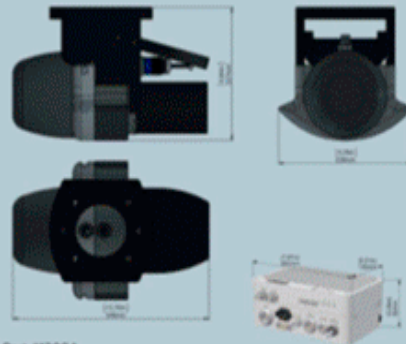
სურ. 4.40. NORBIT - iWBMS

NORBIT iWBMS Wideband Multibeam Sonar For High Resolution Bathymetry



TECHNICAL SPECIFICATION

SWATH COVERAGE	7-210° FLEXIBLE SECTOR (SHALLOW WATER BHO SPECIAL ORDER +155°)
RANGE RESOLUTION	~10mm ACOUSTIC w. 80kHz BANDWIDTH
NUMBER OF BEAMS	256-512 EA & ED
OPERATING FREQUENCY	NOMINAL FREQUENCY 400kHz (FREQUENCY AGILITY 200-700kHz)
DEPTH RANGE	0.2-275m (-300m WITH 0.9° X 0.9° OPTION)
PING RATE	UP TO 60Hz, ADAPTIVE
RESOLUTION (ACROSS X ALONG)	STANDARD: 0.9° X 1.9° @400kHz AND 0.5° X 1.0° @700kHz NARROW OPTION: 0.9° X 0.9° @400kHz AND 0.5° X 0.5° @700kHz
POSITION	HOR: ±8mm +1ppm X DISTANCE FROM RTK STATION VER: ±15mm +1ppm X DISTANCE FROM RTK STATION (ASSUMES 1m GAUSS SEPARATION)
HEADING ACCURACY	0.03° (RTK) WITH 2m ANTENNA SEPARATION
PITCH/ROLL ACCURACY	0.02° INDEPENDENT OF ANTENNA SEPARATION
HEAVE ACCURACY	5cm or 5% (2cm RTK)
WEIGHT	APPROX. 9.5kg (AIR) LESS THAN 6kg (WATER)
INTERFACE	ETHERNET
CABLE LENGTH	STD 8m, OPTIONS: 25m, PGTAIL, CUSTOM UP TO 50m
POWER CONSUMPTION	60W (75W MAX) (0-28VDC, 10-240VAC)
OPERATING TEMP.	-4°C to +40°C (TOPSIDE -20°C to +55°C)
STORAGE TEMP.	-20°C to +60°C
ENVIRONMENTAL	TOPSIDE IP67, DUST TIGHT, PROTECTED AGAINST THE EFFECT OF IMMERSION UP TO 1m/WET-END: 100m



Part #12004

NORBIT SUBSEA | STRØLESTADVEIEN 1 | N-7041 TRONDHEIM | NORWAY | PHONE +47 73 98 25 50 | sales@norbit.com
 COPYRIGHT © 2014 NORBIT. ALL RIGHTS RESERVED. WHILE EVERY EFFORT IS MADE TO ENSURE THE INFORMATION GIVEN IS ACCURATE, NORBIT DOES NOT ACCEPT LIABILITY FOR ANY ERRORS OR OMISSIONS. ALL WEIGHTS AND MEASURES ARE APPROXIMATE AND OTHER INFORMATION IN THIS DOCUMENT IS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE.



DATA SHEET

SWiFTplus Turbidity

Multi-parameter profiler

Valeport's SWiFTplus Multi-Parameter Profiler with a Turbidity sensor combines survey-grade sound speed, temperature and pressure sensor technology with Turbidity observations. The package is completed with the convenience of Bluetooth connectivity, rechargeable battery and an integral GPS module to geo-locate each profile.

- Multi-Parameter Profiler
 - CTD, Sound Speed, Salinity, Density
 - Dual Optical Backscatter (OBS) and Nephelometer Turbidity Sensor
 - Up to 52Hz sampling rate
- Bluetooth and USB connectivity
- Integral GPS receiver for geo-location of profile
- Rechargeable Lithium-ion Battery
- Dedicated PC software and iOS portable device App

Product Details



MULTI-PARAMETER CTD



SOUND SPEED



OPTICAL



CONNECT SOFTWARE



Bluetooth

USB

Rechargeable Battery

GPS

Valeport Ltd
15, Prince's Quay, Toronto
Canada, M5V 2A6, Canada, 416-593-9100

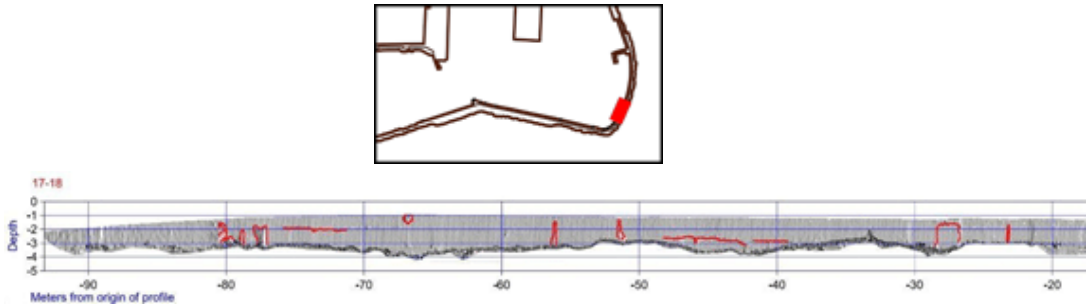
Telephone: +44 (0)1582 360070
Email: sales@valeport.co.uk
Website: www.valeport.co.uk



4.5. სონარის (აზომვები) გვერდითი სკანირება

სონარის (აზომვები) გვერდითი სკანირება არის სონოგრაფიული მეთოდი (ჩანაწერის გრაფიკული გამოსახულება), რომელიც საშუალებას გვაძლევს მივიღოთ ნავმისადგომისა და მოლოს წყალქვეშა მაღალი რეზოლუციის გამოსახულება. რაც შეეხება ნავმისადგომებს, აღნიშნული ტიპის კვლევა გვაძლევს ინფორმაციის დიდ მოცულობას

ნავმისადგომის კედლის ვერტიკალურ ბზარებზე, ნანგრევებზე, შეერთების ადგილებზე და სხვა სახის დაზიანებაზე, რაც შეუძლებელი გახდებოდა მხოლოდ ბათიმეტრიული კვლევის ჩატარებით.



გამოსახულება 4.1. SSS შედეგების მაგალითი. მონაკვეთი 17-18, კვლევის შედეგები ციფრულ ფორმატში წითლადაა მონიშნული

4.6. წყალქვეშა ROV ინსპექტირება

წყალქვეშა ინსპექტირება ფოთის პორტში ჩატარდა მოლოს ორივე მხარეზე GPO-ს მიერ მოპოვებული ახალი ტექნოლოგიების მეშვეობით. უშუალოდ ROV გვაწვდის დეტალურ ინფორმაციას/ ჩანაწერებს, როგორც ბლოკებზე, ასევე ზღვის ფსკერზე. აღნიშნული ტექნიკა წარმატებით გვაწვდის ინფორმაციას მოლოსა და ნავმისადგომის წყალქვეშა ძირითადი ნაწილის არსებული მდგომარეობის შესახებ, რათა უფრო ამომწურავი გავხადოთ ბათიმეტრიული და SSS კვლევებზე დაყრდნობით მოპოვებული წინა ინფორმაცია.

რამდენიმე ლოკაცია გამოყენებულია ROV-ის გასაშვებად, როგორც ნაჩვენებია მომდევნო სურათზე. აღნიშნულიდან გარკვეული ნაწილი განლაგებული იყო ნავმისადგომზე, ხოლო დანარჩენი – გემზე, ფოთის

ნავსადგურის საკუთრებაა. ზემოაღნიშნული გაშვების მეშვეობით მოლოს ინსპექტირება მთლიანად დასრულდა.



გამოსახულება 2. ROV სადგურები. წყარო: GPO.

აღნიშნული ინსპექტირება ჩატარდა 2018 წლის 11 და 19 დეკემბერს. ამ ინსპექტირებაზე დაყრდნობით, სონარის გვერდითი სკანირებით გადაღებული სურათებით და ვიდეო მასალით შესაძლებელი გახდა დარღვევებისა და დაზიანებების უფრო დეტალურად შესწავლა.



სურ. 4.41. Operating the ROV at station P-15. Source: GPO

ბათიმეტრიული კვლევის შედეგების ქრონოლოგიური შედარება. ტოპოგრაფიული და ბათიმეტრიული კვლევების გამოყენებით შეიქმნა ერთობლივი DTM. აღნიშნული DTM მოიცავს ხმელეთზე მდებარე და წყალქვეშა ინფრასტრუქტურას, საშუალებას გვაძლევს შევადაროთ არსებული და წინა ბათიმეტრიული კვლევები. 2018 წელს მიღებული (არსებული) ბათიმეტრიული შედარება მიღებულია საკონსულტაციო კომპანია Tacis-ის მიერ.

1999 წელს შესრულებული კვლევების შედეგად მივიღეთ მონაცემები, რამაც გამოავლინა სიმაღლის ცვალებადობა ბოლო 10 წლის განმავლობაში. ეროზიისა და ლამობის ადგილები მკაფიოდ შესამჩნევია, ისევე როგორც ყველაზე უფრო დაზიანებული ადგილები.



გამოსახულება 3. ბათიმეტრიული კვლევის შედეგების შედარება (1999-2018) თანხვედრი დაზიანებებით. წყარო: GPO

წინა კვლევების შედეგებისას ნათლად ჩანს, რომ წინანდელი შემოსასვლელი არხის დახურვის შემდეგ ჩრდილოეთიდან შემავალი დანალექი გროვდება მოლოს გარე ქვედა კიდის გასწვრივ, ორი

არეალის გამოწვევით. პირველი მოიცავს ძველი/წინანდელი შემოსავლელი არხის არეალს, სადაც ზღვის წლის გარედან შემავალი დინება ცენტრალური ხაზის გავლით ნალექისგან ასუფთავებს ნავმიადგომის შიდა სივრცეს, აღნიშნულ არეალს. მეორე წარმოადგენს ზღვის ნაწილს, რომელიც ეხება უახლოეს სანაპიროს, სადაც წყალქვეშა დინებები ანალოგიურ ზეგავლენას ახდენენ და დანალექისგან ასუფთავებენ ნავმისადგომს. პორტის შიგნით, ქვედა დაგროვილი ნალექი/გრუნტი უსაფრთხო ნავიგაციის უზრუნველსაყოფად რეგულარულად საჭიროებს ამოღებას. ამოღებული გრუნტის/დანალექის ფერდობი ასევე ჩანს წინა გამოსახულებაში.

მოლოს ყორექვის არეალში, განსაკუთრებით ზღვის მხარეს არმირებულ მონაკვეთზე ჩანს ეროზიის უზარმაზარი მაჩვენებელი, რაც გამოაშკარავდა გამაგრების/გამლიერების სამუშაოების ჩატარების შემდეგ და მოიცავს ახალ ბლოკებს 20-დან 60 ტონამდე. კერძოდ, მიუხედავად ინტენსიური სარემონტო სამუშაოებისა მოლოს ზედა ნაწილში ჯერ კიდევ არსებობს მნიშვნელოვანი დაზიანება, ძველ შესასვლელთან და განლაგების შეცვლასთან ერთად ასევე არის ძლიერი დაზიანებები არმირებული ფენის მასიური ბლოკების დანაკარგით.

ამ დოკუმენტში გამოვლენილი იქნება ყველა სახის დაზიანება. ამ მიზნით მოლო „იყოფა“ მონაკვეთებისა და არსებული წარმოდგენილი ჭრილის მიხედვით, კვლევის მიერ აღმოჩენილ დაზიანებებზე დაყრდნობით.

თავი 5. მოდელირების მეთოდოლოგია და მოდელის პარამეტრები

5.1. მოდელირების მეთოდოლოგია

5.1.1. ტალღის გავრცელების ნორმალური პირობები

ნაპირის ახლოს ტალღის პირობების მისაღებად, ოფშორული ტალღების პირობები, რომლებიც მიღებული იქნა NOAA-დან ლოკაციისთვის 42.0°N,41.25°E და გადაცემული იქნა ნაპირის ახლოს სიმულაციების გამოყენებით ტალღის გავრცელების მოდელის SWAN მიხედვით (ტალღების სიმულაცია ნაპირის ახლოს), დელფის ტექნოლოგიის უნივერსიტეტი. ნაპირის ახლოს ტალღის გავრცელების მონაცემები შედეგია დიდი რაოდენობის SWAN სიმულაციების. ნაპირის ახლოს დროითი სერიების მისაღებად განხორციელდა შემდეგი ღონისძიებები[რეფერატი შესრ. „ ROYAL HASKONONG DH“]:

- ოფშორში ქარისა და ტალღის მონაცემების ანალიზი;
- მატრიცული სასაზღვრო პირობების მიღება ტალღის მოდელის ნორმალური პირობებისთვის. მატრიცის კვანძები შეირჩა ისეთნაირად, რომ ოპტიმალურად ფარავს ოფშორში ქარსა და ტალღებს;
- SWAN მოდელირების დაყენება პროექტისთვის;
- ნაპირის ახლოს ტალღის პირობების SWAN სიმულაციები ოფშორში ტალღის და ქარის პირობების მატრიცის საფუძველზე;
- ტრანსფორმაციის მატრიცების შექმნა ტალღის ტრანსფორმაციის გაანგარიშების მატრიცის საფუძველზე სხვადასხვა ლოკაციებისთვის სანაპირო ზოლის ახლოს;

- ოფშორში ქარისა და ტალღების დროითი სერიების გადაყვანა ნაპირის ახლოს ქარისა და ტალღის დროითი ტრანსფორმაციის მატრიცების გამოყენებით და ნაპირის ახლოს ღელვის კლიმატის მიღება.

ამ პროექტისთვის განხორციელდა SWAN სიმულაციები ოფშორში ტალღისა და ქარის რიგი პირობებისთვის. მატრიცებით განსაზღვრული სასაზღვრო პირობები აღწერილია სიმაღლის, მიმართულების, პიკური პერიოდის, ქარის სიჩქარისა და ქარის მიმართულების გათვალისწინებით, როგორც ეს წარმოდგენილია ცხრილში 5.1.

ცხრილი 5.1

ოფშორული ტალღების და ქარის კლიმატის სქემატიზაცია,
ოფშორული ნაპირის ახლოს ტრანსფორმაციის
სიმულაციებისთვის

პარამეტრები	სიდიდეების დიაპაზონი								
წყლის დონე (mMSL)	0								
ტალღის სიმაღლის ნიშნული (მ)	0.1	0.5	1.5	4	7.5				
პიკური ტალღის პერიოდი(ები)	2.0	4.0	7.0	10.0	14.0				
ტალღის მიმართულება (°N)	45	90	135	180	225	255	285	315	360
ქარის სიჩქარე (მ/წმ)	0	5	10	15	20	25			
ქარის მიმართულება (°N)	45	90	135	180	225	270	315	360	

ზომის კატეგორია შერჩეულია გამოთვლების ეფექტურობის მიზნით და ტალღებზე დაკვირვების პროცენტის პროპორციულად ტალღის თითოეული პარამეტრისთვის. წყლის ერთგვაროვანი დონე

ნულოვანი, ზღვის საშუალო დონის ზემოთ გამოყენებულია ნორმალური ტალღების ყველა სიმულაციისთვის. სიმულაციების სრული რიცხვი შეადგენს 10,800 ნორმალური ტალღებისთვის.

5.1.2. ტალღის ექსტრემალური პირობები

ტალღის 41-წლიანი მონაცემები შეიძლება შერჩეული იქნას მონაცემების გამომყვან ლოკაციებზე, რომლებიც მიღებულია ტალღის ტრანსფორმაციის მოდელირებიდან, გამოყენებულია ექსტრემალური სიდიდეების ანალიზისთვის. განხორციელდა სხვადასხვა სტატისტიკური განაწილების მისადაგება [რეფერატი შესრ. „ROYAL HASKONONG DH“]. შეირჩა მონაცემთა საუკეთესო მისადაგებები. განისაზღვრა ურთიერთდამოკიდებულება ტალღის მნიშვნელოვან სიმაღლესა და ტალღის პერიოდს შორის მისი სიმაღლის ფარდობით სიგანესთან. ეს ურთიერთდამოკიდებულება გამოიყენება ტალღის პიკური პერიოდის საწარმოებლად, რომელიც დაკავშირებულია ტალღის ექსტრემალურ სიმაღლეებთან. ნაპირთან ახლოს ექსტრემალური პირობების გაანგარიშების ამ მიდგომას ეწოდება მიდგომა – 1.

ზემოაღნიშნული ანალიზის გარდა, საჭიროა ტალღის სივრცული პარამეტრები (H_{m0} , T_p , $T_{m,0-1}$, T_{m02} , Dir) ერთ წლიანი, ხუთ წლიანი, ოცდახუთ წლიანი, ორმოცდაათ წლიანი და ას წლიანი პირობებისთვის სანაპირო ზოლთან ექსტრემალური პირობების შესაფასებლად. ამ ექსტრემალური პირობების დადგენა ხორციელდება ოფშორული ექსტრემალური ტალღების ტრანსფორმაციით S-დან NNW სექტორებში ნაპირის ახლოს. გაანგარიშების ამ მიდგომას ეწოდება

მიდგომა-2. ჩვეულებრივ, ტალღის ოფშორული პირობების მოდელირება ხორციელდება ქართან დაკავშირებულ პირობებთან ერთად. ქარის სიჩქარეები ტალღის თითოეული პირობისთვის განსაზღვრულია ტალღის სიმაღლესა და ქარის სიჩქარეს შორის ფარდობით ტალღის მიმართულების განსახილველი სექტორისთვის. კორელაცია წარმოდგენილია სურათებზე 5.1 და 5.2. სურათზე 5.2 ნათლად ჩანს, რომ ტალღის სიმაღლესა და ქარის სიჩქარეს შორის ძალიან სუსტი კორელაცია და რამაც შეიძლება გამოიწვიოს S და SSW სექტორიდან ტალღის სიმაღლის არასწორი შეფასება. მეორე მხრივ, ცხრილ 5.2 და ცხრილ 5.3-ზე ნაჩვენებია ქარის კორელირებული სიჩქარე სექტორისთვის SW-დან N-მდე სრულიად შესაბამისია ქარის ექსტრემალურ სიჩქარესთან (ქარის სიჩქარე 5.3 ცხრილში მეტია, მაგრამ არ არის მნიშვნელოვანი). ქარის სიჩქარის და ტალღის სიმაღლის კორელაციები სექტორებისთვის SW-დან N-მდე ასევე კარგად ჩანს

ცხრილი 5.2

ქარის კორელირებული სიჩქარე (მ/წმ)

გამეორების პერიოდი	მიმართულებითი სექტორები								
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
1-წ	4.9	5.0	12.0	16.2	14.1	9.2	8.5	7.1	7.8
5-წ	6.1	6.2	16.6	19.5	17.6	11.7	12.3	10.1	10.5
10-წ	6.6	6.7	18.7	20.8	19.4	13.0	14.2	11.5	11.6
25-წ	7.2	7.2	21.8	22.3	22.1	14.9	16.5	13.6	13.0
50-წ	7.6	7.6	24.4	23.4	24.4	16.6	18.4	15.2	14.1
100-წ	7.9	7.9	27.0	24.3	27.0	18.6	20.3	16.8	15.0

სურათზე 5.1-ზე. ზემოაღნიშნული ანალიზის საფუძველზე, 5.3 ცხრილში წარმოდგენილი ქარის ოფშორული ექსტრემალური პირობები გამოყენებულია ოფშორული ექსტრემალური ტალღების ნაპირის ახლოს ტალღებად ტრანსფორმაციის სიმულაციებში.

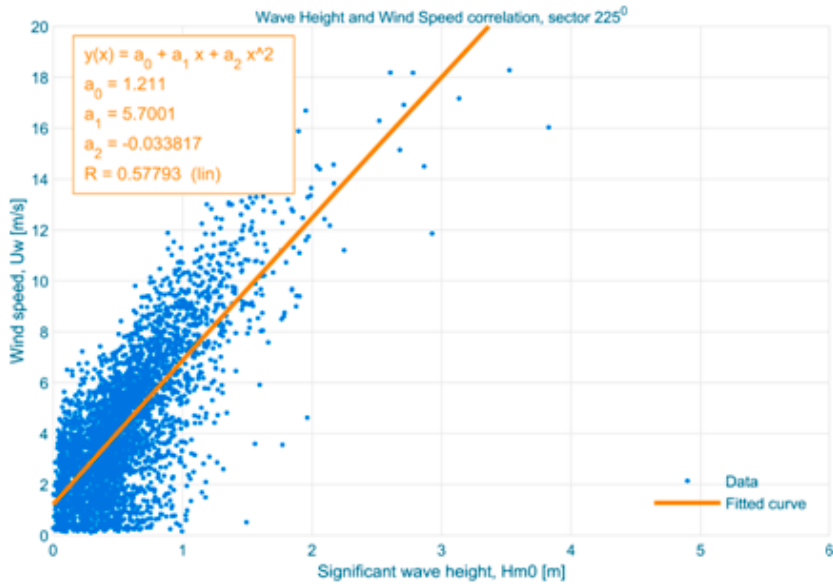
ცხრილი 5.3

ქარის ექსტრემალური სიჩქარე (მ/წმ)

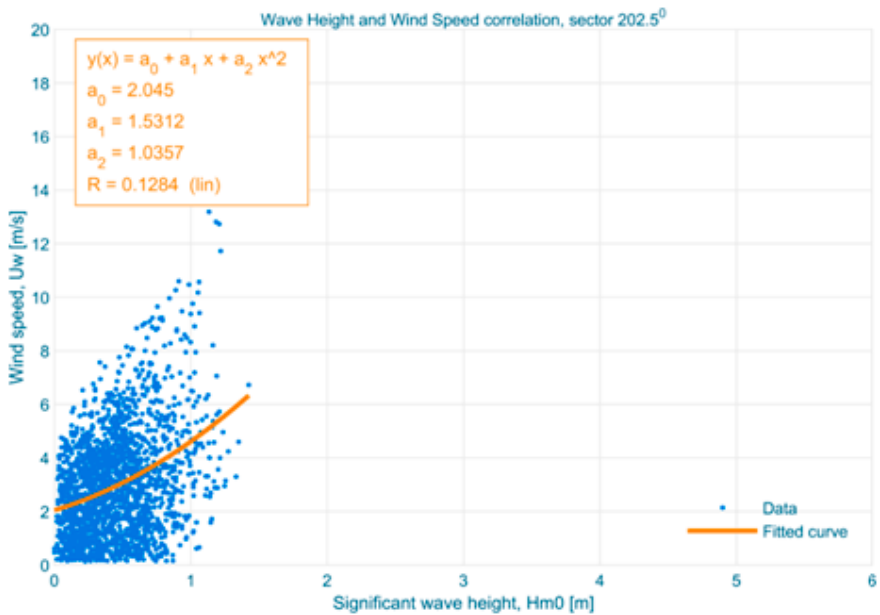
გამეორების პერიოდი	მიმართულებითი სექტორები								
	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N
1-წ	7.4	11.6	16.2	17.8	15.4	13.6	9.1	6.9	6.0
5-წ	10.1	15.3	19.9	20.6	18.8	16.8	13.5	9.9	8.9
10-წ	11.4	16.9	21.6	21.7	20.3	17.8	15.8	11.3	10.6
25-წ	13.3	19.1	24.2	23.0	22.3	18.8	19.3	13.3	13.5
50-წ	14.8	20.8	26.2	23.9	23.8	19.4	22.4	14.9	16.3
100-წ	16.4	22.6	28.4	24.7	25.3	20.0	25.9	16.7	19.9

წყლის ერთგვაროვანი დონე MSL = 0.0 მ გამოყენებულია ექსტრემალურ ოფშორულ სანაპიროს სიმულაციებად. მოსალოდნელია, რომ წყლის დონეს ექნება შეზღუდული ზეგავლენა სანაპიროს პირობებზე მოქცევის მცირე დიაპაზონის გამო (0.13 მ). კვლევის ამ ეტაპზე წყლის გამოყენებული დონე არის წყლის ასტრონომიული დონე, ანუ გამორიცხულია წყლის დონის ნებისმიერი პოტენციური ცვლილება, მაგალითად, ქარის მოდენის ან სეზონური ზემოქმედების გამო.

მიდგომა 1-ით და მიდგომა 2-ით მიღებული ტალღის სიმაღლე შედარებული და წარმოდგენილია 5.3 პარაგრაფში.



ნახ. 5.1. კორელაციის მაგალითი ტალღის სიმაღლეს და ქარის სიჩქარეს შორის ტალღის მიმართულების სექტორში SW



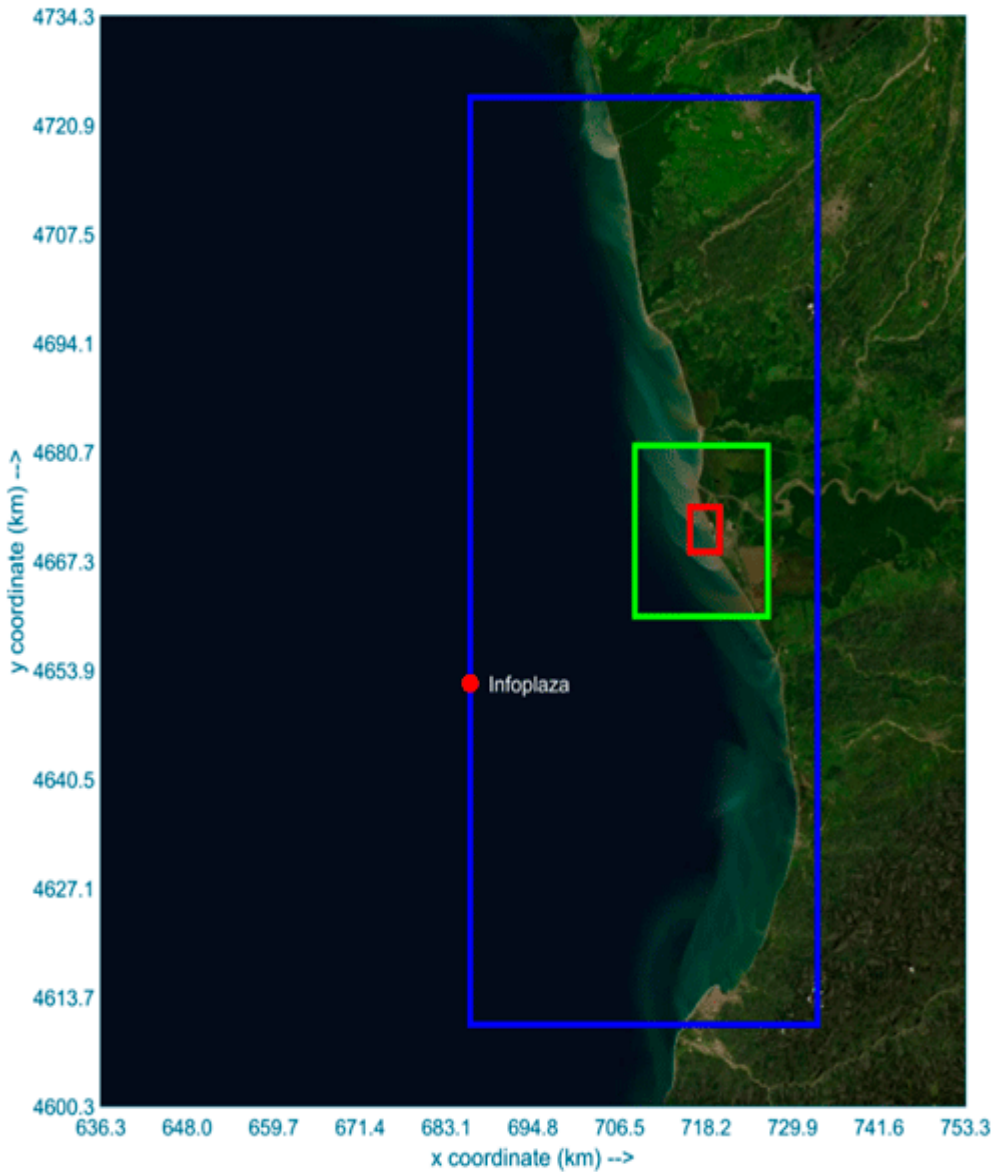
ნახ. 5.2. კორელაციის მაგალითი ტალღის სიმაღლესა და ქარის სიჩქარეს შორის ტალღის მიმართულების სექტორში SSW

5.2. მოდელირების მომზადება

5.2.1. საანგარიშო ბადეები

SWAN-ის მართკუთხა მოდელი გამოყენებულია ოფშორული ტალღების ტრანსფორმაციისთვის ნაპირის ახლო ზონაში [რეფერატი მესრ. „ ROYAL HASKONONG DH“], რომლის მიხედვითაც მოდელის საზღვარი ვრცელდება საკმაოდ შორს ინფოპლაზა ბადის მონაცემთა ერთეულიდან. აგებულია მოდელის სამი დომენი: L (დიდი), M (საშუალო) და D (დეტალური). მოდელის დომენები ურთიერთდაკავშირებულია SWAN-ის სტანდარტული ბადის ფორმირების ტექნიკის გამოყენებით. ბადეები შემუშავებულია UTM37N სისტემაში. SWAN-ის საშუალებით სიმულირებული ტალღა, დამოკიდებულია ბადის ზომაზე. გაანგარიშების დრო იზრდება ბადის უჯრედების ზომის შემცირებასთან ერთად, ვინაიდან გაანგარიშების დრო იზრდება ბადის უჯრედების რაოდენობასთან ერთად. ბადის ოპტიმალური დიზაინი არის კომპრომისი, რომელშიც ყველა სათანადო პროცესი არის რაოდენობრივად ზუსტად სიმულირებული მაშინ, როდესაც გაანგარიშების დრო მისაღებად რჩება. რამდენიმე ბადე გარჩევადობის დიაპაზონით მარტივიდან უფრო დეტალურამდე იქნა განხილული. ბადის გარჩევადობის სენსიტიურობის ტესტირებისთვის დეტალური სტატისტიკა იხილეთ დანართში A. სენსიტიურობის ტესტების შედეგები უჩვენებს, რომ ბადე მახასიათებლებით (წარმოდგენილი ნახაზზე 5.3 და ცხრილში 5.4) საიმედოა და შერჩეულია პროდუქტიული გაშვებისთვის. ბადის უჯრედის ზომის 20 მ გარჩევადობა

პროექტის არეალში (ბადის დონე D) მიჩნეულია საკმარისად ღრმა კანიონის ბატიმეტრიის აღწერილობისთვის ფოტოს პორტის წინ.



ნახ. 5.3. ბადის სამი შერჩეული დონეების მიმოხილვა (L დონე–
ლურჯი, M დონე – მწვანე და D დონე – წითელი)

საანგარიშო ბადეების მახასიათებლები

ბადის დასახელება			დიდი	საშუალო	დეტალური
ბადის კოდი		-	L	M	D
საანგარიშო ბადის წარმოქმნის x-კოორდინატი	xpc	მ	686347.50	708618.62	716095.94
საანგარიშო ბადის წარმოქმნის y-კოორდინატი	ypc	მ	4610253.85	4660445.50	4668377.41
ბადის ორიენტაცია	alpc	გრადა. N	0	0	0
უჯრედების რაოდენობა x-მიმართულებით	mx	-	94	180	200
უჯრედების რაოდენობა y-მიმართულებით	my	-	228	210	270
უჯრედების ზომა x-მიმართულებით	x	მ	500	100	20
უჯრედების ზომა y-მიმართულებით	y	მ	500	100	20
საანგარიშო ბადის სიგრძე x-მიმართულებით	xlenc	მ	47000	18000	4000
საანგარიშო ბადის სიგრძე y-მიმართულებით	ylenc	მ	114000	21000	5500

5.2.2. მოდელის პარამეტრები

მეჩხერი წყლის ყველა სათანადო პროცესი სანაპირო ზონებისთვის არის გათვალისწინებული: არაწრფივი ტალღა-ტალღასთან ურთიერთქმედება (კვადრუპლეტები და ტრიადები), ფსკერთან ხახუნი, ქარის ზრდა, ტალღის სიღრმით განპირობებული მსხვრევა და თეთრი თხემები. SWAN-ის შემდეგი პარამეტრები უფრო დეტალურად შეგიძლიათ იხილოთ SWAN-ის სახელმძღვანელოში (<http://swanmodel.sourceforge.net>).

მოდელირების ფიზიკური პარამეტრები

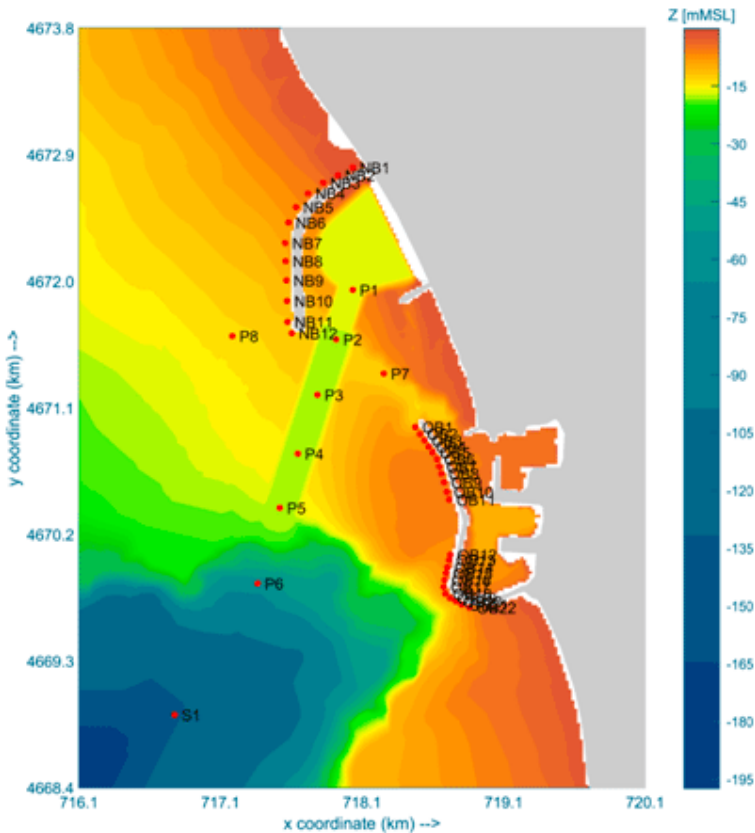
პროცესი	SWAN კოდი
ქარის ზრდა	GEN3 WESTH
ტალღის მსხვევა	მსხვევა 1.0 0.73
ფსკერის ხახუნი (ზღვის და ტალღის ზვირთისთვის)	ხახუნი JONSWAP CFJON = 0.038
ტალღის თხემები	აქტივირებული
კვადრუპლებები	აქტივირებული
ტრიადები	აქტივირებული

სივრცული ბადეების გარდა, მოსარგებლემ უნდა განსაზღვროს სპექტრალური ბადე. ამ კვლევაში მიმართულებითი გარჩევადობა დაყენებულია 10° -იანი მთელი ტალღებისთვის, რაც შესაბამისად იქნა მიჩნეული ამ კვლევისთვის. სენსიტიურობის ტესტები სპექტრული მიმართულების ზეგავლენის შესაფასებლად ტალღის მოდელირების შედეგებზე წარმოდგენილია დანართში A.

უნდა აღინიშნოს, რომ SWAN გაანგარიშებები არ ითვალისწინებს ტალღის დიფრაქციის ეფექტს ან მის არეკვლას ტალღის გავრცელების დროს. ეს პროცესები პოტენციურად რელევანტურია ციცაბო ფსკერის დონის გრადიენტებისთვის კანიონში. ცალკე კვლევაში (BH3897-RHD-02-WA-RP-Z-0002) რაოდენობრივად იქნება განსაზღვრული ამ პროცესების ზემოქმედება ტალღის გავრცელებაზე ზვირთმჭრელებისა და პორტის შესასვლელის მიმართულებით დამატებითი რაოდენობრივი მოდელირებისთვის.

5.3. მოდელირების შედეგები – ნაპირის ახლოს ტალღის პირობები

ტალღის ნორმალური პირობებისთვის, ღელვის კლიმატი ლოკაციისათვის P1-P8 გამოყენებული იქნება ტალღის მოქმედი პირობების დასადგენად შესასვლელ არხთან. ნაპირის ახლოს ლოკაცია S1-ზე მიღებული მონაცემები გამოყენებულია მოდელირების კვლევის აღმზნები ტალღის შემავალი მონაცემებისთვის. გამომავალი წერტილების კოორდინატები და აღნიშვნა ტალღის ნორმალური პირობებისთვის წარმოდგენილია ცხრილში 5.6 და ნახაზზე 5.4.



ნახ. 5.4. განაცემის მოცემული წერტილების აღნიშვნა

ცხრილი 5.6

განაცემების შერჩეული ლოკაციების კოორდინატები ღელვის მოქმედი კლიმატის მისაღებად

x UTM 37N [მ]	y UTM 37N [მ]	Lon [გრად.]	Lat [გრად.]	დასახელება
716771.3	4668894	41.62321	42.14219	S1
718030.7	4671916	41.63956	42.16903	P1
717912.9	4671564	41.63801	42.16589	P2
717781.1	4671171	41.63627	42.16239	P3
717642.5	4670751	41.63443	42.15866	P4
717358	4669828	41.63065	42.15043	P6
717515	4670366	41.63275	42.15523	P5
718250.3	4671322	41.642	42.16362	P7
717179.6	4671588	41.62915	42.16631	P8

ცხრილი 5.7

შერჩეული განაცემის ლოკაციების კოორდინატები ნაპირის ახლოს ექსტრემალური ტალღის მისაღებად ახალი ზვირთმჭრელისთვის-მოლოსთვის

x UTM 37N [მ]	y UTM 37N [მ]	Lon [გრად.]	Lat [გრად.]	დასახელება
718030.8	4672786	41.63989	42.17686	NB1
717925.3	4672731	41.63859	42.17639	NB2
717821.1	4672677	41.63731	42.17593	NB3
717714.4	4672603	41.636	42.17529	NB4
717629.8	4672504	41.63494	42.17443	NB5
717576.4	4672395	41.63425	42.17346	NB6
717552.7	4672249	41.63391	42.17215	NB7
717555.7	4672120	41.6339	42.17099	NB8
717561.7	4671984	41.63392	42.16976	NB9
717566.1	4671837	41.63392	42.16844	NB10
717568.8	4671688	41.63389	42.16711	NB11
717599.4	4671608	41.63423	42.16637	NB12

ტალღის ექსტრემალური პირობები სიმულირებული იქნა წინასწარი ექსტრემალური პირობების უზრუნველსაყოფად ნაპირის ახლოს ზვირთმჭრელის დიზაინის მხარდასაჭერად. შედეგები მიღებულია ლოკაციებისთვის NB1-NB12 (ახალი ზვირთმჭრელისთვის) და OB1-

OB22 (ძველი ზვირთმჭრელისთვის). გამომავალი კოორდინატების დეტალები და ლოკაციები (იხილეთ ცხრილი 5.7 და ცხრილი 5.8).

ცხრილი 5.8.

შერჩეული განაცემის ლოკაციების კოორდინატები ნაპირის ახლოს ექსტრემალური ტალღის მისაღებად ძველი ზვირთმჭრელისთვის

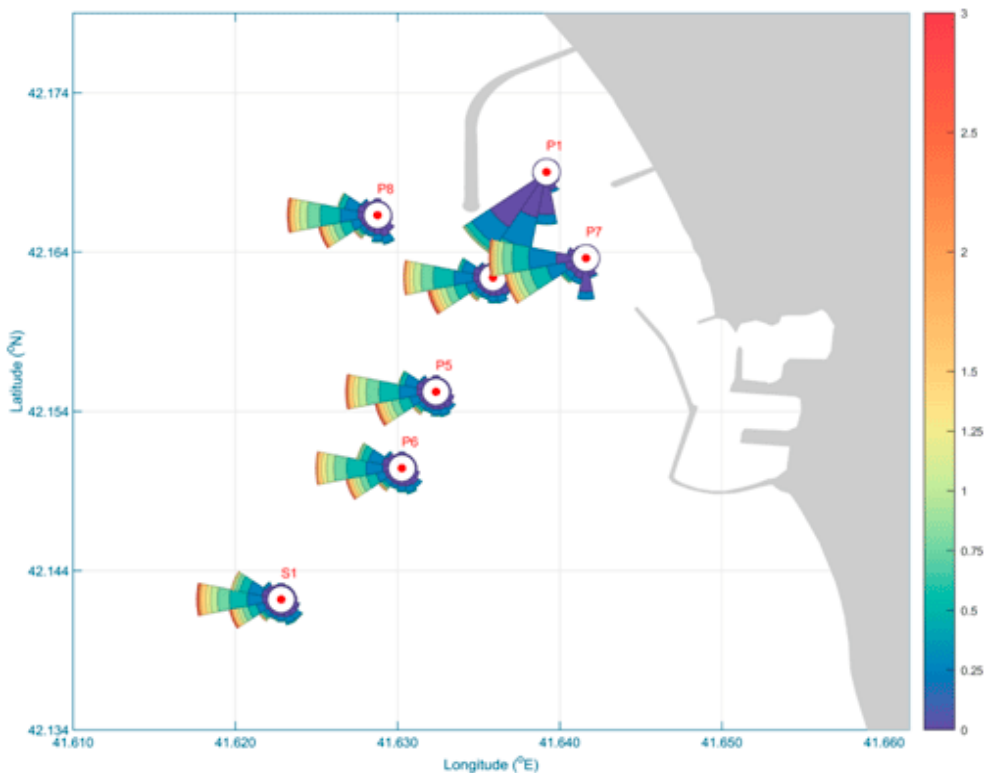
x UTM 37N [მ]	y UTM 37N [მ]	Lon [გრად.]	Lat [გრად.]	დასახელება
718472.3	4670940	41.64454	42.16012	OB1
718504.7	4670892	41.64491	42.15968	OB2
718536.7	4670846	41.64528	42.15925	OB3
718566.6	4670801	41.64563	42.15885	OB4
718594.4	4670760	41.64595	42.15847	OB5
718624.9	4670714	41.6463	42.15804	OB6
718640.8	4670661	41.64647	42.15757	OB7
718655.8	4670609	41.64663	42.1571	OB8
718674.2	4670548	41.64683	42.15654	OB9
718694.4	4670479	41.64705	42.15591	OB10
718711.2	4670425	41.64723	42.15542	OB11
718719.9	4670033	41.64719	42.15189	OB12
718710.7	4669996	41.64707	42.15156	OB13
718698.8	4669944	41.6469	42.1511	OB14
718688.9	4669901	41.64677	42.15071	OB15
718678.4	4669854	41.64662	42.15029	OB16
718672.9	4669804	41.64654	42.14984	OB17
718684.8	4669757	41.64666	42.14941	OB18
718718.4	4669725	41.64706	42.14912	OB19
718758.3	4669702	41.64753	42.1489	OB20
718800.5	4669679	41.64803	42.14869	OB21
718855.7	4669659	41.64869	42.14849	OB22

5.4. ღელვის კლიმატი სანაპიროზე

5.4.1. ზოგადი

ამ ნაწილში წარმოდგენილია ნაპირის ახლოს ღელვის სრული პირობების ანალიზი [რეფერატი შესრ. „ ROYAL HASKONONG DH“]. ნახაზ 5.5-ზე მოცემულია ტალღის სიმაღლის ვარდულები 8 განაცემის

ლოკაციაზე პერიოდისთვის 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე. ანგარიშების მიზნებისთვის, წარმოდგენილი და განხილულია ნაპირის ახლოს ღელვის სრული მონაცემები, რომლებიც წარმოებულია ლოკაციისთვის P5. ნაპირის ახლოს სრული ღელვის, ზღვის ტალღების და ადიდებული ტალღების სრული სტატისტიკური ანალიზი (ლოკაციისთვის P1-დან P8-მდე) და S1 წარმოდგენილია დანართებში E (ვარდულები) და F (გაფანტვის ცხრილები).

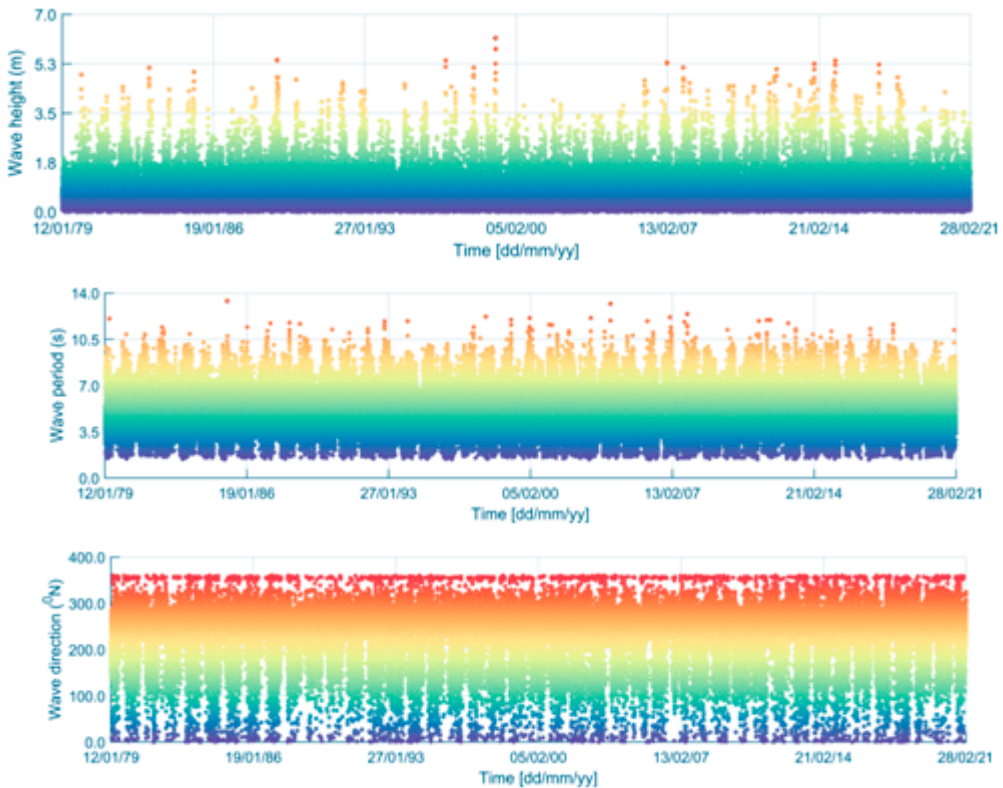


ნახ. 5.5. ტალღის სიმაღლის ვარდულების მიმოხილვა 8 განაცემის ლოკაციაზე პერიოდისთვის 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე

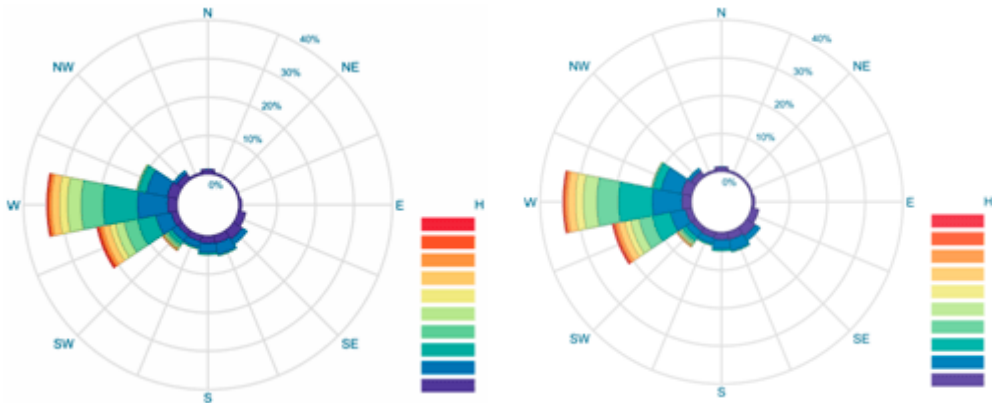
5.4.2. ღელვის კლიმატი ლოკაციაზე P5

ამ ნაწილში წარმოდგენილი სრული ღელვის ანალიზი ლოკაციაზე P5. ანალიზი დაფუძნებულია 41 წლის გრძელვადიან რეტროსპექტიულ მონაცემებზე, რომლებიც მიღებულია ტალღის ტრანსფორმაციის

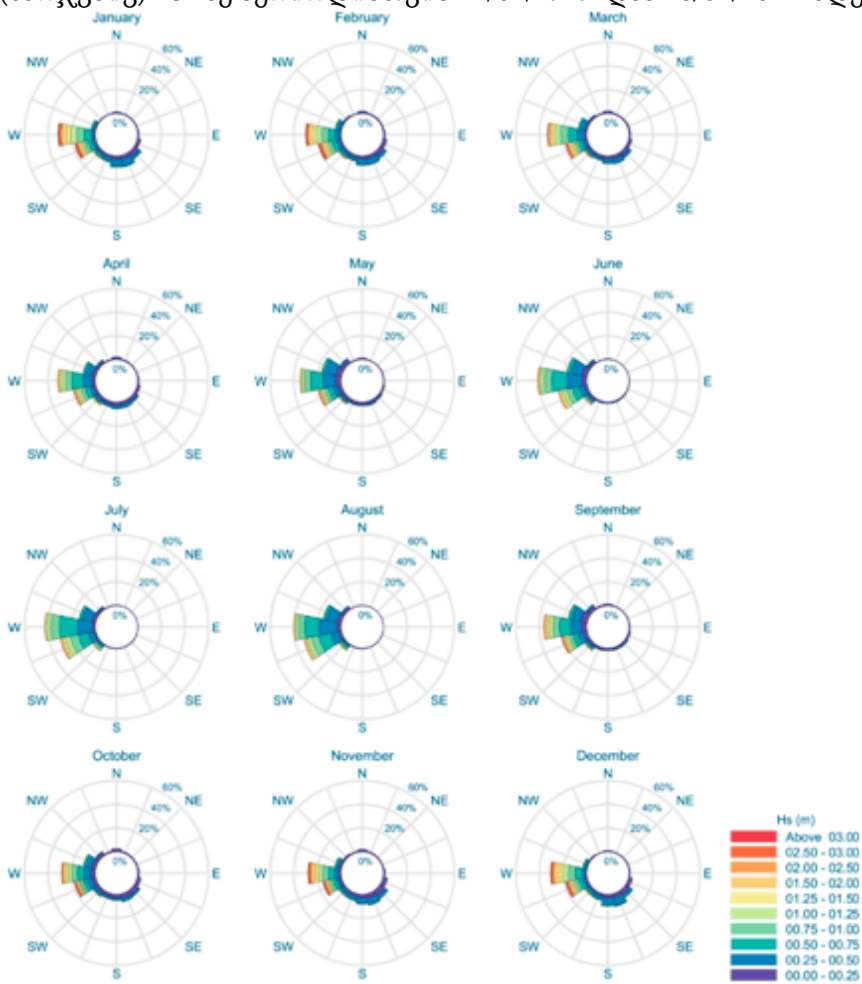
მოდელირებით (თავი 4). ნაპირის ახლო მონაცემთა მასივი შედგება ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლისგან, პიკური ტალღის პერიოდისგან და ტალღის მიმართულებისგან. ტალღის ამ პარამეტრების დროითი სერიები პერიოდში 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე მოცემულია ნახაზზე 5.6. დიაგრამაზე ნაჩვენებია, რომ ზოგადად ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლე არ აღემატება 6.5 მ-ს, პიკური ტალღების პერიოდის კი, ჩვეულებრივ, ნაკლებია 14 წმ-ზე. ტალღის დაკავშირებული ვარდულები წარმოდგენილია 5.7, 5.8 და 5.9 ნახაზებზე. ყველა წლიური მონაცემებისთვის ტალღის დომინანტური მიმართულებებია W (30.4%), WSW (18.3%), SSE (10.9%) და S (10.1%).



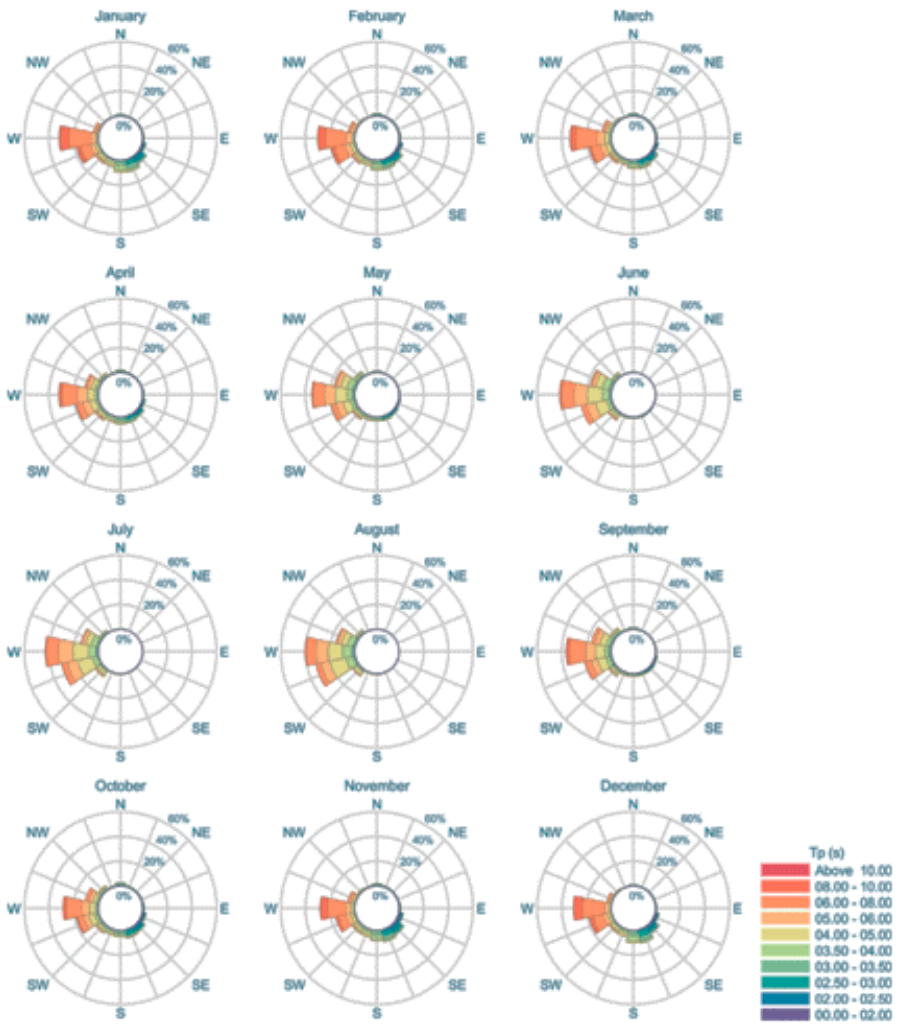
ნახ. 5.6. ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის დროითი სერიები (ზემოთ), ტალღის პიკური პერიოდი (შუაში) და მიმართულება (ქვემოთ) P5-ზე პერიოდისთვის 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე.



ნახ. 5.7. ვარდულების ტალღის სიმაღლე (მარცხნივ) და ტალღის პერიოდი (მარჯვნივ) P5-ზე პერიოდისთვის 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე



ნახ. 5.8. ტალღის თვიური ვარდულების სიმაღლე P5-ზე პერიოდისთვის 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე

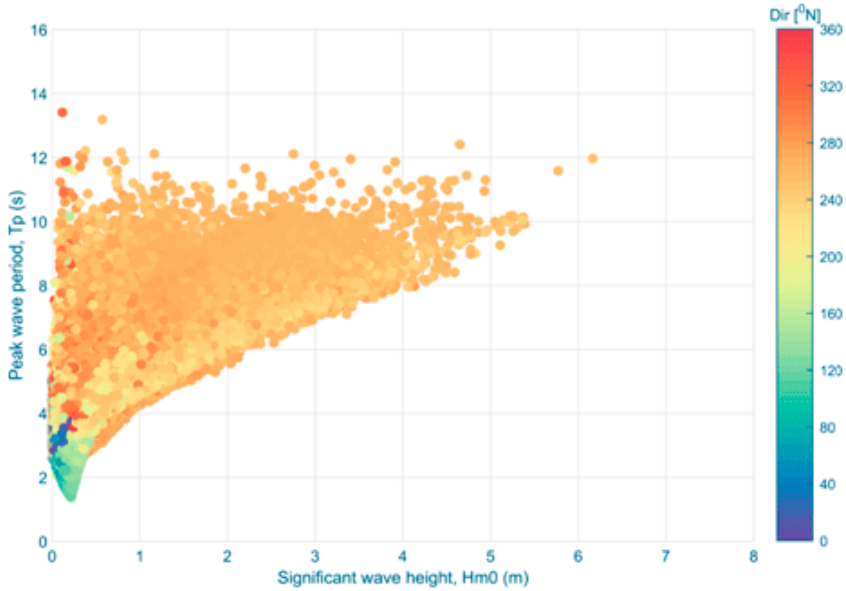


ნახ. 5.9. ტალღის თვიური პერიოდის ვარდულები P5-ზე პერიოდისთვის 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე

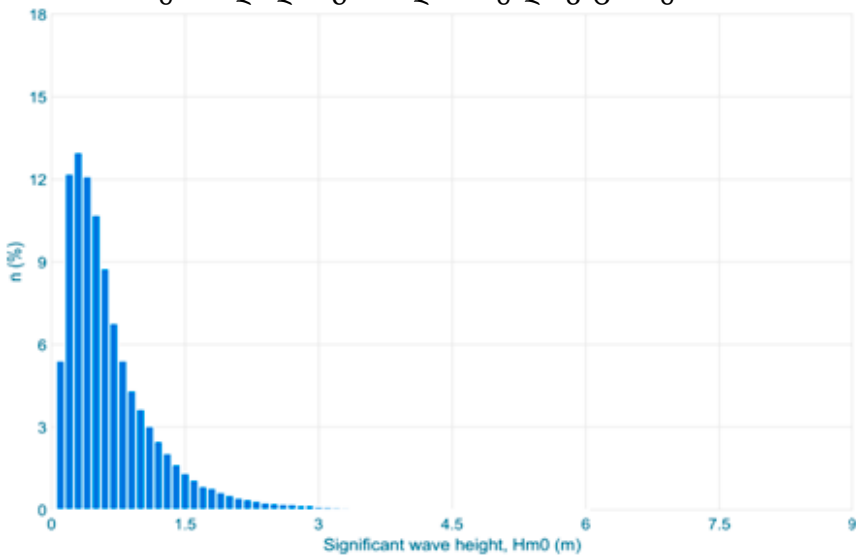
ნახაზზე 5.10 ნაჩვენებია ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის გაფანტვის დიაგრამა პიკური ტალღის პერიოდიდან გამომდინარე ლოკაციაზე P5 ტალღის სრული დროითი სერიების საფუძველზე 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე.

ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის და პიკური ტალღის პერიოდის ჰისტოგრამა 41-წლის მონაცემებისთვის (12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე) ტალღის მონაცემები P5-ის საფუძველზე წარმოდგენილია

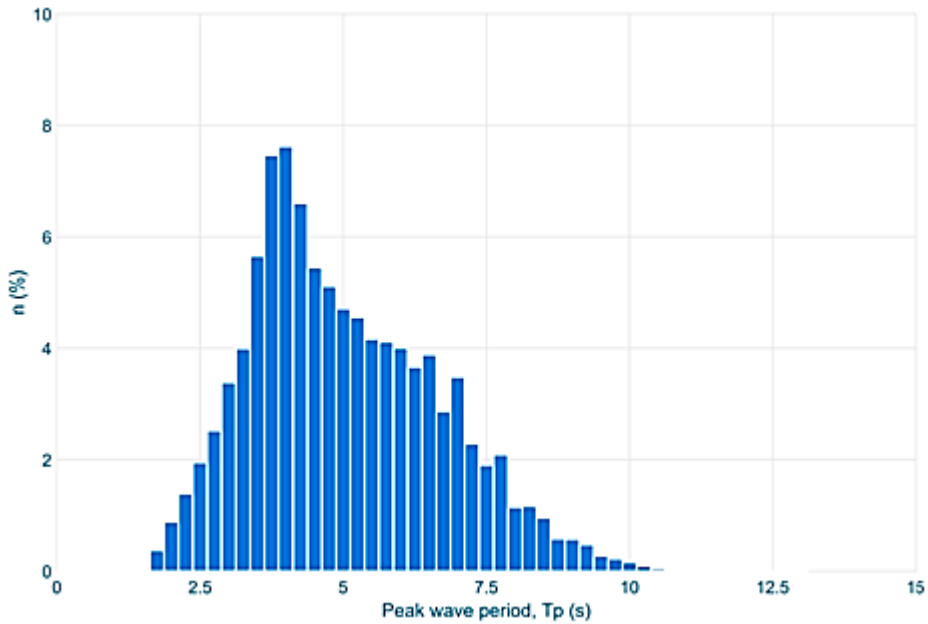
ნახაზებზე 5.11 და 5.12. ამ ფიგურებზე n არის წარმოქმნების სრული რაოდენობების პროცენტი ინტერვალებით 0.25 მ (ტალღის სიმაღლისთვის) და 0.25 s (ტალღის პერიოდისთვის).



ნახ. 5.10. ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლეები ტალღის პიკური პერიოდიდან გამომდინარე ლოკაციაზე P5



ნახ. 5.11. ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის ჰისტოგრამა ტალღის მონაცემების საფუძველზე P5-ზე პერიოდისთვის 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე



ნახ. 5.12. პიკური ტალღის პერიოდის ჰისტოგრამა ტალღის მონაცემების საფუძველზე P5-ზე პერიოდისთვის 12/01/1979-დან 28/02/2021-მდე

ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის წარმოქმნის შესაძლებლობა ტალღის მიმართულებაზე დამოკიდებულებით წარმოდგენილია 5.9 ცხრილში. ცხრილში რაოდენობრივად ნაჩვენებია ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლეები, რომლებიც, ძირითადად, წარმოიქმნება 0.25 – 0.5 (29.3%), 0.0 – 0.25 (24.2%), 0.5 – 0.75 (18.4%) და 0.75 – 1.0 (10.6%) შორის. ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის გადაჭარბების (%) შესაძლებლობა ტალღის მოცემული მიმართულებით და მოცემული თვისთვის წარმოდგენილია 5.10 და 5.11 ცხრილებში. ტალღის მონაცემების სრული სტატისტიკური ანალიზი P5-ზე იხილეთ დანართებში D (ვარდული) და E (გაფანტვის ცხრილები).

ცხრილი 5.9

ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის წარმოქმნის სიხშირე
მიმართულებით P5, ყველა მონაცემი (12/01/1979 to
28/02/2021)

მიმართულებითი სექტორი	ტალღის სიმაღლის ინტერვალი (მ)									
	0.00- 0.25	0.25- 0.50	0.50- 0.75	0.75- 1.00	1.00- 1.25	1.25- 1.50	1.50- 2.00	2.00- 2.50	2.50- 3.00	Above 3.00
N	1.18	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NNE	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NE	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ENE	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESE	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SE	2.67	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SSE	2.09	3.01	0.36	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	1.93	2.46	0.55	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SSW	1.58	1.64	0.43	0.06	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
SW	1.35	1.92	1.10	0.70	0.54	0.27	0.20	0.13	0.04	0.03
WSW	1.69	4.09	4.90	3.56	2.34	1.52	1.73	0.79	0.44	0.39
W	2.43	7.85	8.92	5.74	3.59	2.13	1.95	0.71	0.35	0.27
WNW	2.75	5.52	2.04	0.44	0.11	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00
NW	1.69	0.95	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NNW	0.47	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ყველა მიმართულება	24.17	29.25	18.39	10.56	6.60	3.96	3.90	1.64	0.83	0.69

ცხრილი 5.10

ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის გადაჭარბების შესაძლებლობა
 ტალღის მოცემული მიმართულებით P5-ზე, ყველა მონაცემი
 (12/01/1979 to 28/02/2021)

მიმართულებითი სექტორი	ტალღის სიმაღლე (მ)									
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00
N	1.32	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NNE	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NE	0.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ENE	0.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
E	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ESE	2.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SE	4.27	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SSE	5.46	3.38	0.37	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S	4.98	3.05	0.59	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
SSW	3.74	2.16	0.52	0.09	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
SW	6.30	4.94	3.02	1.92	1.22	0.68	0.41	0.20	0.07	0.03
WSW	21.44	19.76	15.67	10.77	7.21	4.87	3.35	1.62	0.83	0.39
W	33.93	31.50	23.65	14.73	8.99	5.40	3.27	1.32	0.61	0.27
WNW	10.91	8.17	2.65	0.61	0.17	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00
NW	2.72	1.04	0.09	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
NNW	0.54	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ყველა მიმართულება	100.00	75.83	46.57	28.19	17.62	11.02	7.06	3.16	1.52	0.69

ცხრილი 5.11

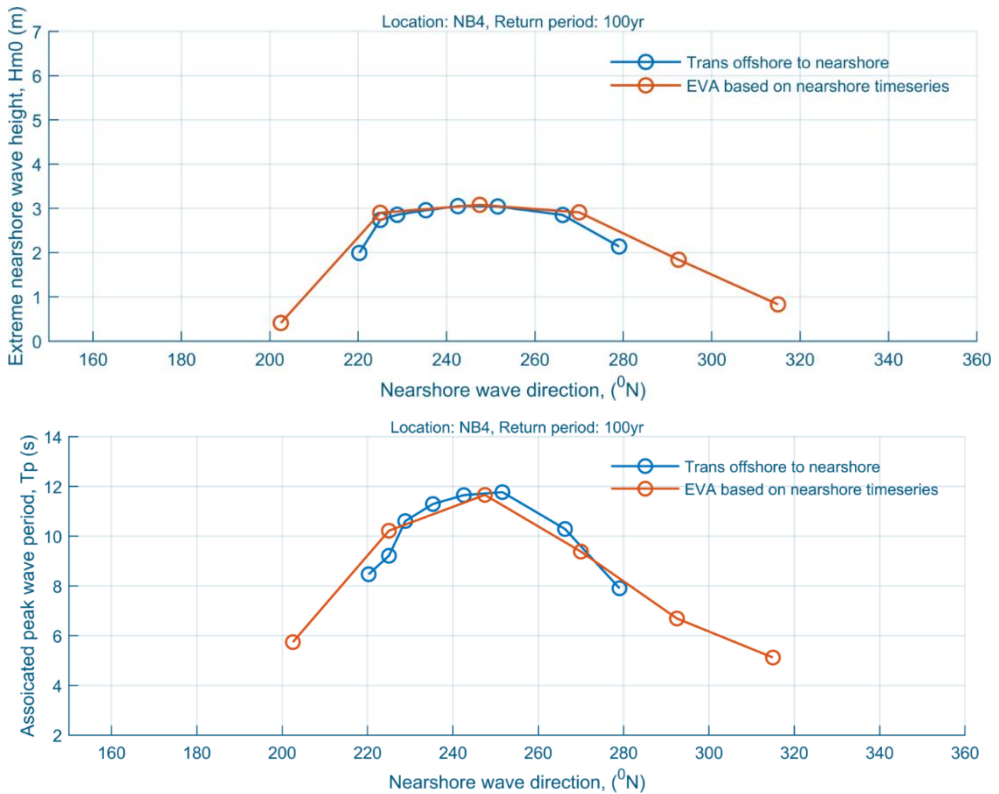
ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის გადაჭარბების შესაძლებლობა მოცემული თვისთვის P5-ზე, ყველა მონაცემი (12/01/1979 - 28/02/2021)

	ტალღის სიმაღლე (მ)									
	0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	2.00	2.50	3.00
მთელი წლის განმავლობაში	100.00	75.83	46.57	28.19	17.62	11.02	7.06	3.16	1.52	0.69
იანვარი	100.00	78.56	51.46	36.10	25.29	17.53	12.29	6.16	3.37	1.77
თებერვალი	100.00	76.26	48.56	33.46	23.92	16.32	11.14	5.55	2.94	1.45
მარტი	100.00	74.86	46.19	30.34	20.23	13.78	9.25	3.97	1.70	0.62
აპრილი	100.00	70.64	41.65	24.22	14.51	8.24	4.75	1.65	0.55	0.24
მაისი	100.00	70.33	38.58	19.86	10.77	5.65	3.06	1.07	0.40	0.12
ივნისი	100.00	82.30	50.25	27.56	14.95	7.37	3.52	0.97	0.19	0.02
ივლისი	100.00	88.82	59.79	31.65	15.77	7.26	3.19	0.80	0.34	0.09
აგვისტო	100.00	86.26	52.09	25.13	11.85	5.21	2.25	0.44	0.12	0.02
სექტემბერი	100.00	71.33	43.08	25.05	15.71	9.60	6.02	2.39	0.81	0.31
ოქტომბერი	100.00	62.96	36.21	22.94	14.97	10.29	7.05	3.42	1.63	0.68
ნოემბერი	100.00	69.45	41.21	27.92	19.87	14.58	10.54	5.61	3.08	1.54
დეკემბერი	100.00	77.80	49.54	33.98	23.75	16.52	11.74	5.91	3.12	1.45

5.5. ექსტრემალური პირობები PPZ +0.78მ-თვის ნაპირის ახლოს

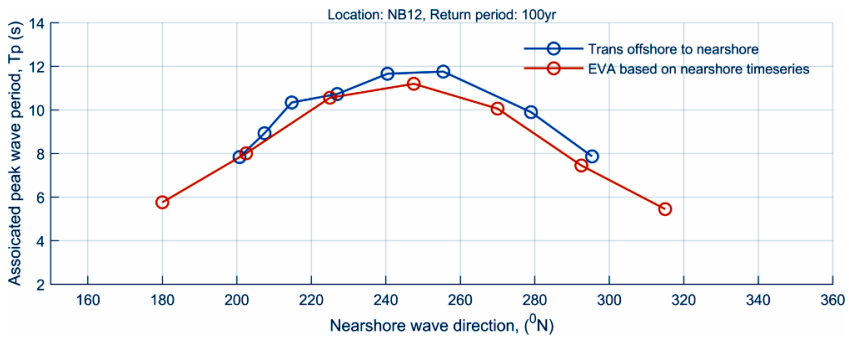
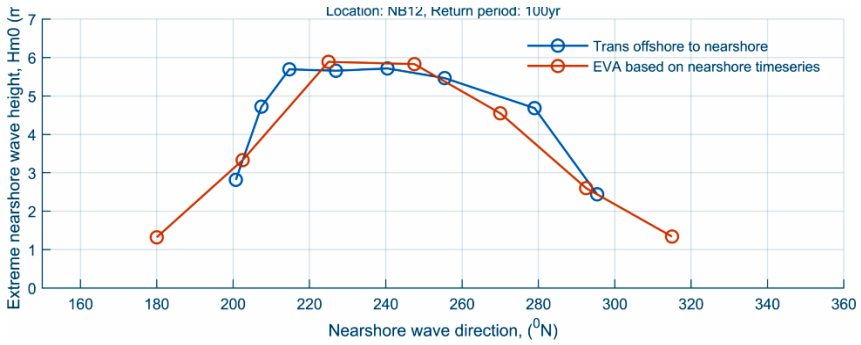
ამ ნაწილში წარმოდგენილი და განხილულია ორი მიდგომის შედარება სანაპიროზე ექსტრემალური ტალღის გამოსაანგარიშებლად. მიდგომა 1 გამოყენებულია სანაპიროზე ტალღის პირობების დასადგენად მისი დროითი სერიების ექსტრემალური მნიშვნელობის ანალიზის საფუძველზე. მიდგომა 2-ით შეფასებულია სანაპიროს ნაპირის ახლოს ექსტრემალური პირობები ოფშორული ტალღის პირობების ტრანსფორმაციით სანაპირო ზოლის პირობებად.

ორივე მიდგომა 1 და 2 უზრუნველყოფს სრულიად თავსებად შედეგებს ექსტრემალური ტალღის სიმაღლეების (100 წლიდან 1 გამეორების პერიოდი) და ტალღის პერიოდების თვალსაზრისით, როგორც ეს წარმოდგენილია ნახაზებზე 5.13-დან 5.17 ჩათვლით რამდენიმე განაცემის ლოკაციისთვის (NB4, NB12, OB8 და OB20) ახალი და ძველი ზვირთმჭრელების გასწვრივ.

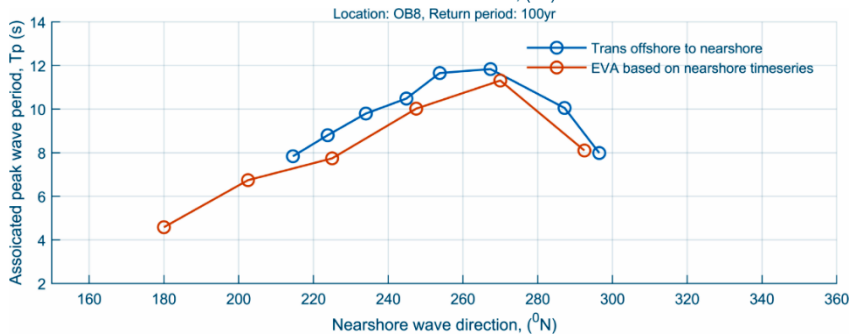
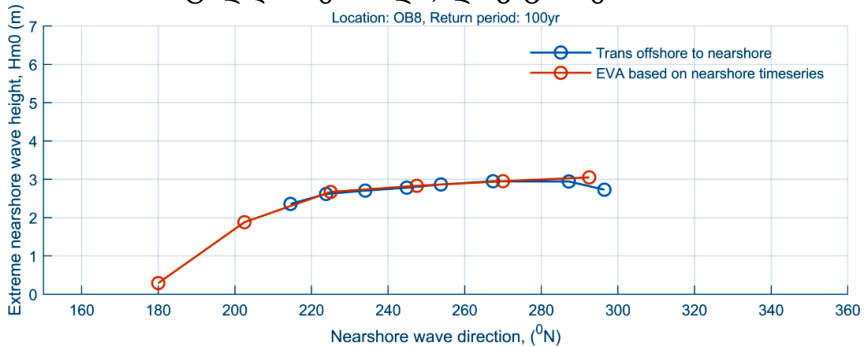


ნახ. 5.13. ორივე მიდგომის შედარება (ტალღის სიმაღლე და პიკური ტალღის პერიოდი) ლოკაციაზე NB4

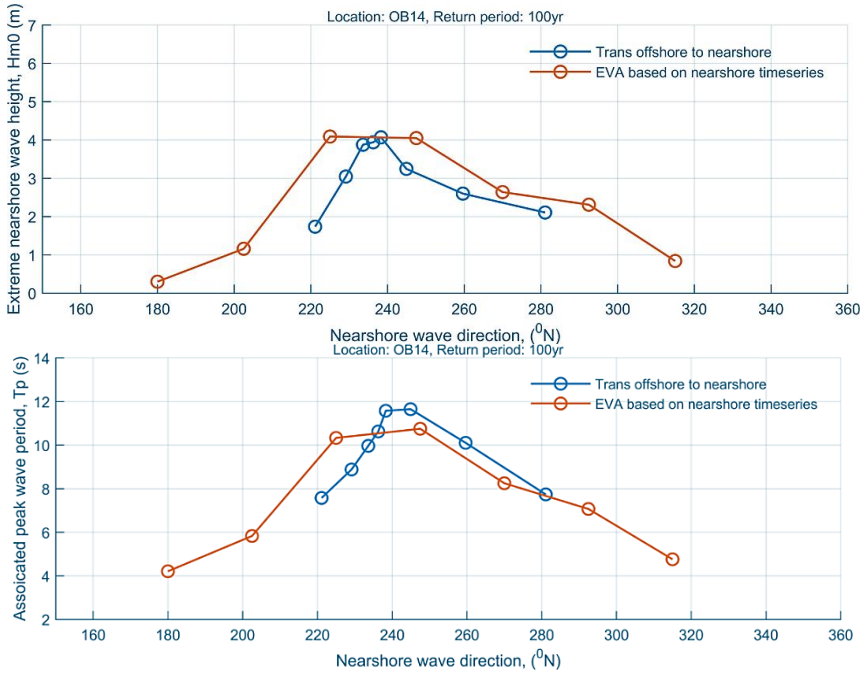
წყლის მსგავსი დონეების შემთხვევებისთვის მოდელირების დროს შესაძლებელია ორი მიდგომის შედარება [რეფერატი შესრ. „ROYAL HASKONONG DH“]. მიდგომა 2-ის მიჩნეულია დასაბუთებულად და ზუსტად. გამოყენებულია ექსტრემალური ტალღებისთვის PPZ +1.3 მ.



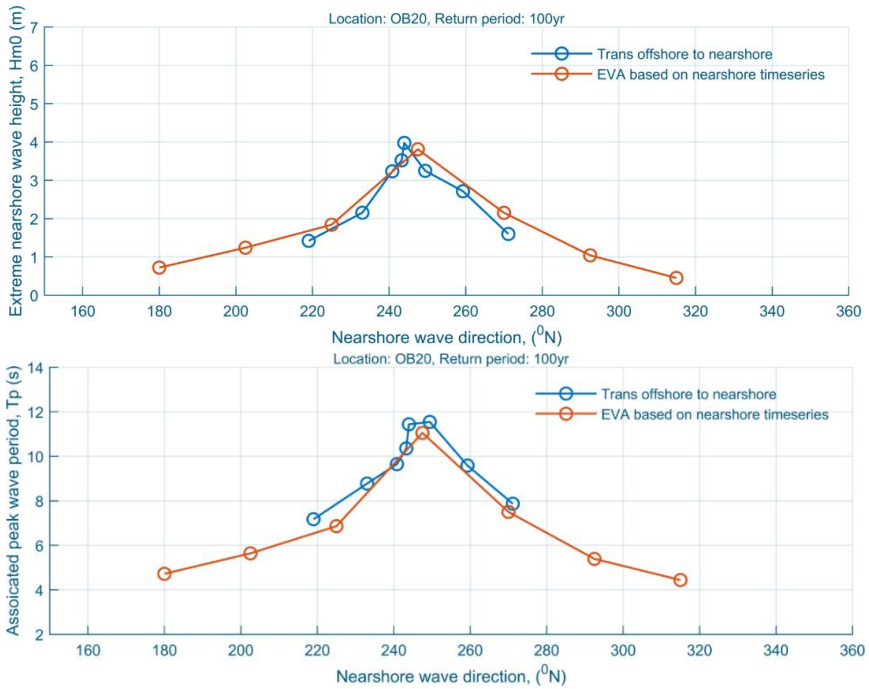
ნახ. 5.14. ორივე მიდგომის შედარება (ტალლის სიმაღლე და პიკური ტალლის პერიოდი) ლოკაციაზე NB12



ნახ. 5.15. ორივე მიდგომის შედარება (ტალლის სიმაღლე და პიკური ტალლის პერიოდი) ლოკაციაზე OB8



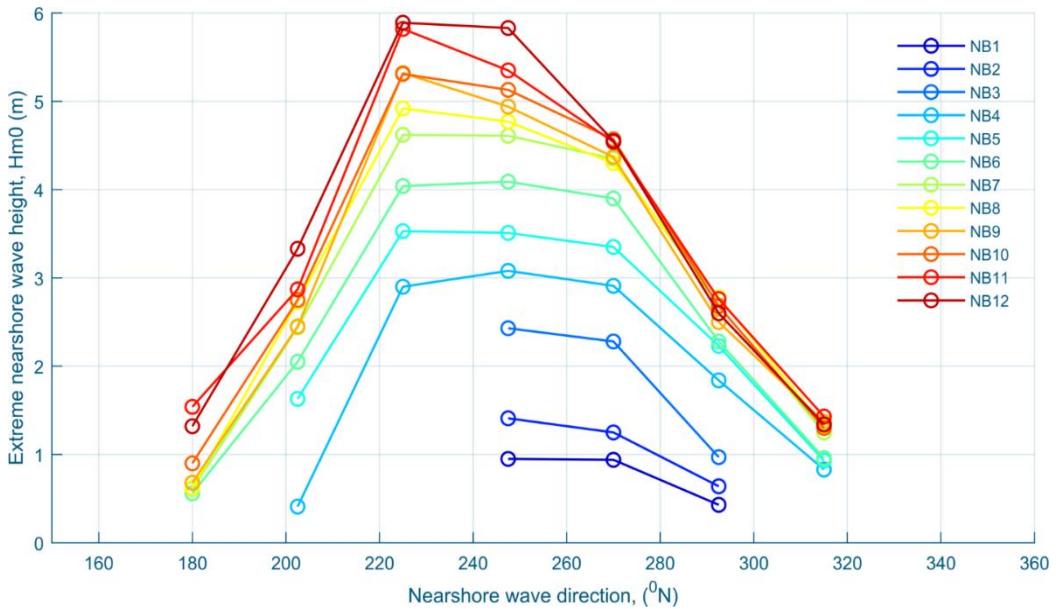
ნახ. 5.16. ორივე მიდგომის შედარება (ტალლის სიმაღლე და პიკური ტალლის პერიოდი) ლოკაციაზე OB14



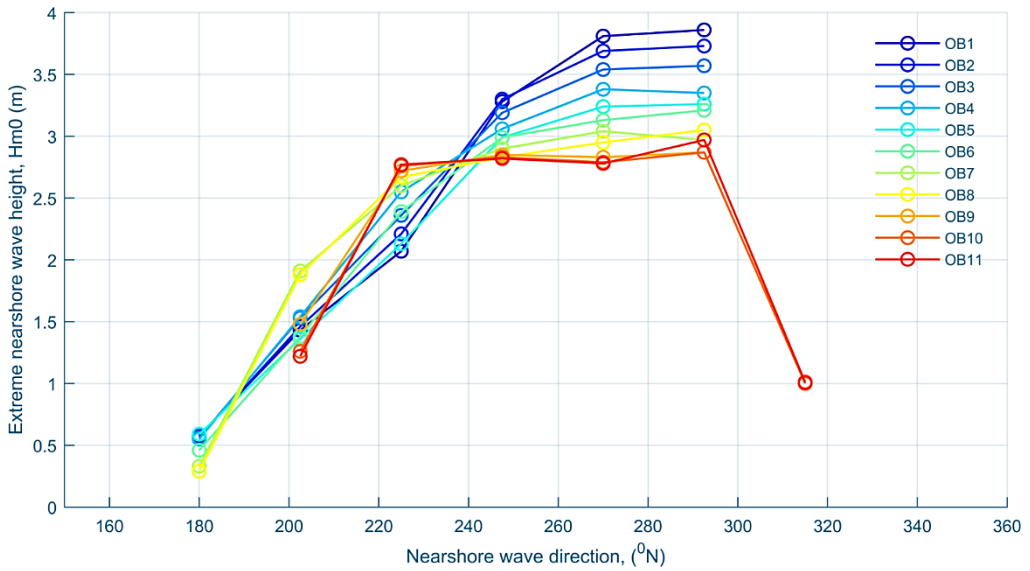
ნახ. 5.17. ორივე მიდგომის შედარება (ტალლის სიმაღლე და პიკური ტალლის პერიოდი) ლოკაციაზე OB20

5.6. ტალღის ექსტრემალური პირობების სივრცული განაცემი (მიდგომა 1)

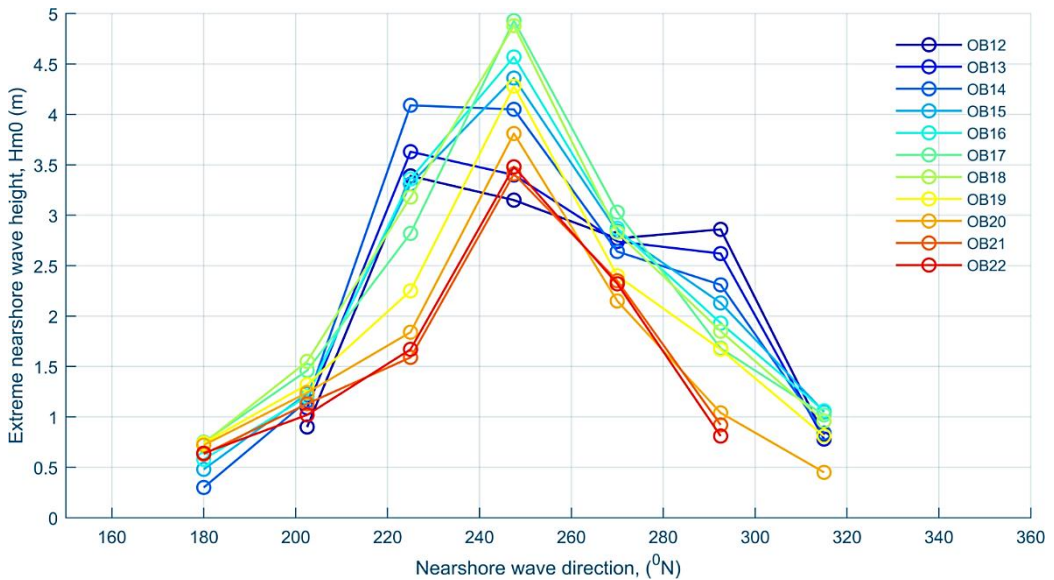
ამ ნაწილში წარმოდგენილია ნაპირის ახლოს ექსტრემალური ტალღების დროითი სერიებზე დაფუძნებული შედეგები [რეფერატი შესრ. „ ROYAL HASKONONG DH“]. ამ ტალღების მიმოხილვა 100-წლიანი გამეორების პერიოდისთვის ყველა განაცემის ლოკაციისთვის წარმოდგენილია 5.18 და 5.20 ნახაზებზე. ანგარიშგების მიზნით წარმოდგენილი და განხილული იქნა მხოლოდ ნაპირის ახლოს წარმოქმნილი ექსტრემალური ტალღები ლოკაციისთვის NB12, ასევე შეჯამდა 5.12 ცხრილში ტალღის სიმაღლე და პიკური ტალღები დაკავშირებული პერიოდისთვის.



ნახ. 5.18. ნაპირის ახლოს ტალღის პირობების 100 წლიდან 1 გამეორების პერიოდის შეჯამება ლოკაციებისთვის NB1-დან NB12-მდე



ნახ. 5.19. ნაპირის ახლოს ტალღების პირობების 100 წლიდან 1 გამეორების პერიოდის შეჯამება ლოკაციებისთვის OB1-დან OB11-მდე

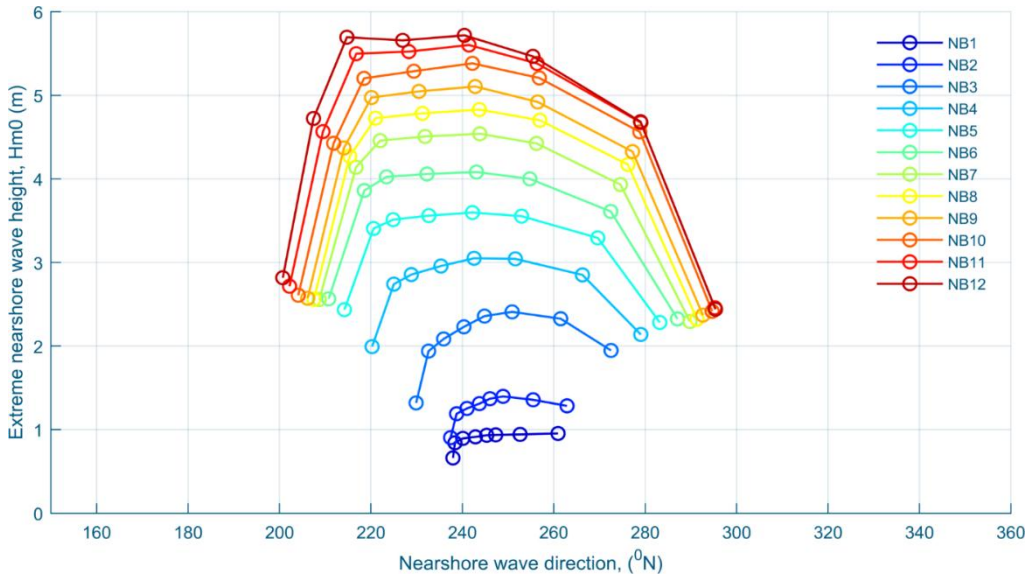


ნახ 5.20. ნაპირის ახლოს ტალღების პირობების 100 წლიდან 1 გამეორების პერიოდის შეჯამება ლოკაციებისთვის OB12-დან OB22-მდე.

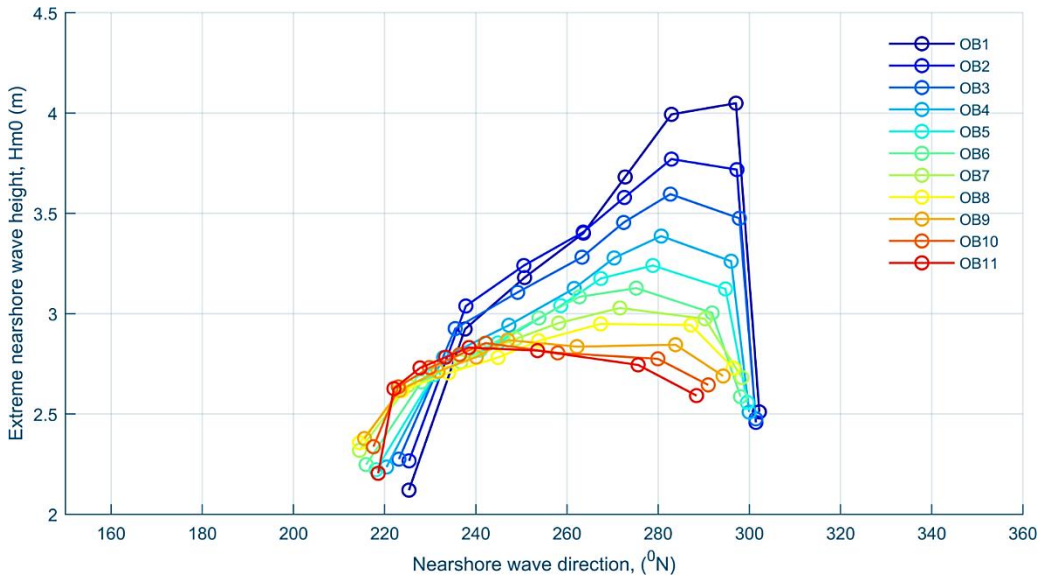
ტალღის ექსტრემალური სიმაღლეები [მ] და პიკურ ტალღებთან დაკავშირებული პერიოდი(ები) NB12-თან მიდგომა 1-ის გამოყენებით, MSL-თვის

	გამეორების პერიოდი	მიმართულებითი ნაპირის ახლო სექტორები							
		S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლე [მ]	1-წ	0.7	0.9	3.8	4.2	3.5	1.2	0.5	*
	5-წ	0.9	1.4	4.8	4.9	4.1	1.6	0.8	*
	10-წ	0.9	1.7	5.2	5.1	4.3	1.8	0.9	*
	25-წ	1.1	2.2	5.5	5.4	4.4	2.1	1.1	*
	50-წ	1.2	2.7	5.7	5.6	4.5	2.4	1.2	*
	100-წ	1.3	3.3	5.9	5.8	4.6	2.6	1.3	*
პიკური ტალღის პერიოდი T _p [s]	1-წ	4.2	4.2	8.5	9.6	8.8	5.0	3.5	*
	5-წ	4.6	5.1	9.6	10.2	9.6	5.9	4.2	*
	10-წ	4.8	5.7	9.9	10.5	9.8	6.3	4.5	*
	25-წ	5.2	6.5	10.2	10.8	9.9	6.7	4.9	*
	50-წ	5.4	7.2	10.4	11.0	10.0	7.1	5.2	*
	100-წ	5.8	8.0	10.6	11.2	10.1	7.5	5.5	*

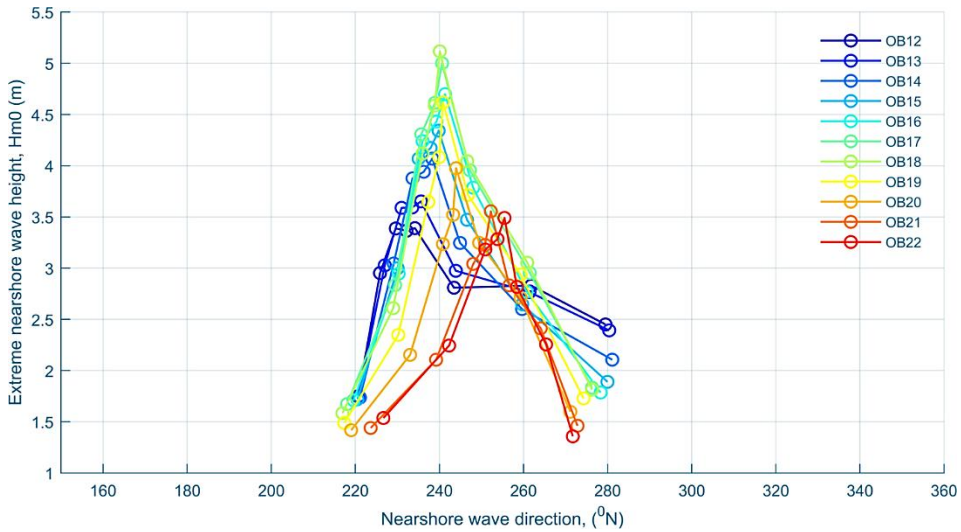
ტალღის ექსტრემალური პირობების სივრცული განაცემი (მიდგომა 2). ამ ნაწილში წარმოდგენილია ოფშორული ექსტრემალური ტალღების პირდაპირი ტრანსფორმაცია სანაპიროს ტალღებად. ამ ტალღების მიმოხილვა 100-წლიანი გამეორების პერიოდისთვის ყველა განაცემის ლოკაციისთვის წარმოდგენილია 5.21, 5.22 და 5.23 ნახაზებზე. ანგარიშების მიზნით წარმოდგენილი და განხილულია მხოლოდ ნაპირის ახლოს ექსტრემალური ტალღები ლოკაციისთვის NB12, ასევე შეჯამებული იქნა 5.13 ცხრილში ტალღის სიმაღლეების და პიკური ტალღების დაკავშირებული პერიოდისთვის.



ნახ. 5.21. ნაპირის ახლოს ტალღის პირობების 100 წლიდან 1 გამეორების პერიოდის შეჯამება ლოკაციებისთვის NB1-დან NB12-მდე



ნახ. 5.22. ნაპირის ახლოს პირობების 100 წლიდან 1 გამეორების პერიოდის შეჯამება ლოკაციებისთვის OB1-დან OB11-მდე



ნახ. 5.23. ნაპირის ახლოს ტალღის პირობების 100 წლიდან 1 გამეორების პერიოდის შეჯამება ლოკაცია OB12-დან OB22-მდე

ცხრილი 5.23

ტალღის ექსტრემალური სიმაღლეები [მ] და პიკურ ტალღებთან დაკავშირებული პერიოდი (ეზი) NB12-თან მიდგომა 2-ის გამოყენებით MSL-სთვის

	გამეორების პერიოდი	მიმართულებითი ოფშორული სექტორები							
		S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლე [მ]	1-წ	1.0	1.9	2.9	4.1	3.9	3.0	1.4	0.8
	5-წ	1.5	2.8	4.1	5.2	5.1	4.3	2.2	1.2
	10-წ	1.7	3.3	4.7	5.4	5.4	4.8	2.6	1.4
	25-წ	2.1	3.9	5.3	5.5	5.6	5.2	3.4	1.8
	50-წ	2.4	4.3	5.5	5.6	5.7	5.3	4.1	2.1
	100-წ	2.8	4.7	5.7	5.7	5.7	5.5	4.7	2.4
პიკური ტალღების პერიოდი T_p [s]	1-წ	6.0	6.9	7.2	8.2	8.5	8.3	7.6	5.4
	5-წ	6.7	7.7	8.1	9.0	9.6	9.5	8.6	6.3
	10-წ	7.2	7.9	8.7	9.8	9.8	9.9	8.7	6.6
	25-წ	7.3	8.4	9.3	9.9	10.6	10.6	9.3	7.1
	50-წ	7.5	8.7	9.8	10.5	11.0	11.4	9.5	7.4
	100-წ	7.8	8.9	10.3	10.7	11.7	11.8	9.9	7.9

სანაპიროს ახლოს ტალღის მიმართულება [გრადN]	1-წ	198.5	207.4	217.0	233.0	253.3	272.6	293.9	309.7
	5-წ	199.6	207.1	216.8	230.5	248.5	267.8	289.8	305.8
	10-წ	199.9	206.9	216.6	229.2	246.4	265.1	287.6	303.7
	25-წ	200.2	207.1	216.2	228.6	244.2	261.1	284.7	300.5
	50-წ	200.5	207.1	215.5	227.6	242.3	258.3	282.4	297.9
	100-წ	200.7	207.4	214.7	226.9	240.4	255.4	279.0	295.4

სანაპიროს ექსტრემალური პირობები PPZ +1.3 მ-სთვის სანაპიროს გაანგარიშებული ექსტრემალური ტალღები, რომლებიც მიკუთვნებულია წყლის ექსტრემალურ დონესთან PPZ + 1.3, წარმოდგენილია დანართში G. ისინი გამოთვლილია მიდგომა 2-ის გამოყენებით. ქვემოთ წარმოდგენილია შემაჯამებელი ცხრილი.

ცხრილი 5.14

ტალღის ექსტრემალური სიმაღლეები [მ] და პიკური ტალღებთან დაკავშირებული პერიოდი[ები] NB12 PPZ +1.3 მ-სთვის

	გამეორების პერიოდი	მიმართულებითი ოფშორული სექტორები							
		S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლე [მ]	1-წ	1.0	1.8	2.9	4.2	3.9	3.0	1.4	0.8
	5-წ	1.4	2.8	4.1	5.3	5.2	4.3	2.2	1.2
	10-წ	1.7	3.3	4.7	5.6	5.6	4.8	2.7	1.4
	25-წ	2.1	3.8	5.4	5.8	5.9	5.3	3.5	1.8
	50-წ	2.4	4.3	5.7	5.9	6.0	5.5	4.2	2.1
	100-წ	2.8	4.7	5.9	6.0	6.1	5.7	4.9	2.5
პიკური ტალღის პერიოდი Tp [s]	1-წ	5.3	6.7	7.1	8.1	8.6	8.4	7.7	5.3
	5-წ	5.9	7.5	8.2	9.5	9.5	9.4	8.5	6.3
	10-წ	6.6	8.0	8.6	9.6	10.1	10.0	8.7	6.6
	25-წ	7.1	8.4	9.3	9.9	10.5	10.5	9.2	7.0
	50-წ	7.1	8.7	9.7	10.5	11.3	11.3	9.5	7.6
	100-წ	7.5	9.0	10.3	10.5	11.5	11.8	10.0	7.8
ტალღის მიმართულება [გრად N]	1-წ	198.8	207.6	217.9	232.8	254.3	273.9	294.7	310.4
	5-წ	199.5	207.2	217.5	230.2	249.5	269.8	290.9	307.0
	10-წ	199.8	207.2	217.3	228.9	247.0	267.7	288.7	304.9
	25-წ	200.0	207.2	216.8	228.2	244.9	264.1	285.9	301.6
	50-წ	200.3	207.2	215.9	227.1	243.0	261.3	283.7	299.1
	100-წ	200.6	207.4	215.2	226.5	241.2	258.7	280.9	296.5

თავი 6. ნავმისადგომის ნაგებობების დიაგნოსტიკის მართვა არამკაფიო თეორიის საფუძველზე

6.1. შესავალი

ტალღის აზვირთების მოდელირების ერთ-ერთი უმთავრესი მიზანია იმ პირობების შეფასება პორტის შიგნით, რომლებმაც შეიძლება ზეგავლენა იქონიოს გემზე და მისი დატვირთვა-გადმოტვირთვის ოპერაციებზე, რომლებზეც თავის მხრივ, გავლენას ახდენს მოძრაობა, რომელიც გემი ასრულებს ამგვარი ტალღების პირობებში, ხოლო ნავმისადგომთან მიბმული გემებისათვის, ეს პირობები ფასდება მიბმის (რიცხოვრივი) დინამიკური ანალიზით. სრულად მათემატიკურად, რომ აღვწეროთ გემის მიბმის ანალიზი, აქ წარმოდგენილი გვაქვს ტალღის ადიდების მოდელირების სრული მეთოდოლოგია და მიბმის დინამიკური ანალიზი, რათა ვაჩვენოთ, თუ რომელი ძირითადი საკითხები უნდა გადაიჭრას ტალღების აზვირთების კვლევაში, რათა მივიღოთ მიბმული გემის დინამიკური ქცევების სურათი ამ კვლევის შედეგების გამოყენებით. ამისათვის კი, პირველ რიგში განვიხილავთ მიბმული გემების ქცევის ზოგიერთ ზოგად ასპექტს [რეფერატი შესრ. „ ROYAL HASKONONG DH“-მიერ.

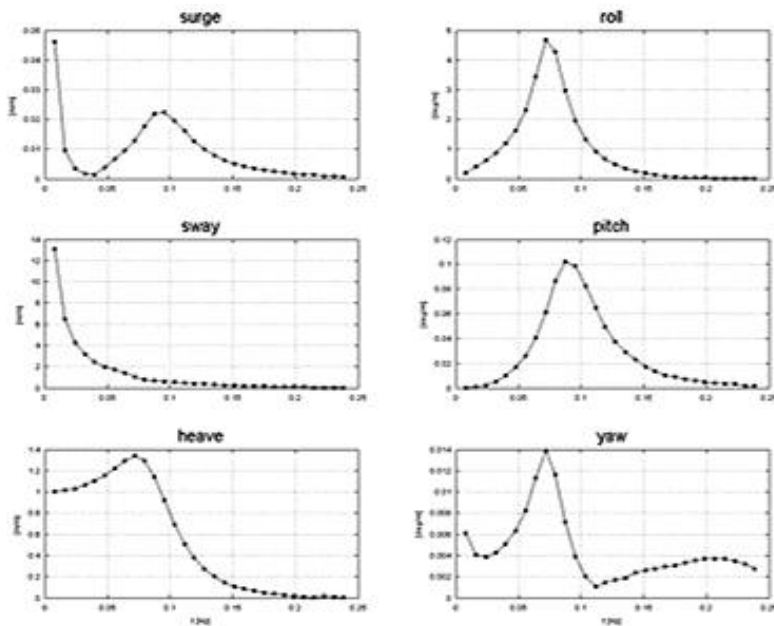
6.1.1. მიბმული გემების ქცევა

უმთავრესი, რაც უნდა ვიცოდეთ თავისუფლად მცურავი (და შესაბამისად, მიბმული) გემების შესახებ, არის ის, რომ გემი წარმოადგენს მასა-ზამბარა-დროსელის სისტემას. როგორც კი კორპუსის მასა მოდის

მომრობაში (გარე ძალების გავლენით), გემი მასზე რეაგირებს, რაც იწვევს დროში ცვალებადი ძალების წარმოქმნას მიბმის სისტემაში. მიბმის სისტემის რეაგირება დიდადაა დამოკიდებული გარე ძალების დინამიკასა და გემის რეაქციის მახასიათებლებზე. როგორც წესი, დიდი გემები არ ახდენენ დინამიკურ რეაგირებას დატვირთვის მაღალსიხშირულ ცვლილებებზე (მაგალითად, 200000 ტონა წყალწყვის გემი არ რეაგირებს ქარის მიერ წარმოქმნილი ტალღებზე, რომლის განმეორების პერიოდი 5 წამზე ნაკლებია). გემის დინამიკური რეაქციის გამოსაწვევად საჭიროა კრიტიკული პერიოდის გახანგრძლივება, მაგრამ, ამის შემდეგ, მიბმულმა გემმა ბუნებრივი რეაქციიდან გამომდინარე, შეიძლება უფრო მეტად ან ნაკლებად მოახდინოს რეაგირება დინამიკურ დატვირთვებზე. ტალღებისათვის დროის ეს დიაპაზონი საკმაოდ ფართოა – 5-დან 300 წამამდე, რაც გემის ზომებზეა დამოკიდებული. დაბოლოს, გემს სტატიკური რეაგირება ექნება ძალზე ნელ ცვლად ძალებზე (მაგ., ზღვის მოქცევები). ამგვარი ქცევები შეიძლება თვალსაჩინო გახდეს ამპლიტუდაზე რეაგირების ოპერატორის (RAO) მეშვეობით, რომელიც, თავის მხრივ, შეიძლება მივიღოთ ხომალდის კორპუსის (ჩაძირული) გარშემო 3D დიფრაქცია/რადიაციის გაანგარიშებებით. ასეთი RAO-ს მაგალითი წარმოდგენილია ნახ. 6.1-ზე.

RAO ინტერპრეტირებული უნდა იქნეს როგორც „გადაცემის ფუნქცია“ ტალღებიდან გემის მოძრაობაზე (მცურავი გემისათვის). უნდა აღინიშნოს, რომ ეს RAO-ები ცვალებადობს გემის კიჩოს მიმართ ტალღის მიმართულების მიხედვით. ამას გარდა, RAO-ებზე გავლენას

ახდენს გემის ზომა და ფორმა, აგრეთვე წყლის სიღრმე ტალღების სხივებისათვის, რომლებიც ეცემა 250,000 ტონა წყალწყვის ტანკერს.



ნახ. 6.1. ამპლიტუდაზე რეაგირების ოპერატორები ნაწილობრივ დატვირთული 250,000 ტ. წყალწყვის ტანკერისათვის, რომელიც ტალღების სხივების დაცემას ექვემდებარება

6.1.2. ზღვა, ღელვა და ინფრაგრაფიკული ტალღები

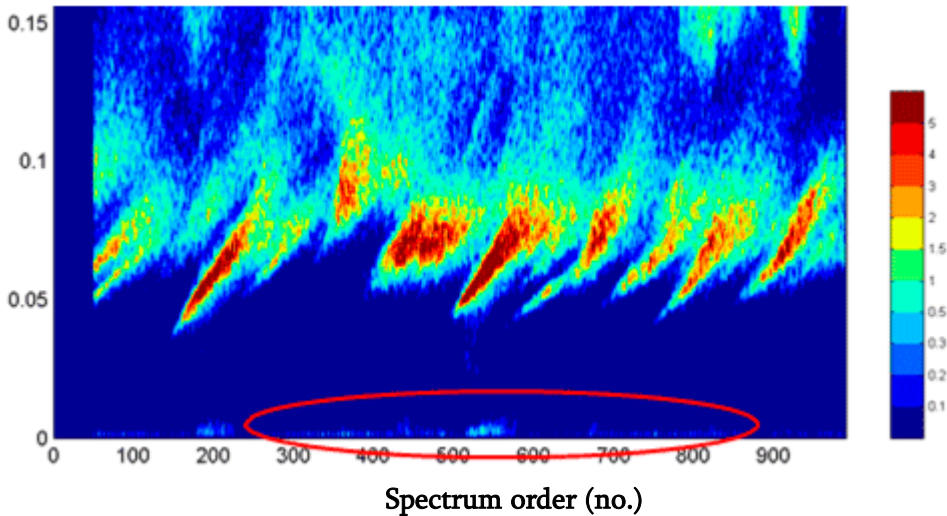
როგორც ზემოთ განვიხილეთ, დიდი გემები რეაგირებენ ტალღების ფართო დიაპაზონის მიმართ. მაგალითად, ზემოთ აღნიშნული RAO-ების დიაპაზონია 0,2 ჰც-დან (5 წმ) 0,01 ჰც-მდე (100 წმ), სადაც (ამ მაგალითისათვის) რხევითი მოძრაობები (ტალღებზე სხივების გამო) ძალზე მგრძნობიარეა ტალღების პერიოდების მიმართ და 20 წმ-ზე (ბევრად) უფრო ხანგრძლივია.

ერთი შეხედვით, შეიძლება შევნიშნოთ, რომ ტალღების ეს ხანგრძლივი პერიოდები ღია ზღვებისა და ოკეანეების ტიპურ ტალღურ სპექტრებში არ გვხვდება. თუმცა არარეგულარული მოკლე ტალღები (მაგ. ზღვა და ღელვა), რომელთა ტალღური სიხშირეები მცირედ განსხვავდება ერთმანეთისაგან, დიდ ან მცირე ჯგუფებად მიემართებიან ნაპირისაკენ. ამ მოკლე ტალღების ღია ზღვიდან სანაპიროს მეჩხერ წყლებთან მიახლოების კვალდაკვალ, მათი პროფილი სულ უფრო და უფრო არაწრფივი ხდება. ამგვარად, ეს ჯგუფური მოკლე ტალღები ქმნიან ე.წ. შეკრული გრძელი ტალღის მოძრაობას. ამ გრძელი ტალღის „შეკრული“ პროფილი ვრცელდება ტალღების ჯგუფთან ერთად და სწორედ ამის გამო ეწოდება მას შეკრული გრძელი ტალღა.

სწორი სიმულირებისას ამ შეკრული ან „ინფრაგრაჰვიტაციული“ ტალღების არსებობას შეიძლება დავაკვირდეთ ტალღების გაზომვად სპექტრში, როგორც ეს ნაჩვენებია ქვემოთ, სურ. 6.1-ზე. მიუხედავად იმისა, რომ ეს შეკრული ტალღები მაღალი არ გვეჩვენება, მათი პერიოდები საკმაოდ გრძელია (დაახლოებით 30-300 წმ-ის ფარგლებში). ეს კი, როგორც წესი, შეესაბამება ტალღების ბუნებრივ პერიოდს დიდი გემებისათვის და ამიტომ, შესაძლოა მეტად უარყოფითი გავლენა იქონიონ ასეთი გემების დინამიკურ ქცევებზე და ნავმისადგომთან მიბმის ოპერაციებზე.

ისევე როგორც ზღვისა და აზვირთებული ტალღების შემთხვევაში, ინფრაგრაჰვიტაციული ტალღის, როგორც მოკლე ტალღის (ზღვა და ღელვა), სიმაღლეს იზრდება მისი მოძრაობისას ღრმა ზღვიდან სანაპირო ზოლისაკენ. მაგრამ იმ მომენტში, როდესაც მოკლე ტალღები

იშლება (შეზღუდული სიღრმის გამო), შეკრული გრძელი ტალღა თავისუფლდება ტალღების ჯგუფისაგან, აირეკლება ნაპირიდან და ბრუნდება ზღვისაკენ, როგორც თავისუფალი ინფრაგრავიტაციული ტალღა. ტალღების ძალიან დიდი პერიოდის გამო ეს ხდება ბრტელ ქვიშოვან პლაჟზეც კი.



სურ. 6.1. ნიგერიის ღია ზღვის წყალში გაზომილი ტალღის სპექტრი შეკრული ტალღების ჩათვლით (ელიფსის შიგნით)

თუ ზღვის მოკლე ტალღებისა და აზვირთებული ტალღების დაცემის კუთხე ნაპირის ჰორიზონტის მიმართ არის მცირე, მაშინ აღმავალი ინფრაგრავიტაციული ტალღები უკან ბრუნდება ზღვის სიღრმეში გადენილი ტალღების სახით, ხოლო თუ დაცემის კუთხე კრიტიკულზე მეტია, მაშინ აღმავალი ინფრაგრავიტაციული ტალღა კვლავ გარდატყდება ნაპირზე და შექმნის შეკავშირებულ გვერდით ტალღებს, რომლებიც შეიძლება გავრცელდეს ნავმისადგომის აუზში და პრობლემები შეუქმნას გემებს.

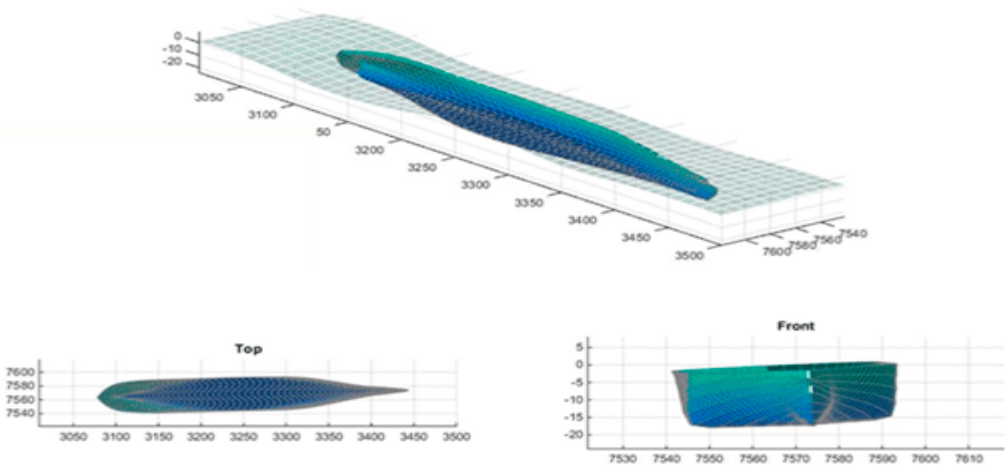
შეკრული ტალღის გათავისუფლება ხდება არა მარტო სანაპირო ზოლში (ამ პროცესს ტალღის დაშლაც ეწოდება), არამედ მისი

დიფრაქციის წერტილებშიც (ტალდასაჭრელის თავთან). როდესაც შეკრული ტალღები თავისუფალ ტალღებად გარდაიქმნება ტალდასაჭრელთან (ანუ პორტში შესასვლელთან) თავისუფალმა ტალღამ შეიძლება შეაღწიოს პორტში და პრობლემები შეუქმნას გემებს.

6.1.3. ნავმისადგომთან მიბმული გემების მოდელირება

ამგვარად, პორტში ნავმისადგომზე მიბმული გემების ქცევის მოდელირებისათვის აუცილებელია გავაერთიანოთ ნავმისადგომთან ტალღების შეღწევისა და ტალღა-გემის ურთიერთქმედების მოდელირებები. ახალ პორტში და სანაპირო ზოლში უშუალოდ პორტის სიახლოვეს შეღწეული ტალღების მნიშვნელობები განისაზღვრება MIKE 21 BW მოდელის მეშვეობით. MIKE 21 BW-ს შეუძლია დაამუშაოს არაწრფივი სიდიდეები, როგორებიცაა ტალღების არაწრფივი პროფილი, ინფრაგრაჰიტაციული და სხვა ტალღების ურთიერთქმედების არაწრფივი პროფილები. MIKE 21 BW ითვალისწინებს ნავმისადგომის გეომეტრიისა და ბათიმეტრიის ზემოქმედებებს, მათ შორის ტალღების არეკვლასა და გავრცელებას ნავმისადგომის კიდეებისაკენ (ტალდასაჭრელები, ბარიერები და ნავმისაბმელები). გემის 3D ფორმა არ არის გათვალისწინებული ტალღის მოდელირებაში. ამის ნაცვლად, HARBERTH მოდელში შეტანილი და გამოყენებულია წნევების დროითი სერიებისა და სიჩქარეების მახასიათებლები მიბმული გემების გარემომცველ ზონებში. HARBERTH, რომელიც შემუშავდა დელფტის ტექნოლოგიურ უნივერსიტეტში (იხ. რეფერატი), იყენებს მიბმული გემის გარშემო

არსებულ ამ წნევებს და ნაკადების სიჩქარეებს გემის კორპუსთან წარმოქმნილი წნევებისა და სიჩქარეების გასაანგარიშებლად. ამ მიზნით, HARBERTH მოდელში შეტანილია ასევე საკვლევი გემის კორპუსის 3D ფორმა. შესაბამისად, HARBERTH გამოიანგარიშებს გემის არსებობის გამო მის კორპუსზე დაცემული ტალღის გაფანტვის ველს და გემზე მოქმედი ტალღების ძალებს. MIKE 21 BW-ის მსგავსად, HARBERTH მოდელიც დრო-დომენ ფარგლებში მუშაობს, რაც ამარტივებს მონაცემთა გადაცემას MIKE 21 BW-სა და DMA-ს პროგრამულ უზრუნველყოფას შორის. ამ მიზნით HARBERTH იწერს მოკლე და ინფრაგრაფიკული ტალღების ყველა ძალასა და მომენტს გადამცემ ფაილში, რომელსაც კითხულობს მიზმის დინამიკის ანალიზის პროგრამული უზრუნველყოფა. ამ გზით მიზმის დინამიკურ ანალიზში შეიძლება შეტანილ იქნეს კომპლექსური ინტერაქცია ნავმისადგომის სქემასა და მიზმულ გემს შორის.



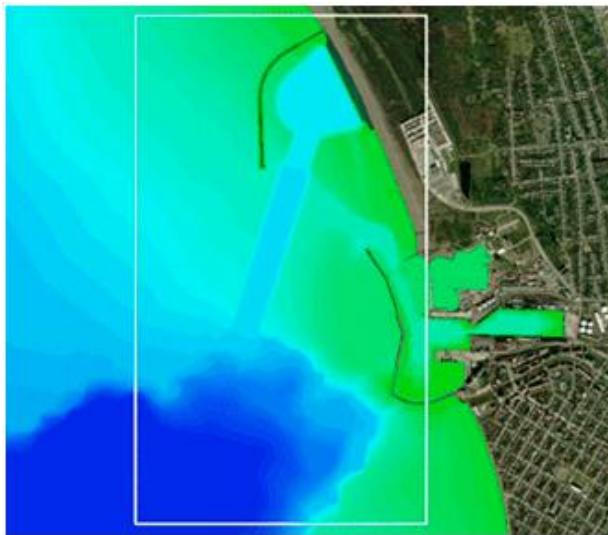
სურ. 6.2. ვიზუალიზაცია, თუ როგორ გამოიყენება MIKE 21 BW-ის ტალღური დროითი სერიები მოძრაობაში მყოფი გემის კორპუსის საანგარიშოდ (გემის მოძრაობა გაიანგარიშება HARBERTH / aNySIM-ით)

6.1.4. MIKE 21 BW მოდელი

ამ პარაგრაფში მოცემულია MIK21 BW მოდელის აგება პორტის ტალღის პირობების გამოსათვლელად. წარმოდგენილია მოდელის პარამეტრები, ზღვრული პირობები და გაშვებების მიმოხილვა.

6.1.5. მოდელის ზონა

მოდელის არეალი შეირჩა იმგვარად, რომ იგი მოიცავს პროექტისათვის საინტერესო და სხვა გარემომცველ ზონებს. სურ. 6.3-ზე მოდელის არეალი ნაჩვენებია თეთრი მართკუთხედის შიგნით. მისი დასავლეთის საზღვარი გაფართოებულია ღია ზღვისაკენ ისე, რომ ტალღებს საკმარისი მანძილი აქვთ სტაბილიზაციისა და შეკრული ტალღის შესაქმნელად მანამ, სანამ ისინი მიაღწევენ არხს, ტალღასაჭრელ(ებ)ს და სანაპირო ზოლს. სამხრეთის საზღვარი შეირჩა საკმაოდ მოშორებით, რათა სამხრეთ-დასავლეთიდან წამოსულმა ტალღებმა სწორად მიაღწიონ პორტის ზონას. მოდელის საერთო ფართობი შეადგენს 4190მ × 2390მ-ს.



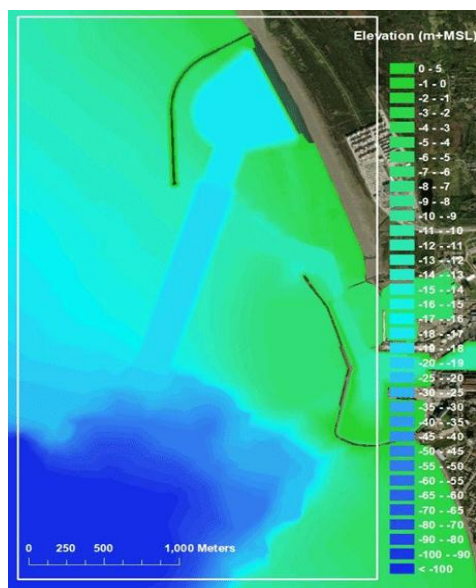
სურ. 6.3. მოდელის ზონა (თეთრი მართკუთხედი)

6.1.6. მოდელის ბადე

მოდელში გამოყენებულია სწორკუთხა ბადე 10მx10მ უჯრედების ზომებით. ბუსინეკსის განტოლებები ითხოვს მაღალდეტალიზებულ ბადეს იმ ფიზიკური პროცესების შესატანად მოდელში, რომლებიც მიმდინარეობს სწრაფად და მოკლე მანძილებში. ჩვეულებრივ, ტალღების სიგრძეები 100 მ-ს აღემატება ამიტომ მიჩნეულია, რომ 10მ x 10 მ ზომის უჯრედებიანი ბადე საკმარისი იქნება ტალღის ფიზიკური პროცესების სწორი მოდელირებისათვის.

6.1.7. მოდელის ბათიმეტრია

MIKE 21 BW მოდელი ითხოვს სათანადო ბათიმეტრიას, საიმედო მონაცემების მისაღებად. C-რუკის ბათიმეტრიის მონაცემები კომბინირებულია ფოტის საზღვაო პორტის 2020 წლის კვლევის ხელმისაწვდომ მონაცემებთან.

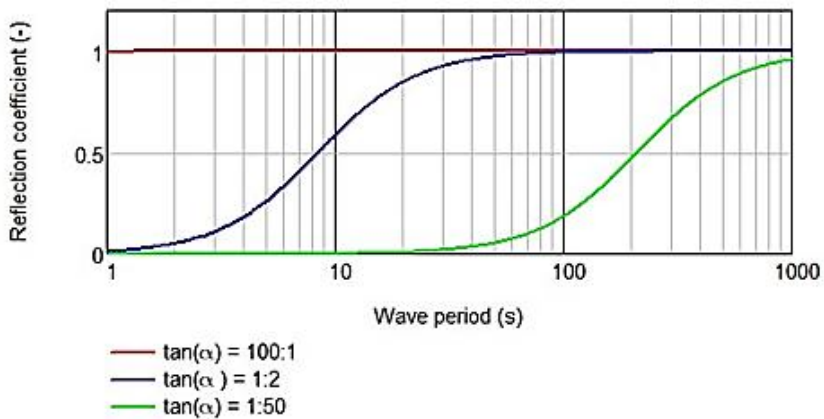


სურ. 6.4. MIKE 21 BW მოდელის ბათიმეტრია (ამაღლება მ + MSL).
MIKE BW-ს ზონა ნაჩვენებია თეთრი მართკუთხედის შიგნით

კომბინირებული ბათიმეტრია მოდელის მთელი ზონისათვის, ნაჩვენებია სურ. 6.4-ზე. ბათიმეტრიული მონაცემების ვერტიკალური კორექცია შესრულდა PPZ ვერტიკალური ათვის წერტილის საკონვერტაციოდ ზღვის საშუალო დონედ (MSL).

6.1.8. ტალღის არეკვლა და ფორიანობა

პორტში ტალღის შეღწევის შესაფასებლად ძალზე მნიშვნელოვანია ტალღის არეკვლის შესწავლა. სტრუქტურებიდან არეკვლები დიდადა დამოკიდებული თვითონ სტრუქტურის გეომეტრიაზე, მაგრამ ასევე დამოკიდებულია მასზე დაცემულ ტალღებზე [74, 75]. სტრუქტურიდან არეკვლის კოეფიციენტი დამოკიდებულია სტრუქტურის ფერდის დახრილობასა და დაცემული ტალღის დახრის კუთხეზე. ბრტყელი, გლუვი და სწორი ფერდისა და დაცემული ტალღის მუდმივი სიმაღლის შემთხვევაში, შესაძლებელია გავიანგარიშოთ არეკვლის შემდეგი კოეფიციენტი.

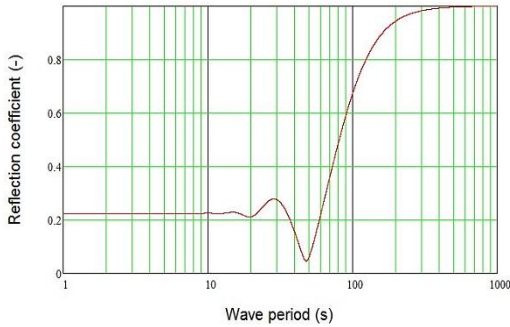


ნახ. 6.3. ტალღის არეკვლა ბრტყელი, გლუვი და სწორი ფერდიდან, როგორც ფერდის დახრილობისა და დაცემული ტალღის პერიოდის ფუნქცია

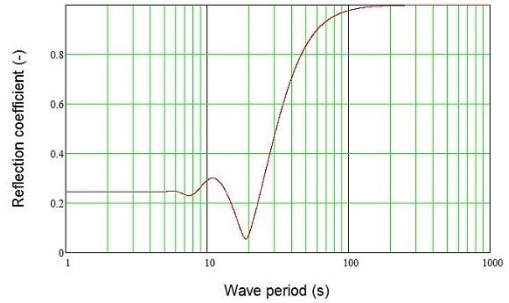
ზოგადად, ეს შედეგი გვიჩვენებს, რომ ვერტიკალური სტრუქტურებიდან აირეკლება ყველა ტალღა (წითელი ხაზი). ქანობიანი სტრუქტურებიდან, როგორცაა ტალღასაჭრელები (ლურჯი ხაზი), ბევრად უფრო ნაკლებად ირეკლება მოკლე ტალღები, გრძელი ტალღები კი კვლავაც ირეკლება. ბრტყელ სტრუქტურებზე, მოკლე ტალღები ძალიან კარგად იფანტება, გრძელი ტალღები კი კვლავაც ირეკლება (მწვანე ხაზი). ეს უკანასკნელი კი ნიშნავს, რომ ინფრაგრაფიტაციული ტალღების არეკვლა (ჩვეულებრივ, 30–300 წმ ტალღის პერიოდებით) სანაპიროზე პორტის პირდაპირ, შეიძლება მნიშვნელოვანი იყოს პორტის შიგნით ტალღების შეღწევის თვალსაზრისით.

MIKE 21 BW მოდელში ტალღების არეკვლა არ არის განსაზღვრული არეკვლის კოეფიციენტით და დამოკიდებულია ფენის ფორიანობაზე. ამ ფენაში, ნაწილობრივი არეკვლა, შთანთქმა და გადაცემა გათვალისწინებულია ლამინარული და ტურბულენტური ხახუნის პირობების დამატებითი წევრების შეყვანით, რომლებიც აღწერენ ენერჯის დანაკარგებს ფორიან ფენაში. ფოთის პორტის ტალღასაჭრელებისათვის, გამოყენებულია ფორიანობის კოეფიციენტი 0.85. ხაზგასმით უნდა აღინიშნოს, რომ ამ კვლევაში ფორიანობის სიდიდეების შერჩევა და, შესაბამისად, ტალღების არეკვლა შეტანილია „საუკეთესო ვარაუდით“, არსებული ლიტერატურისა და დაბალსიხშირული ტალღების მოდელირების ადრინდელი კვლევების საფუძველზე ფენის ფორიანობისათვის MIKE 21 BW მოდელში გამოყენებულ საწყის მონაცემებზე დაყრდნობით. მასში შეტანილია ტალღების შემდეგი არეკვლები, როგორც ტალღის პერიოდის ფუნქცია.

Reflections at coastlines



Reflection at breakwater



ნახ. 6.3. ტალღის არეკვლები სანაპირო ზოლებთან და ტალღასაჭრელებთან

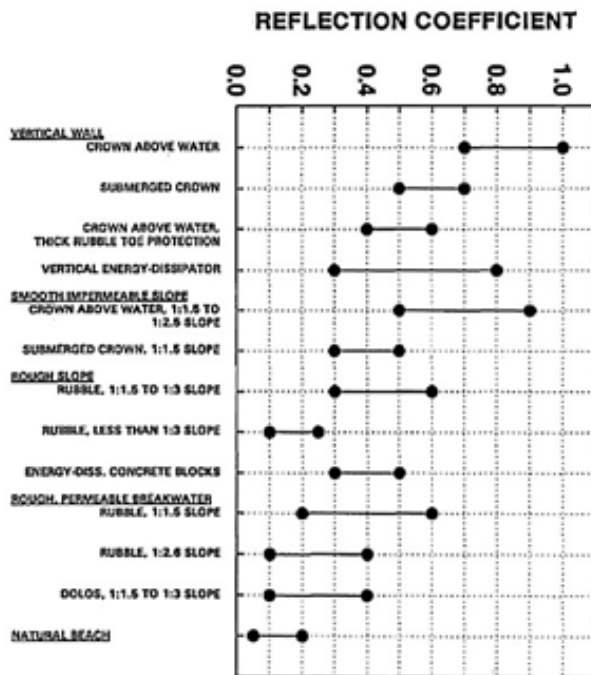
ტალღასაჭრელებზე დაცემული ზღვისა და აზვირთებული ტალღების არეკვლა მცირეა (დაახლოებით 25%) 30 წმ-ზე ნაკლები ტალღური პერიოდებისათვის, მაგრამ ტალღის პერიოდის ზრდასთან ერთად, იზრდება ტალღასაჭრელზე დაცემული ტალღების არეკვლაც. სწორედ ეს გახლავთ ამ სტრუქტურის შედარებით ციცაბო ფერდის უშულო ეფექტი.

სანაპირო ზოლების (პლაჟების) უმეტესწილად ბრტყელი ზედაპირის გამო ტალღების არეკვლა მათზე, ტალღური პერიოდების ფართო დიაპაზონშიც (ვთქვათ, 60 წმ-მდე) კი მცირე რჩება, ამ ტალღური პერიოდის ფარგლებს გარეთ კი სანაპირო ზოლებში ტალღების არეკვლაც მატულობს.

პორტის ვერტიკალურ სტრუქტურებთან დაკავშირებით (ნავმისადგომის კედელი) ფოროვანი ფენების საანგარიშო პარამეტრები იმგვარად განისაზღვრა, რომ ყოველთვის ხდება მისი სრული არეკვლა. აღსანიშნავია, რომ ტალღის ადიდების ფიზიკური მოდელის დასრულების შემდეგ ფენების ფორიანობის პარამეტრების გამოყენება

შეიძლება ციფრული მოდელის დაკალიბრების/ვალიდაციისათვის, ფიზიკური მოდელის ტესტირების შედეგებიდან გამომდინარე.

შედარებისათვის ქვემოთ, ნახ. 6.4-ზე, ნაჩვენებია სხვადასხვა სტრუქტურებიდან არეკვლის კოეფიციენტის სიდიდეების რიგი, სადაც მითითებულია, რომ ისინი ეხება ზღვისა და აზვირთებული ტალღების არეკვლას და არა ძალიან დაბალი სიხშირის ტალღებს. ზოგადად, ამ ნახაზზე ნაჩვენებია, რომ ზემოთ მოცემული არეკვლების მახასიათებლები გონივრულ ფარგლებში შეესატყვისება დაკვირვებებით მიღებულ მონაცემებს.



ნახ. 6.4. სტრუქტურებიდან არეკვლის ზოგადი კოეფიციენტები MIKE BW მოდელით (მხოლოდ ზღვისა და აზვირთებული ტალღები)

6.1.9. ტალღის პირობები

ტალღის ტრანსფორმაციის კვლევის შედეგები გამოყენებულია ტალღის პირობების განსაზღვრისათვის პორტში ტალღის შეღწევის მოდელირების კვლევაში (ცხრილი 6.1). სანაპიროს მახლობლად შედეგების მიღების წერტილების ლოკაციები, ღია ზღვიდან სანაპიროსაკენ მიმართული ტალღების კვლევის მიხედვით, ნაჩვენებია 6.5 სურ.-ზე. მათგან კონკრეტულად P8 ლოკაცია (სურ. 6.6) არის გამოყენებული ტალღის პირობების განსაზღვრის მიზნით, რაც ქვემოთაა აღწერილი.

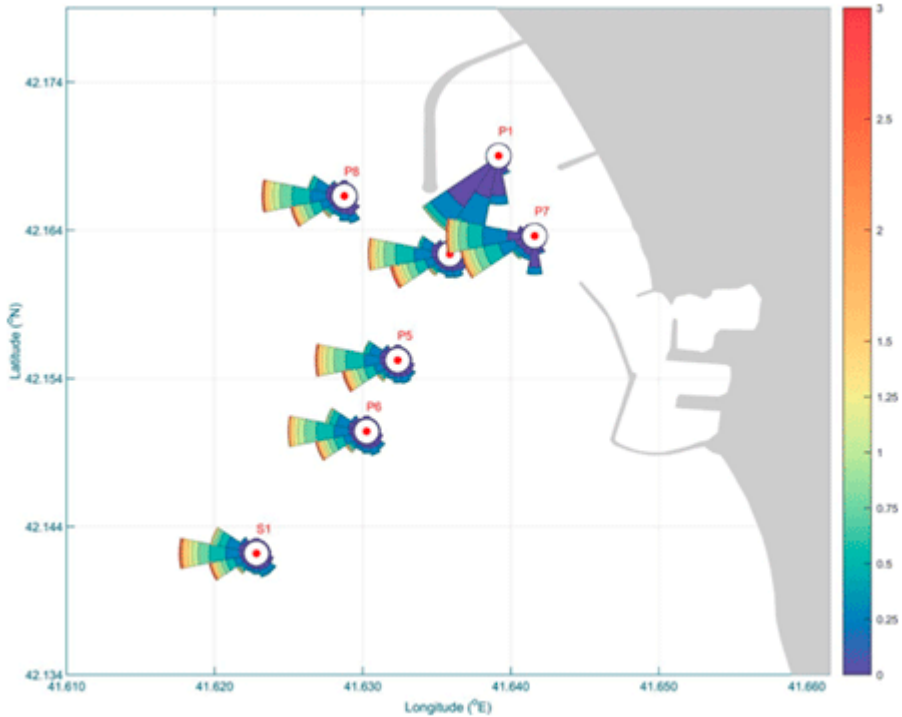
ცხრილი 6.1

MIKE 21 BW, ტალღის ზღვრული პირობები

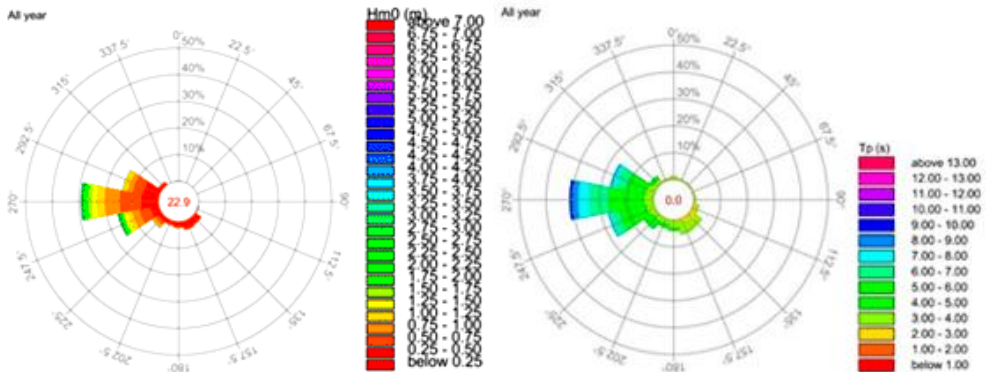
Nr		Main parameters			Frequency spectrum						Directional spreading	
		Hm0 m	Tp s	Direction degrN	type	γ (-)	σ_a (-)	σ_b (-)	cutoff s	Redistribution wave energy	type	n (-)
1	Direction W	2.5	7	270	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
2		3.5	7	270	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
3		2	8	270	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
4		3.5	8	270	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
5		2	9	270	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
6		3	9	270	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
7		1.5	10	270	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
8		2.5	10	270	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
9	Direction SW	2.5	7	240	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
10		3.5	7	240	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
11		2	8	240	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
12		3.5	8	240	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
13		2	9	240	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
14		3	9	240	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
15		1.5	10	240	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4
16		2.5	10	240	JS	3.3	0.07	0.09	4	Yes	$\cos^2(\theta-\theta_{\text{main}})$	4

იმის გამო, რომ ინფრაგრაფიკული ტალღების წარმოქმნა მეტად არაწრფივია დაცემული ტალღების მიმართ, ტალღების დომინირებული მიმართულებებისათვის (W და WSW) გამოვიყენეთ მისი ხუთი სიმალე და ოთხი პერიოდი. 6.1 ცხრილი გვიჩვენებს ტალღის შერჩეულ პირობებს (ყველა მიმართულებით) მისი სიგრძეებისა და პერიოდების ურთიერთკავშირის სახით. კომბინაციები

შერჩეულია წითელი ხაზის გარშემო. იგი წარმოადგენს სავარაუდო საზღვარს მუშაობისა და მოცდენის დროის პირობებს შორის და DMA ანალიზში ეფუძნება RHDHV-ის გამოცდილებას, რომელიც მან მსოფლიოს რამდენიმე პორტში საქმიანობით შეიძინა.



სურ. 6.5. სანაპიროსთან ახლომდებარე ლოკაციები ტალღის ტრანსფორმაციის კვლევისათვის



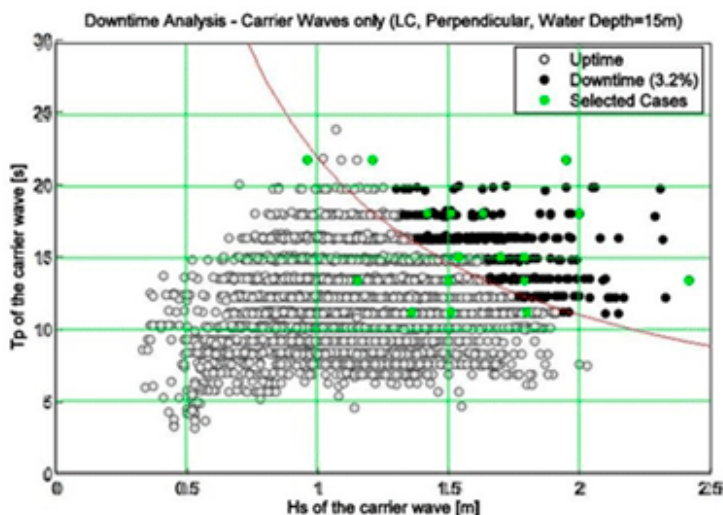
სურ. 6.6. ტალღის პირობების შერჩეული საწყისი მონაცემების მიმოხილვა, P8 ლოკაციისათვის

იგივე წითელი ხაზი საკმაოდ გონივრულადაა შედარებული მონაცემებთან, რომლებიც ნაჩვენებია 6.5 ნახ.-ზე. ამასთანავე, ეს ნახაზი გვიჩვენებს, რომ კრიტიკული გადასვლა მუშაობისა და მოცდენის დროებს შორის განისაზღვრება H_m0 და T_p -ს შორის უკუკავშირის ზღვრული ხაზით და ქმნის შერჩეული კომბინაციების ფონს.

ცხრილი 6.2

შერჩეული ტალღის პირობების მიმოხილვა, ლოკაცია P8

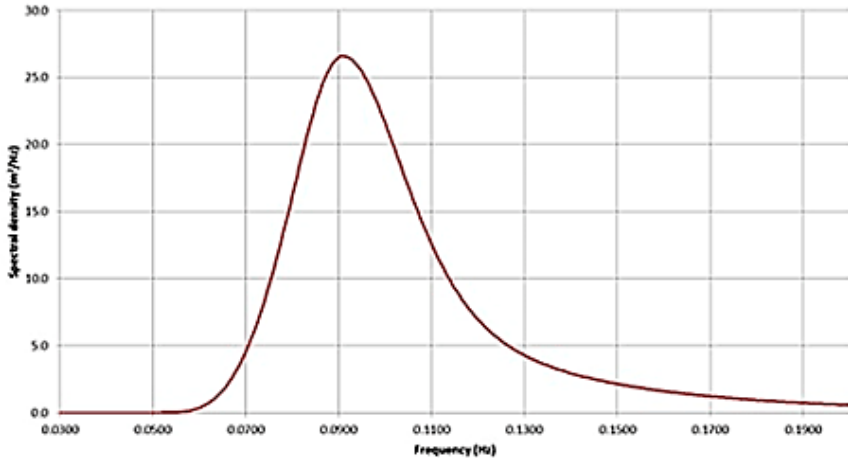
Wave height (m)	Wave period (s)																Total
	0.00	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	
0.00-0.50	0.00	0.00	6.18	26.71	12.50	6.06	1.97	0.47	0.15	0.05	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	54.1
0.50-1.00	0.00	0.00	0.00	1.95	9.28	7.45	6.96	2.43	0.74	0.22	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	29.1
1.00-1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87	2.89	2.96	2.20	0.93	0.20	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	10.1
1.50-2.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.31	1.38	1.04	0.68	0.18	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.6
2.00-2.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.52	0.36	0.20	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.5
2.50-3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.37	0.18	0.16	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.8
3.00-3.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.12	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.4
3.50-4.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
4.00-4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
4.50-5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
5.00-5.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5.50-6.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total	0.0	0.0	6.2	28.7	22.7	16.7	13.8	7.2	3.3	1.2	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0



ნახ. 6.5. მოცდენის დროის შეფასება MARIN-ის მიხედვით და სავარაუდო ზღვრული მოცდენის დრო (წითელი ხაზი)

აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ზღვრული წითელი ხაზი არის „სავარაუდო“ და ფოთის პორტისათვის ვალიდური „საბოლოო“ ხაზი დადგინდება გემის მიზმის დინამიკური ანალიზის შედეგების მიხედვით, 6.1 ცხრილში ნაჩვენები ტალღის პირობებისათვის. თუ ფოთის პორტის სანაპირო ზოლის ტალღების მონაცემებისათვის ეს წითელი ხაზი ჩაითვლება ვალიდურად, მისი სიდიდის გადაჭარბება მხოლოდ ძალზე მცირე (0.06%) შემთხვევებში მოხდება.

ტალღის მნიშვნელოვანი სიმაღლის, პიკური პერიოდისა და საშუალო მიმართულების გარდა, ინფრაგრავიტაციული ტალღების წამოქმნაზე ზემოქმედებს აგრეთვე ტალღის სიხშირის სპექტრი და ტალღის მიმართულების სპექტრი. ტალღის ტრანსფორმაციის კვლევის საფუძველზე სიხშირის სპექტრად აღებულია JONSWAP-ის სიხშირის სპექტრი.



ნახ. 6.6. ტიპური JONSWAP სპექტრი, სადაც $H_{m0}=3$ მ;
 $T_p=11$ წმ; $\gamma = 3$; $\sigma_a = 0.15$ და $\sigma_b = 0.2$

აქ გამოყენებულია $\cos^2(\theta - \theta_{main})$ -ის მიმართულებითი განაწილება, სადაც θ_{main} არის ტალღის ძირითადი მიმართულება და n არის მიმართულებითი გავრცელების ინდექსი. ქარის გამო წარმოქმნილი

ზღვის ტალღებისათვის გავრცელების ინდექსი, როგორც წესი, 10-ზე ნაკლებია. მოცემულ შემთხვევაში გამოყენებულია ინდექსი $n = 4$, სანაპირო ზოლთან ტალღების პირობების მონაცემების საფუძველზე.

იმისათვის, რომ გონივრულ ფარგლებში ვიქონიოთ MIKE 21 BW მოდელში შესრულებული გაანგარიშებების სიდიდეები (შესრულების დრო), ტალღის შეწყვეტის პერიოდად მიღებულია 4 წმ. ეს ნიშნავს, რომ 4 წმ-ზე ნაკლები პერიოდის ტალღები მათი შელწევადობის მოდელირებაში გათვლისწინებული არ არის. ეს პირობა მისაღებად მიიჩნევა, რადგან მოკლე ტალღები ძლივსღა თუ მიაღწევენ ნავმისადგომამდე. ამას გარდა, მოკლე ტალღები არ ქმნიან მნიშვნელოვანი სიდიდის დაბალსიხშირიან ტალღებს და ბოლოს, დიდი გემები, როგორც წესი, არ რეაგირებენ ძალიან მოკლე ტალღის პერიოდებზე. ამრიგად, ტალღური სპექტრის ამ ნაწილიდან „ჩამოჭრილი“ ტალღური ენერგია ხელახლა გადანაწილდება სპექტრის დარჩენილ ნაწილზე.

6.1.10. ალტერნატივები

ცხრილი 6.3 გვიჩვენებს ტალღის ადიდების კვლევისათვის განხილულ ალტერნატივებს. ძირითად ვარიანტს წარმოადგენს 17m+PPZ გარე არხის სიღრმის, -16m+PPZ შიდა არხის სიღრმის და მოსაბრუნებელი აუზის საწყისი სქემა. იმისათვის, რომ გამოვიკვლიოთ სამხრეთით მდებარე მცირე ზომის ტალღასაჭრელის (ანუ ტალღამტეხის) ეფექტი, სიმულირებულია ორი ალტერნატივა ამ ტალღამტეხის გაუთვალისწინებლად (ვარიანტი 2 და ვარიანტი 4). გარე არხის სიღრმის, შიდა არხისა და მოსაბრუნებელი აუზის სიღრმის ეფექტი განხილულია ვარიანტებში 1, 3, და 4, სადაც ეს სიღრმეები1 მეტრითაა

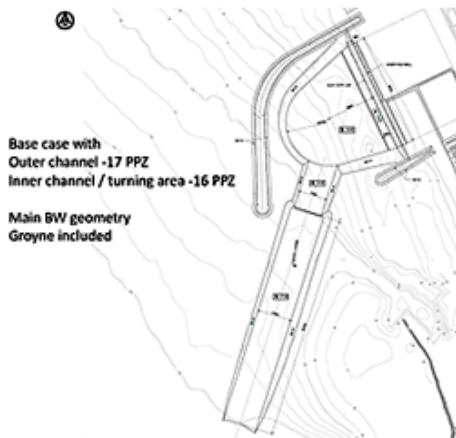
გაზრდილი. დონის გასწორება არსებული პორტის მიმართ განხილულია ვარიანტებში 3 და 4. გასწორების სიღრმედ აღებულია 11m+PPZ.

ცხრილი 6.3

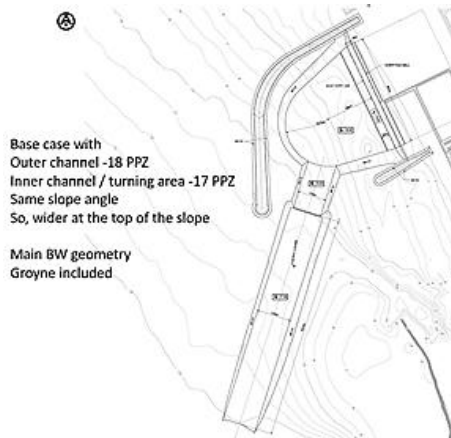
ალტერნატივების მიმოხილვა

	Depth outer Channel (m+PPZ)	Depth inner channel and turning circle (m+PPZ)	Southern Groyne	Alignment -11 m+PPZ
Base Case	-17	-16	Yes	No
Variant 1	-18	-17	Yes	No
Variant 2	-17	-16	No	No
Variant 3	-18	-17	Yes	Yes
Variant 4	-18	-17	No	Yes

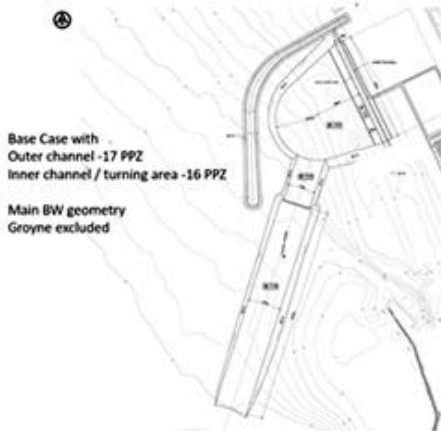
ნახ. 6.7-ზე მოცემულია 5 განხილული ალტერნატივის გამოსახულებები.



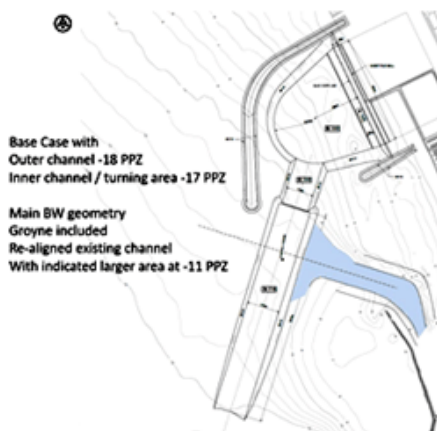
ბაზისური ვარიანტი



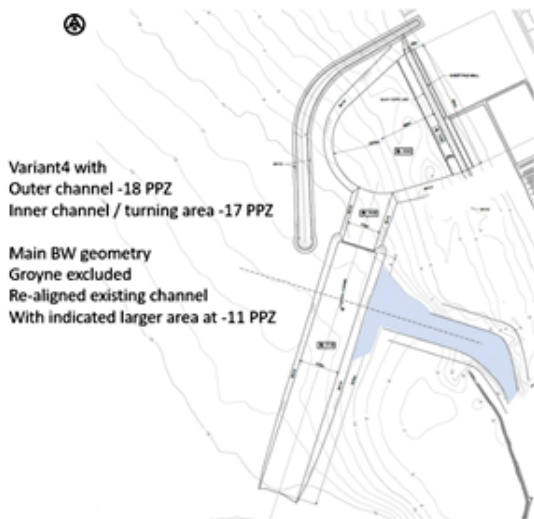
ვარიანტი 1



ვარიანტი 2



ვარიანტი 3



ვარიანტი 4

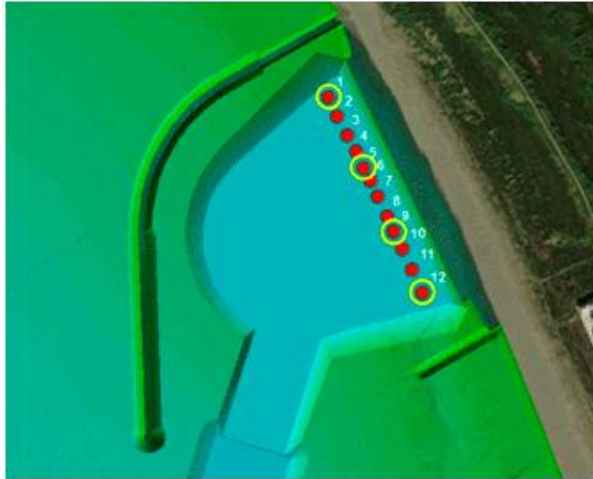
ნახ. 6.7. ალტერნატივების მიმოხილვა

6.1.11. ტალღის შეღწევის შედეგები

ტალღის ადიდების მოდელირება შესრულდა MIKE 21BW მოდელის გამოყენებით ცხრილ 6.4-ზე აღნიშნული საწყისი სცენარების ფარგლებსათვის. დასავლეთის ტალღის 270°N მიმართულებისათვის მოცემულია სიმულაცია 5, დასავლეთი – სამხრეთ-დასავლეთის 270°N მიმართულებისათვის კი მოცემულია სიმულაცია 1. სხვა სიმულაციების ნახაზები შეტანილია დანართებში.

მოდელირების შედეგები (ტალღის სიმაღლე და ზედაპირზე ამაღლებები) მიღებულია მოდელირების ზონის შესაბამისი ნაწილიდან. მოდელირების შედეგებით გამოყვანილია შემდეგი პარამეტრები:

- მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე ტალღის სრული სპექტრის/ დროის სიგნალის საფუძველზე.
- სრული ტალღური სპექტრის/დროის სიგნალის ძირითადი ტალღის პერიოდი (MWP).



სურ. 6.7. შედეგების ლოკაციები მომავალი ნავმისადგომის პოზიციის გასწვრივ (ანგარიშში შეტანილი წერტილები შემოხაზულია ყვითელი წრით)

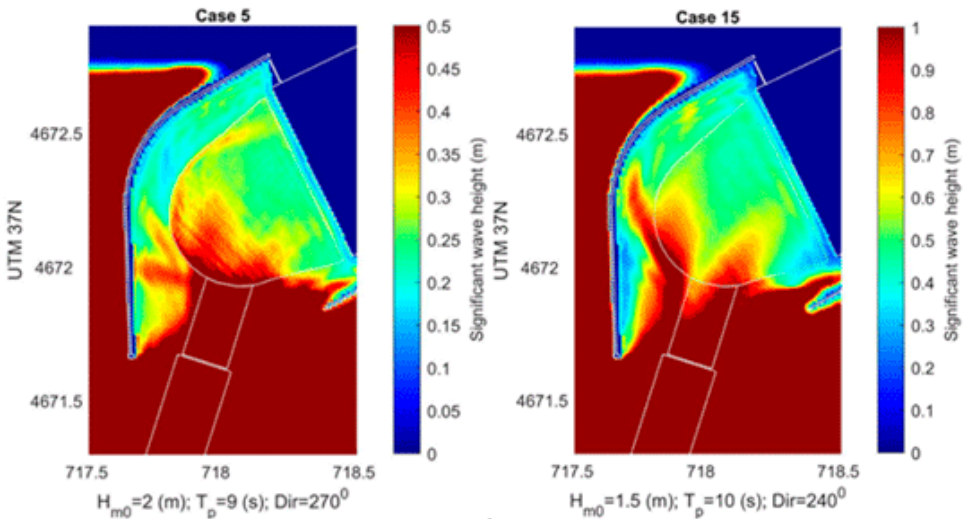
- მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე ტალღის სპექტრის/დროის სიგნალის დაბალსიხშირულ ნაწილში. ამ მიზნით სპექტრულად გაანალიზდება ყველა მიღებული მონაცემი და ანგარიშში შეიტანება სპექტრის მხოლოდ ის ნაწილი, რომლის სიხშირე 0.05Hz-ზე ნაკლებია ($T > 30$ წმ);
- სრული ტალღური სპექტრის/დროის სიგნალის დაბალსიხშირული ნაწილის საშუალო ტალღური პერიოდი (MWP);
- ტალღის ენერჯის სპექტრი.

ნახ. 6.7. გვიჩვენებს შედეგების მიღების შერჩეულ წერტილებს, სადაც მოხდა ტალღის სპექტრების აღდგენა.

6.1.12. 5 და 15 სიმულაციების შედეგები

სიმულაციების ჩამონათვალიდან (ცხრილი 6.5) ალტერნატიულ სქემებთან შედარებისა და ამ ანგარიშში შესატანად შეირჩა სიმულაციები

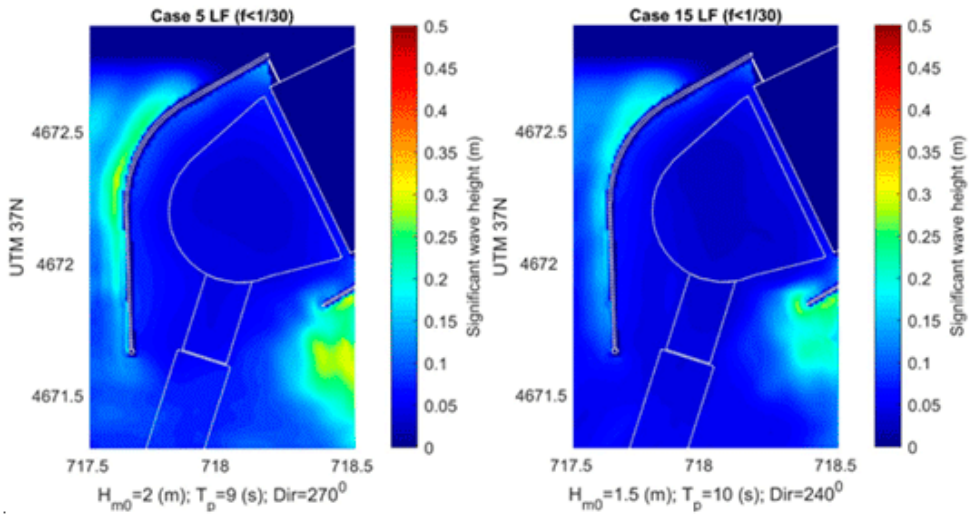
5 და 15. სხვა სიმულაციების შედეგები შეტანილია დანართებში. სიმულაცია 5 წარმოადგენს დასავლეთის მიმართულების ტალღას, სიმულაცია 15 კი – დასავლეთი-სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების ტალღას. ზოგადად, დასავლეთი-სამხრეთ-დასავლეთის პირობები იწვევს უფრო მეტი ტალღების შეღწევას პორტის ტერიტორიაზე და ნავმისადგომთან, ვიდრე დასავლეთის ზღვრული პირობა.



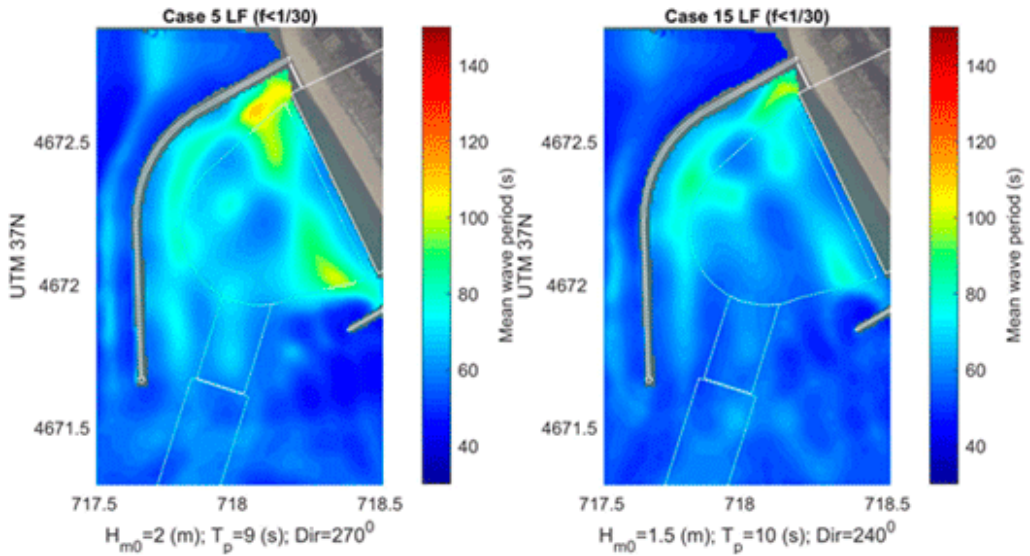
სურ. 6.8. მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე H_{m0} (მ) პორტის ზონაში, 5 (მარცხენა), 15 (მარცხენა) და 15 სიმულაციებისთვის

სურ. 6.8 გვიჩვენებს მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლეს H_{m0} (მ) ორივე შემთხვევისათვის. დასავლეთი – სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების სიმულაცია 15 გვიჩვენებს, რომ ტალღის ენერჯიის მცირე ნაწილი მაინც მიაღწევს მე-2 ნავმისადგომის ლოკაციამდე სურ. 6.9 გვიჩვენებს დაბალსიხშირული ($f < 1/30$ ჰც) ტალღის სიმაღლეს და ტალღის საშუალო პერიოდს. მიმართულებასთან ინტეგრირებული ენერჯიის სიმკვრივის სპექტრები ნაჩვენებია სურ. 6.10-ზე ნავმისადგომის 1, 5, 9 და 12 ლოკაციებისათვის (იხ. სურ. 6.8). გამოვლენილი

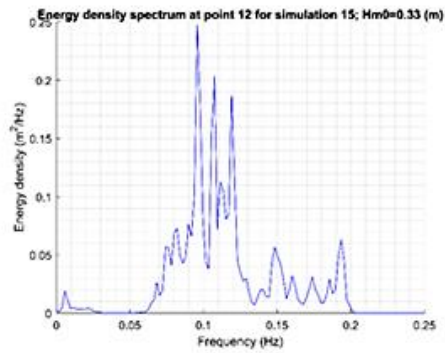
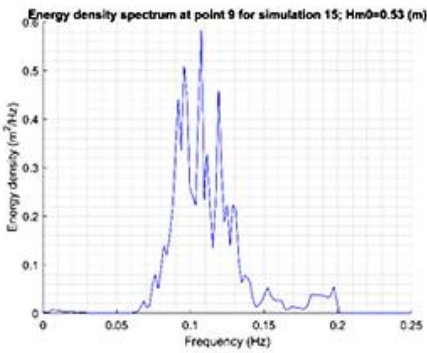
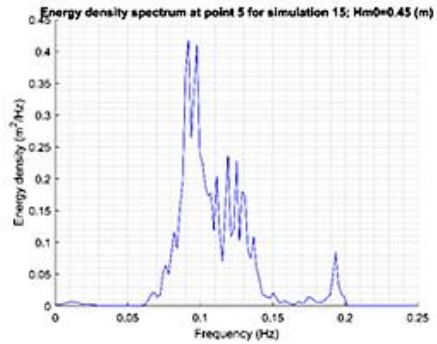
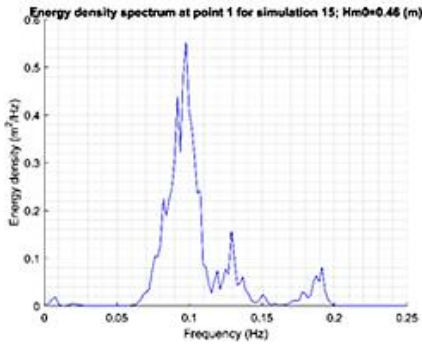
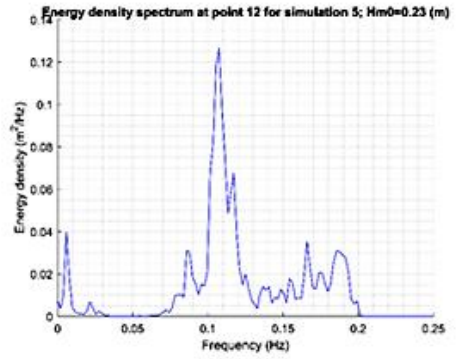
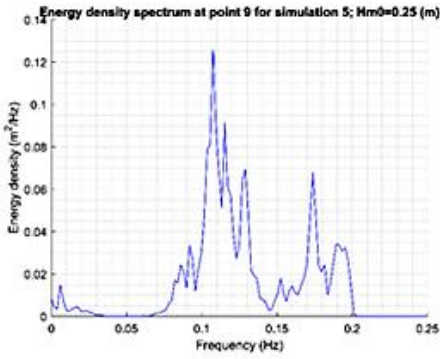
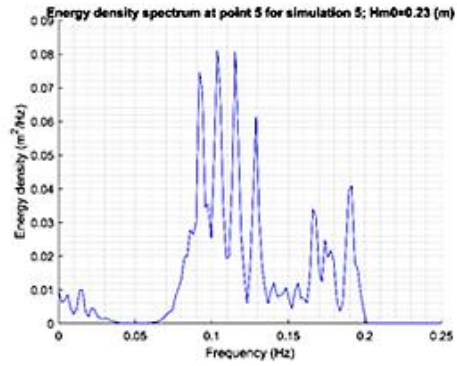
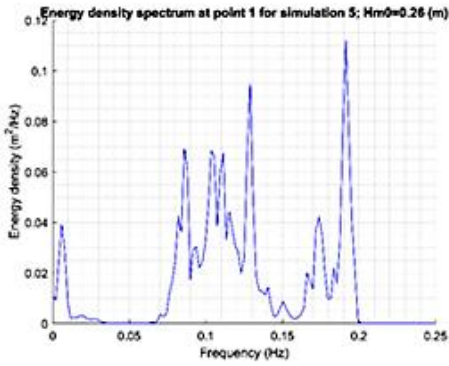
სხვაობებით გამოწვეული ზემოქმედებები გაანალიზდება შემდგომში, მუშა პროექტის ფაზაში.



სურ. 6.9. დაბალი სიხშირის ($f < 1/30$ ჰც) მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე H_{m0} (მ) პორტის ზონაში, 5 (მარცხენა) და 15 (მარჯვენა)



სურ. 6.10. დაბალი სიხშირის ($f < 1/30$ ჰც) ტალღის საშუალო პერიოდ(ებ)ი პორტის ზონაში, 5 (მარცხენა) და 15 (მარჯვენა) სიმულაციებისათვის



ნახ. 6.8. ენერჯის სიმკვრივის სპექტრები ($\text{მ}^2/\text{ჰც}$)

შედეგების 1, 5, 9 და 12 ლოკაციებში, 5 და 15 სიმულაციებისათვის მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლეები Hm0 და დაბალი სიხშირის ტალღის სიმაღლეები ნაჩვენებია ცხრილი 6.4-ის და ცხრილი 6.5-ის შესაბამისად.

ცხრილი 6.4

მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე Hm0 (მ) მე-12 ლოკაციაში, პორტის ზონაში მომავალ ნავმისადგომთან, ბაზისური ვარიანტისათვის

Full spectrum

Scenario	Offshore			Hm0 (m)											
	Hm0 (m)	Tp (s)	Dir (°N)	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12
1	2.5	7	270	0.27	0.26	0.28	0.29	0.27	0.27	0.26	0.29	0.30	0.29	0.31	0.25
2	3.5	7	270	0.38	0.37	0.39	0.40	0.37	0.37	0.36	0.40	0.42	0.41	0.43	0.35
3	2	8	270	0.23	0.23	0.23	0.22	0.21	0.22	0.21	0.24	0.24	0.24	0.27	0.20
4	3.5	8	270	0.40	0.40	0.39	0.39	0.37	0.38	0.36	0.41	0.43	0.43	0.47	0.36
5	2	9	270	0.25	0.27	0.24	0.24	0.22	0.23	0.22	0.24	0.25	0.24	0.27	0.23
6	3	9	270	0.39	0.40	0.36	0.35	0.33	0.34	0.33	0.37	0.38	0.37	0.39	0.36
7	1.5	10	270	0.21	0.22	0.22	0.22	0.20	0.20	0.21	0.20	0.20	0.19	0.21	0.18
8	2.5	10	270	0.35	0.37	0.36	0.34	0.32	0.33	0.32	0.33	0.34	0.31	0.34	0.34
9	2.5	7	240	0.49	0.49	0.56	0.57	0.60	0.62	0.73	0.80	0.76	0.76	0.64	0.52
10	3.5	7	240	0.69	0.69	0.79	0.79	0.84	0.87	1.03	1.12	1.07	1.07	0.90	0.73
11	2	8	240	0.49	0.48	0.51	0.54	0.62	0.68	0.74	0.81	0.76	0.72	0.58	0.46
12	3.5	8	240	0.85	0.83	0.89	0.94	1.09	1.19	1.30	1.42	1.34	1.25	1.02	0.81
13	2	9	240	0.53	0.52	0.55	0.53	0.59	0.66	0.68	0.74	0.75	0.70	0.57	0.48
14	3	9	240	0.79	0.78	0.82	0.80	0.89	0.99	1.01	1.12	1.13	1.05	0.86	0.72
15	1.5	10	240	0.47	0.44	0.46	0.45	0.46	0.51	0.50	0.54	0.54	0.49	0.41	0.35
16	2.5	10	240	0.79	0.73	0.77	0.75	0.76	0.84	0.84	0.90	0.90	0.81	0.69	0.58

ცხრილი 6.5

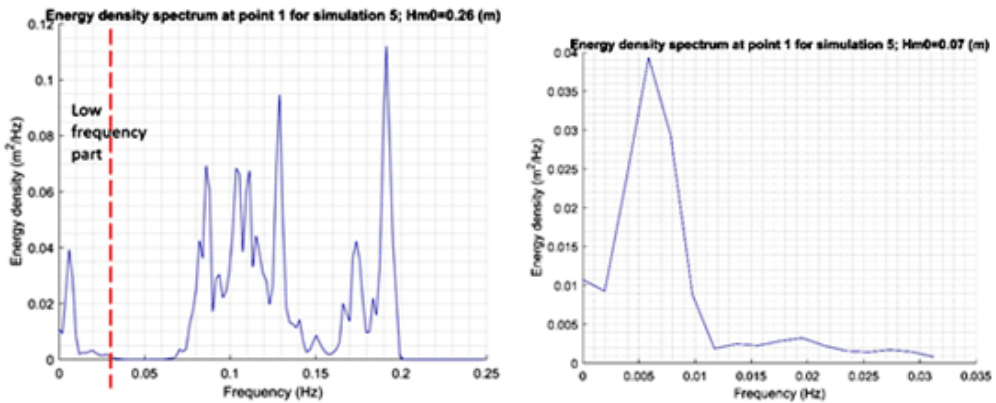
დაბალი სიხშირის ($f < 1/30$ ჰც) მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე Hm0 (მ) მე-12 ლოკაციაში, პორტის ზონაში, მომავალ ნავმისადგომთან ბაზისური ვარიანტისათვის

LF

Scenario	Offshore			Hm0 (m)											
	Hm0 (m)	Tp (s)	Dir (°N)	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12
1	2.5	7	270	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
2	3.5	7	270	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05
3	2	8	270	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
4	3.5	8	270	0.09	0.08	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
5	2	9	270	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06
6	3	9	270	0.14	0.12	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.10	0.10	0.11
7	1.5	10	270	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
8	2.5	10	270	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.09
9	2.5	7	240	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
10	3.5	7	240	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.09
11	2	8	240	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
12	3.5	8	240	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.10	0.11
13	2	9	240	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
14	3	9	240	0.08	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.09	0.09	0.11
15	1.5	10	240	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05
16	2.5	10	240	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08

თუ განვიხილავთ მხოლოდ დაბალი სიხშირის ტალღებს (30 წმ-ზე მეტი ტალღის პერიოდები), ნახ. 6.8 გვიჩვენებს, რომ ეს ტალღები მართლაც გენერირდება სანაპირო ზონაში, პორტის წინ. ამის

მიუხედავად, დაბალი სიხშირის ტალღის სიმაღლე ნავმისადგომების მახლობელ ადგილებში დაბალია. და მაინც, ნახ. 6.9 გვიჩვენებს, რომ დაბალი სიხშირი ტალღების საშუალო პერიოდები 60-1000 წმ-ის ფარგლებშია, კერძოდ, 1-ელი ნავმისადგომის ჩრდილოეთის მხარეს. ამ სიმულაციის მიხედვით ნავმისადგომის მიმართ ამ დაბალი სიხშირის ტალღების ზემოქმედების დასადგენად საჭიროა DMA კვლევა.



ნახ. 6.9. ენერჯის სიმკვრივის სპექტრი მე-5 სიმულაციის 1-ელი წერტილისათვის დაბალი სიხშირის ტალღის ნაწილში ($f < 1/30$ ჰც) ნაჩვენებია მარჯვენა ნახაზზე

ცხრილი 6.6

ტალღის საშუალო პერიოდ(ებ)ის შეფასება სპექტრის დაბალი სიხშირის ნაწილის ($f < 1/30$ ჰც), ზაზისური ვარიანტისათვის

Scenario	Offshore			Tm (m)											
	Hm0 (m)	Tp (s)	Dir (°N)	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12
1	2.5	7	270	81.3	77.3	72.2	67.6	65.4	66.3	64.4	63.8	64.0	58.7	68.0	71.4
2	3.5	7	270	81.3	77.3	72.2	67.6	65.4	66.3	64.4	63.8	64.0	58.7	68.0	71.4
3	2	8	270	92.7	87.1	78.2	70.9	66.3	65.7	64.4	64.5	64.7	60.2	67.2	72.1
4	3.5	8	270	92.7	87.1	78.2	70.9	66.3	65.7	64.4	64.5	64.7	60.2	67.2	72.1
5	2	9	270	92.5	84.9	76.9	70.7	66.4	66.0	66.0	68.9	70.5	65.0	71.5	78.8
6	3	9	270	98.5	91.8	84.3	77.5	71.9	70.8	69.8	72.1	73.6	67.8	74.4	80.5
7	1.5	10	270	82.4	75.8	70.7	66.6	63.9	63.7	65.2	65.3	60.8	64.4	71.8	
8	2.5	10	270	89.7	81.6	75.7	71.4	68.3	68.0	67.1	68.6	68.9	63.3	68.7	77.1
9	2.5	7	240	65.7	64.2	63.3	61.7	61.3	61.9	62.0	65.3	71.4	62.0	82.9	84.6
10	3.5	7	240	65.7	64.2	63.3	61.7	61.3	61.9	62.0	65.3	71.4	62.0	82.9	84.6
11	2	8	240	67.8	66.0	63.6	60.5	59.4	59.9	59.7	61.9	66.5	58.7	75.1	76.8
12	3.5	8	240	67.8	66.0	63.6	60.5	59.4	59.9	59.7	61.9	66.5	58.7	75.1	76.8
13	2	9	240	76.2	74.2	68.9	63.0	60.2	60.3	60.5	63.3	67.8	60.3	73.5	75.6
14	3	9	240	76.2	74.2	68.9	63.0	60.2	60.3	60.5	63.3	67.8	60.3	73.5	75.6
15	1.5	10	240	73.2	69.3	66.8	63.4	60.5	59.9	59.2	61.2	64.6	58.6	66.5	67.2
16	2.5	10	240	73.2	69.3	66.8	63.4	60.5	59.9	59.2	61.2	64.6	58.6	66.5	67.2

6.1.13. ბაზისური ვარიანტის შედარება ალტერნატივებთან

სამხრეთის ტალღამტეხის ზემოქმედების შესაფასებლად შესრულდა არსებულ პორტთან გასწორების (ჩაღრმავების) და გარე არხისა და შიდა აუზის 1 მეტრით ჩაღრმავების სიმულაციები ტალღების შეღწევის კვლევისათვის ვარიანტების ურთიერთშედარების მიზნით.

სიმულაციები 5 და 15 განხორციელდა ყველა ალტერნატივისათვის. 6.7 ცხრილში ნაჩვენებია მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე Hm0 (მ) ნავმისადგომთან, 12 ლოკაციაში. ცხრილიდან ჩანს, რომ ამ სიმაღლეთა Hm0 (მ) შორის განსხვავებები ამ ვარიანტებში მცირეა.

ცხრილი 6.7

მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე (Hm0) ყველა ალტერნატივისათვის, შედეგების მისაღებ 12 ლოკაციაში

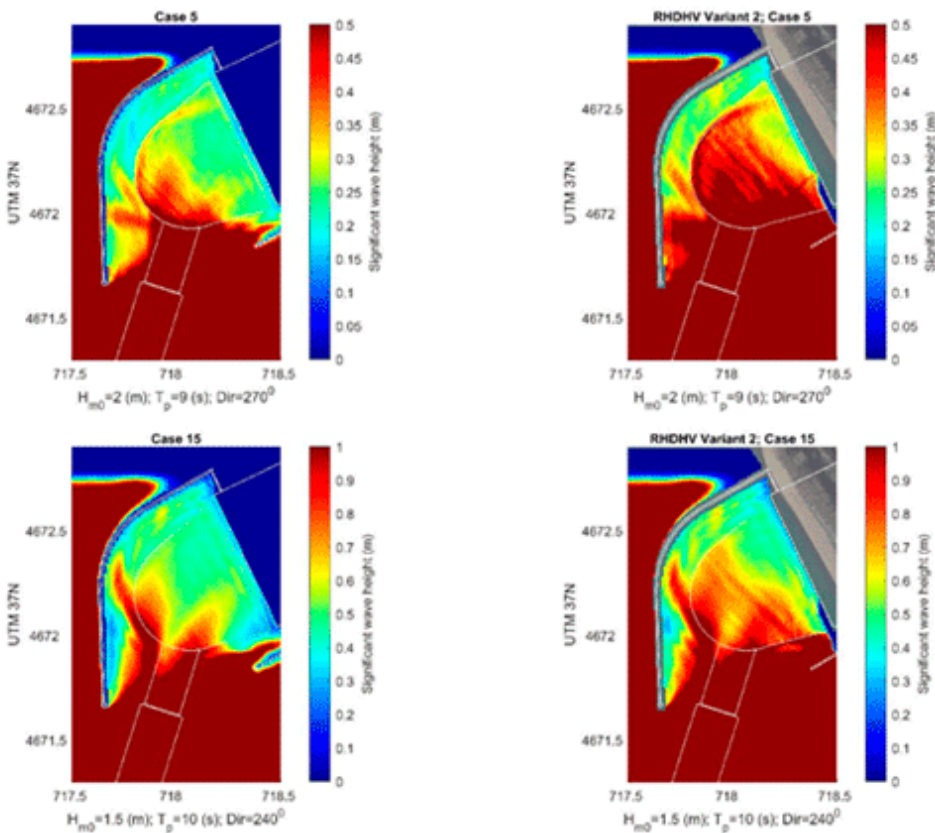
Full spectrum	Offshore				Hm0 (m)											
	Scenario	Hm0 (m)	Tp (s)	Dir (°)	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12
Base Case	5	2	9	270	0.25	0.27	0.24	0.24	0.22	0.23	0.22	0.24	0.25	0.24	0.27	0.23
Variant 1	5	2	9	270	0.25	0.25	0.24	0.24	0.21	0.21	0.21	0.23	0.25	0.25	0.26	0.23
Variant 2	5	2	9	270	0.29	0.32	0.30	0.30	0.28	0.28	0.27	0.30	0.33	0.28	0.30	0.43
Variant 3	5	2	9	270	0.25	0.26	0.24	0.23	0.21	0.21	0.21	0.23	0.25	0.25	0.27	0.22
Variant 4	5	2	9	270	0.26	0.30	0.28	0.27	0.26	0.26	0.27	0.31	0.34	0.28	0.36	0.38
Base Case	15	1.5	10	240	0.47	0.44	0.46	0.45	0.46	0.51	0.50	0.54	0.54	0.49	0.41	0.35
Variant 1	15	1.5	10	240	0.44	0.43	0.44	0.44	0.47	0.51	0.51	0.54	0.55	0.49	0.41	0.34
Variant 2	15	1.5	10	240	0.48	0.45	0.46	0.46	0.47	0.52	0.52	0.59	0.61	0.50	0.52	0.49
Variant 3	15	1.5	10	240	0.44	0.43	0.44	0.44	0.47	0.51	0.51	0.54	0.54	0.49	0.41	0.34
Variant 4	15	1.5	10	240	0.45	0.44	0.46	0.45	0.48	0.53	0.53	0.58	0.60	0.51	0.46	0.45

სპექტრის დაბალი სიხშირის ნაწილისათვის ($f < 1/30$ ჰც), დაბალი სიხშირის ტალღის სიმაღლეებს შორის განსხვავებები უმნიშვნელოა, როგორც ეს ნაჩვენებია 6.8 ცხრილში.

მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლის განსხვავებები ბაზისურ ვარიანტში და იმავე ბაზისურ ვარიანტში, მაგრამ სამხრეთის ტალღამტეხის გაუთვალისწინებლად (ვარიანტი 2) წარმოდგენილია სურ. 6.11-ზე.

დაბალი სიხშირის მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე H_{m0} (მ)
 ყველა ალტერნატივისათვის შედეგების მისაღებ 12 ლოკაციაში

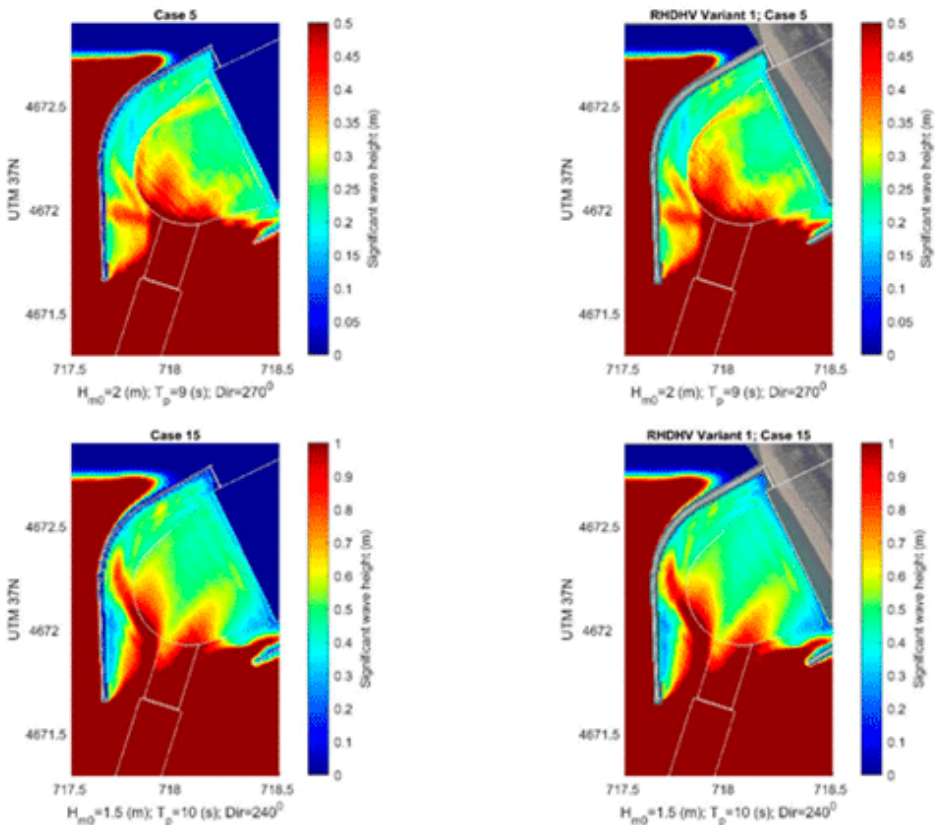
	Low Frequencies (f<1/30)				Offshore											
	Sc	H_{m0} (m)	T_p (s)	Dir ($^{\circ}$)	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12
Base Case	5	2	9	270	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06
Variant 1	5	2	9	270	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
Variant 2	5	2	9	270	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.03	0.03
Variant 3	5	2	9	270	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
Variant 4	5	2	9	270	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.03	0.02
Base Case	15	1.5	10	240	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05
Variant 1	15	1.5	10	240	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
Variant 2	15	1.5	10	240	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.05	0.06	0.03	0.03
Variant 3	15	1.5	10	240	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
Variant 4	15	1.5	10	240	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03



სურ. 6.11. მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე H_{m0} (მ) ბაზისური ვარიანტისათვის (მარცხნივ) და ბაზისური ვარიანტისათვის ტალღამტეხის გარეშე (ვარიანტი 2, მარჯვნივ)

სურ. 6.11-ზე ტალღის ველებს შორის განსხვავებები 5 და 15 სიმულაციებისათვის მოცემულია ტალღამტეხის გათვალისწინებით

(მარცხნივ) და ტალღამტეხის გათვალისწინების გარეშე (მარჯვნივ). მე-12 ცხრილიდან გამომდინარეობს, რომ ნავმისადგომის ლოკაციაში მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლეებს H_{m0} (მ) შორის განსხვავებები მცირეა, მაგრამ ტალღების შეღწევა სრულიად პორტის ზონაში, სავარაუდოდ მცირედით გაიზრდება სამხრეთის ტალღამტეხის დემონტაჟის შემთხვევაში. ამ ეფექტს ძირითადად ვხვდებით გემის შემობრუნების აუზის ზონაში.

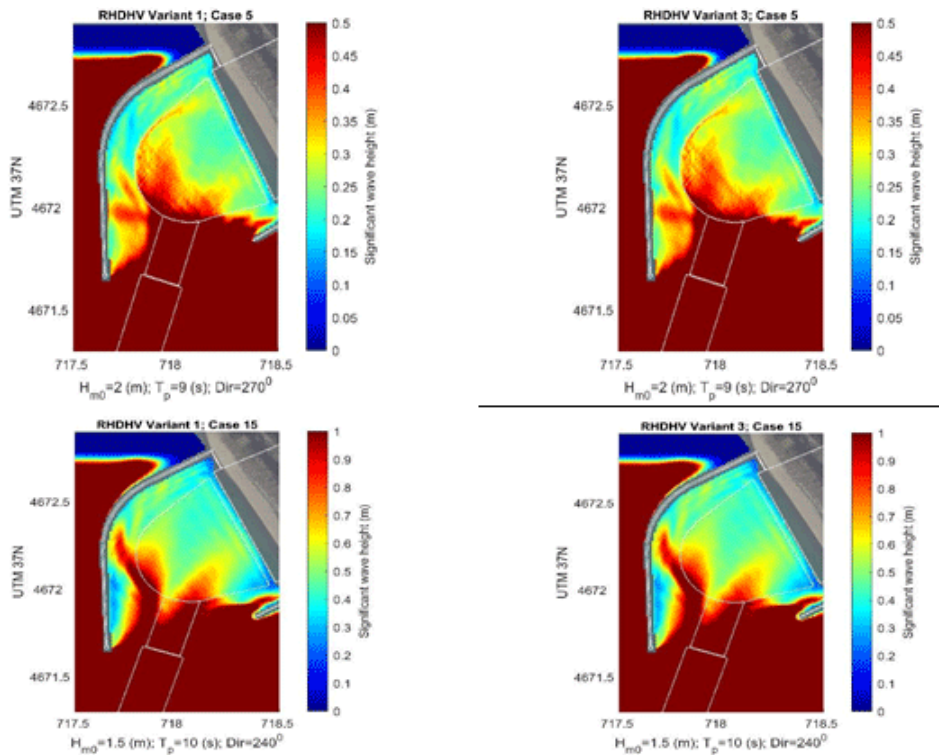


სურ. 6.12. მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე H_{m0} (მ) ბაზისური ვარიანტისათვის (მარცხნივ) და ბაზისური ვარიანტისათვის ფსკერჩაღრმავეების გარეშე (ვარიანტი 1, მარჯვნივ)

სურ. 6.12 გვიჩვენებს განსხვავებებს მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლეებს H_{m0} (მ) შორის და გარე არხისა და შიდა აუზის 1

მეტრით ჩაღრმავების გარეშე (ვარიანტი 1). ამ ნახაზებიდან ჩანს, რომ, კერძოდ, სამხრეთ-დასავლეთის მიმართულების ტალღის შემთხვევაში, დიდი ტალღები პორტის ზონაში აღწევენ უფრო მეტად ფსკერ-ჩაღრმავების სცენარის შემთხვევაში, ვიდრე ბაზისური ვარიანტის შემთხვევაში.

სურ. 6.13, სიმულაციები 5 და 15 ნაჩვენებია ფსკერჩაღრმავების (მარცხნივ) შემთხვევისათვის და არსებული პორტის მიმართ დონის გასწორების გარეშე. გასწორების დონედ მიღებულია -11m+PPZ. ამ შედეგებიდან გამომდინარეობს, რომ დონის გასწორების ზემოქმედება ტალღის შეღწევაზე ახალ პორტში, უმნიშვნელოა.



სურ. 6.13. მნიშვნელოვანი ტალღის სიმაღლე H_{m0} (მ) ფსკერჩაღრმავების ალტერნატივისათვის, დონის გასწორების გარეშე (ვარიანტი 1, მარცხნივ) და დონის გასწორებით (ვარიანტი 3, მარჯვნივ)

ცხრილი 6.9 გვიჩვენებს ტალღის საშუალო პერიოდს სპექტრის დაბალსიხშირული ნაწილისათვის 5 და 15 სიმულაციებში. ჩვეულებრივ, ტალღის საშუალო პერიოდების განსხვავებები ამ ვარიანტებში, მცირეა.

ცხრილი 6.9

ტალღის საშუალო პერიოდის შეფასება დაბალსიხშირული სპექტრის ნაწილისათვის ($f < 1/30$), 5 და 15 სიმულაციებში

	Low Frequencies ($f < 1/30$) Offshore				Tm (#)											
	Sc	Hm0 (m)	Tp (s)	Dir (°N)	Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Point 6	Point 7	Point 8	Point 9	Point 10	Point 11	Point 12
Base Case	5	2	9	270	92.5	84.9	76.9	70.7	66.4	66.0	66.0	68.9	70.5	65.0	71.5	78.8
Variant 1	5	2	9	270	95.8	87.6	77.3	69.3	63.6	62.7	62.1	65.4	68.1	62.0	68.7	74.7
Variant 2	5	2	9	270	86.6	77.9	72.1	68.7	66.7	66.1	62.3	58.6	55.8	54.9	56.3	51.0
Variant 3	5	2	9	270	95.1	86.8	76.8	69.2	63.8	63.0	62.4	65.6	68.1	62.2	68.2	74.1
Variant 4	5	2	9	270	89.4	78.9	72.4	69.7	68.0	66.9	62.0	57.7	55.1	54.0	56.3	52.8
Base Case	15	1.5	10	240	73.2	69.3	66.8	63.4	60.5	59.9	59.2	61.2	64.6	58.6	66.5	67.2
Variant 1	15	1.5	10	240	73.7	70.2	66.6	62.0	57.6	56.8	56.5	59.7	63.7	57.4	66.3	68.6
Variant 2	15	1.5	10	240	71.9	67.0	64.4	62.6	61.6	61.4	59.6	58.2	57.0	55.2	54.2	48.9
Variant 3	15	1.5	10	240	73.6	70.1	66.7	62.1	57.8	56.9	56.6	59.5	63.6	57.4	66.6	68.7
Variant 4	15	1.5	10	240	76.0	69.0	65.5	64.2	63.9	64.0	62.1	60.1	58.2	56.3	56.3	49.2

6.2. ნავმისადგომის ნაგებობების დიაგნოსტიკის მართვა არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე

6.2.1. საკითხის დასმა

შენიშნა ნაგებობის, ნავსადგურების ტექნიკური დიაგნოსტიკის ამოცანაა სამშენებლო კონსტრუქციების დაზიანებათა, დეფექტების აღმოჩენა, მათი მიზეზების დადგენა, დინამიკის პროგნოზირება და გადაწყვეტილების მიღება იმის თაობაზე, შესაძლებელია ობიექტის თუ არა შემდგომი ექსპლუატაცია და ა.შ. ხშირად, ნაგებობათა საიმედოობაზე გადაწყვეტილების მისაღებად და რისკების შესამცირებლად საფუძველი ეყრება ახალ მეცნიერულ აღმოჩენებს თუ პრაქტიკულ სიახლეებს, ახალ სამშენებლო მასალათა ტექნოლოგიებს.

ზემოთ ჩვენ ვაჩვენეთ, რომ არსებობს მრავალი მეთოდური მითითება, ამა თუ იმ კლასის და დანიშნულების ობიექტების

დიაგნოსტიკისათვის, რომელთა უმრავლესობა სადიაგნოსტიკო ობიექტთა პარამეტრების გაზომვის მეთოდურ და სიზუსტეს ეხება. შესაბამისად გადაწყვეტილების მიღების ალგორითმი რაოდენობრივი მეთოდების გამოყენებაზეა დაფუძნებული. ამასთანავე, ხშირ შემთხვევაში, გაზომვის შედეგები არამკაფიოა და აღნიშნულ პროცედურებს წარმართავს დაბალი კვალიფიკაციის სპეციალისტი. სადიაგნოსტიკო ობიექტზე მოქმედებს ძნელად დაკვირვებადი გარე ფაქტორები, შემფოთებები, რიგი პარამეტრების ოპერატიული კონტროლი კი შეუძლებელია. გარდა ამისა, სამშენებლო კონსტრუქციების, ნავსადგომების პარამეტრები წარმოადგენს არასტაციონარულ სიდიდეებს. ხშირ შემთხვევაში, მეტად რთულად ფორმალიზებადია კავშირები კონსტრუქციებისა და ნავსადგომების მახასიათებლებს შორის. ცხადია, ასეთი შემთხვევებისას საჭიროა შეიქმნას მათემატიკური მოდელები და მართვის ალგორითმები, რომლებიც არამგრძნობიარე იქნებოდა შემფოთებების, გაზომვათა ცდომილებებისა და ცვალებადობების მიმართ.

6.2.2. არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის ზოგადი მიმოხილვა

არსებობს მეთოდები, რომლებსაც იყენებენ არამკაფიო მონაცემების დამუშავებისათვის. ესენია: ბაიესის და არამკაფიო სიმრავლეების, ლოგიკის თეორიების [76, 77, 78, 79, 80, 81] გამოყენება. შეიძლება ითქვას, რომ ამჟამად განუზღვრელობის დროს გადაწყვეტილების მიღების უალტერნატივო თეორიაა არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის მეთოდები. აქვე აუცილებელია შევნიშნოთ, რომ არამკაფიო თეორია

არის, არამკაფიო მონაცემთა მკაფიო ლოგიკური ინტერპრეტაცია, რომელიც ზუსტი მეცნიერებაა არამკაფიო მოვლენებისა და მონაცემების დასამუშავებლად. შეიძლება გადაუჭარბებლად ითქვას, რომ არამკაფიო სისტემები დღესდღეობით ყველაზე აქტიურად და ფართოდ გამოიყენება ყველა დარგში. არამკაფიო მოდელირების, მართვის სისტემები, Fuzzy ტექნოლოგიები, საშუალებას იძლევა მათი მემშვეობით მიღებული გადაწყვეტილებები შედარდეს ექსპერტთა შეხედულებებს, გაკეთდეს დასკვნები სისტემის ერთიან თვისებრიობაზე დაყრდნობით და ამასთანავე იძლევა პარამეტრების ციფრული-გაზომვით მიღებული ინფორმაცია გამოყენების საშუალებას. არამკაფიო ალგორითმებსა და მოდელებში ყოველივე ეს ხორციელდება ე.წ. მიკუთვნების ფუნქციის საშუალებით, რომელთა განხილვა შეიძლება როგორც ციფრული, ასევე სიმბოლური ინტერფეისის სახით. ამასთანავე, არამკაფიო მოდელები და გადაწყვეტილების მიღების სისტემები შეიცავენ თვითნასწავლ ალგორითმებს და წარმოადგენენ გარკვეული წესების (R_i) ერთობლიობას, რაც ზოგადად ჩაიწერება შემდეგი სახით:

R' : თუ x_1 არის X_1^1 და x_2 არის X_2^1 და და

x_m არის X_m^1 , მაშინ y_1 არის Y_1^1 და

y_2 არის y_2^1 და ... და y_4 არის y_4^1

...

R^Q : თუ x_1 არის X_1^Q და x_2 არის X_2^Q და

აქ Q არის წესის ნომერი; $x = (x_1, x_2 \dots x_4)$, $y = (y_1, \dots y_n)$ შესასვლელი და გამოსასვლელი ცვლადების ვექტორები, რომლებიც ხასიათდებიან შესაბამისი არამკაფიო სიმრავლეებით X_j^Q, y_i^Q , $j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$, Q - რიგის ნომერი, $Q = \overline{1, q}$. თავის მხრივ არამკაფიო სიმრავლეები

X_j^Q, y_i^Q აღწერებიან არამკაფიო მიკუთვნების ფუნქციებით $X_j(x_j, d_j^Q)$, $Y_i(y_i, d_i^Q)$, სადაც d_j^Q და d_i^Q , $j = \overline{1, m}, i = \overline{1, n}$, $Q = \overline{1, q}$ ($d_j^Q \neq d_i^Q$ თუ $I = J$), სისტემის პარამეტრის ვექტორებია.

არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის გამოყენებისას არსებობს ორი მიდგომა:

- როდესაც ცნობილია ექსპერტიზის ინფორმაცია. ამ შემთხვევაში, მოდელის ლინგვისტური აღწერა ემყარება აპრიორულ ცოდნას სისტემის თაობაზე და არ იგეგმება მათი დაზუსტების შესაძლებლობა. ამ მეთოდის ძირითადი ნაკლოვანება ისაა, რომ, რადგანაც ის არის სუბიექტური, მისმა განზოგადებამ შესაძლებელია მოგვცეს გარკვეული ცდომილებები გადაწყვეტილების მიღებისას.
- მეორე მიდგომა ეფუძნება იდენტიფიკაციის მეთოდს, რომელიც მდგომარეობს სისტემის მოდელის აგებაში მასზე მომქმედი შესასვლელი და გამოსასვლელი სიდიდეების საშუალებით. ამ შემთხვევაში ლინგვისტურ მიდგომას ემატება სადიაგნოზო ობიექტზე არსებული ცოდნის დაზუსტება.

6.2.3. არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის მიდგომა ნავსადგურების ტექნიკური დიაგნოსტიკისა და მართვისათვის

საკვლევი ობიექტი, ნავსადგომი, ტექნიკური დიაგნოსტიკა ფასდება შემდეგი საწყისი (შესასვლელი) პარამეტრების მიხედვით:

პირდაპირი და შებრუნებული ამოცანების გადასაჭრელად (იხ. თავი 3) საჭიროა შემდეგი საწყისი მონაცემი, ანუ ამოცანის გადაჭრისათვის

აუცილებელი შესასვლელი, კონტროლირებადი, პარამეტრები აღნიშნოთ X ვექტორით, რომლის კორდინატები $x_i (i = 1, 2, 3, 4)$:

- მასალები ნავმისადგომის გამოკვლევიდან, სულ მცირე: კედლის პროფილების გაზომვის შედეგები, ე.ი. კორდონის ხაზის ურთიერთმდებარეობა კედლის რეალურ ზედაპირამდე (თითოეული პროფილისთვის წერტილებს შორის მანძილი სიმაღლეზე, არაუმეტეს 2 მეტრისა, ყოველი პროფილისთვის მინიმუმ 5 წერტილი), ნავმისადგომის საპროექტო ჭრილი – x_1 ;
- გემების დგომისთვის დასაშვები დაგვერდების(გადახრის) კუთხე, გემების სპეციალიზაციის შესაბამისად ($2^\circ, 3^\circ$ ან 5°) – x_2 ;
- ამრიდი კონსტრუქციის ზომა (მათ შორის შეკუმშულ მდგომარეობაშიც) კორდონის ხაზის პერპენდიკულარულად – x_3 ;
- რეალური და საპროექტო სანავიგაციო სიღრმე ნავმისადგომთან ან შესაბამისი დონეები – x_4 ;

ლოკალურ ან აბსოლუტურ სისტემაში შემდეგი დონეების ნიშნულები:

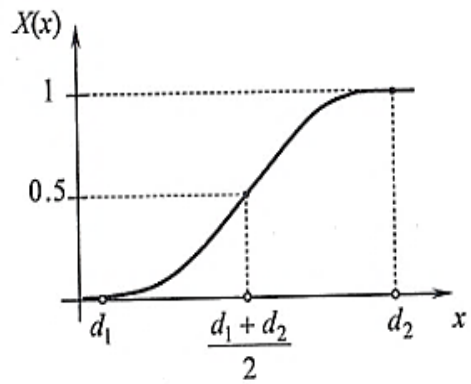
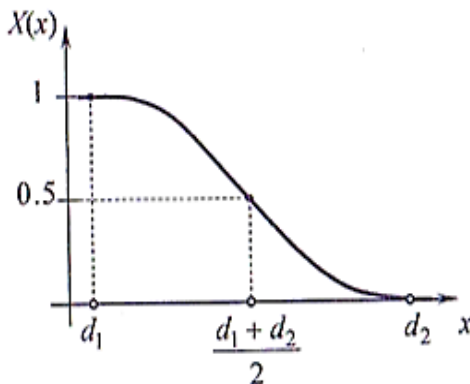
1. ამრიდი კონსტრუქციის ცილინდრის ღერძის (ხომალდის ბორტიდან დატვირთვის აღქმის დონე);
2. მყვინთავების მიერ პროფილის გაზომვისას ზედნაშენის ქვეშ აღებული ბოლო მაჩვენებელი;
3. ყველაზე დაბალი წყლის 98% დონე.

შესასვლელი პარამეტრები, ცვლადები ხასიათდებიან არამკაფიო ტერმებით „დასაშვებია“ და „დაუშვებელია“. იმ შემთხვევაში თუ შესასვლელი რეგისტრირებული პარამეტრების მნიშვნელობები

ექსპერტის მიერ დადგენილ დასაშვებ შუალედებშია, მაშინ, მისი შესაბამისი ლინგვისტური ცვლადის არამკაფიო ტერმის მნიშვნელობაა „დასაშვებია“, წინააღმდეგ შემთხვევაში კი – „დაუშვებელი“. აღნიშნული ტერმების ასახვისათვის ვიყენებთ, შესაბამისად z , s -მაგვარ მიკუთვნების ფუნქციებს, რომლებაც აქვთ შემდეგი სახე:

$$X(x) = \begin{cases} 1, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ 1 - 2 \cdot \frac{(x-d_1)^2}{(d_1-d_2)^2} & \text{თუ } x \in (d_1, \frac{d_1+d_2}{2}) \\ 2 \cdot \frac{(d_2-x)^2}{(d_1-d_2)^2} & \text{თუ } x \in (\frac{d_1+d_2}{2}, d_2) \\ 0, & \text{თუ } x \in [d_2, +\infty) \end{cases} \quad (6.1)$$

$$X(x) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ 2 \cdot \frac{(x-d_1)^2}{(d_2-d_1)^2} & \text{თუ } x \in (d_1, \frac{d_1+d_2}{2}) \\ 1 - 2 \cdot \frac{(d_2-x)^2}{(d_2-d_1)^2} & \text{თუ } x \in (\frac{d_1+d_2}{2}, d_2) \\ 1, & \text{თუ } x \in [d_2, +\infty) \end{cases} \quad (6.2)$$



აქვე უნდა შევნიშნოთ, შესასვლელ პარამეტრად ასევე აღებულია „მევიწიანის გამოცდილება“, რომლებიც ფასდება ლინგვისტური ტერმებით „გამოუცდელი“ და „გამოცდილი“. მათი მიკუთვნების ფუნქციები წარმოადგენენ უბან-უბან წრფივ ფუნქციებს, რომლებიც გამოისახება შემდეგი სახით:

$$X(x) = \begin{cases} 0, & \text{თუ } x \in (-\infty, d_1] \\ \frac{x-d_1}{d_2-d_1}, & \text{თუ } x \in (d_1, d_2] \\ 1, & \text{თუ } x \in (d_2, +\infty) \end{cases} \quad (6.3)$$

ცვლადი, რომლითაც ფასდება ნავმისადგომის ტექნიკური მდგომარეობა, გადმოიცემა ორი არამკაფიო ლინგვისტური ტერმებით „ტექნიკურად გამართულია“ და „ტექნიკურად გაუმართავია“. შემდეგ ეტაპზე ფორმირდება ე.წ. ცოდნის ბაზა (წესები) – გადაწყვეტილებათა სიმრავლე, რომლის შედგენის ალგორითმად გამოყენებულია არამკაფიო დასკვნის გაკეთების მამდანის ალგორითმი, რომელიც ახლა დასკვნის გაკეთების ყველაზე პოპულარული მოდელია. მამდანის არამკაფიო მოდელში წესების მარჯვენა ნაწილი შეიცავს Y^Q არამკაფიო სიმრავლებს.

ორი შესასვლელის შემთხვევაში მამდანის წესს აქვს შემდეგი სახე R^Q : თუ x_1 არის X_1^Q და x_2 არის X_2^Q , მაშინ y არის Y^Q ; $Q = 1,2$; (6.4)

აღნიშნულ მოდელში გამოყენებულია:

- ლოგიკური ოპერაცია „და“ (And method)-min;
- იმპლიკაცია (Implication)-max;
- აგრეგაცია (Aggregation)-max;
- დეფუზიფიკაცია (Defuzzification)-centroid.

$$X(x) = e^{-\left(\frac{x-d_1}{d_2}\right)^{2d_3}} \quad (6.5)$$

სადაც d_1 მრუდის სიმეტრიის ცენტრის წერტილის კორდინატი;

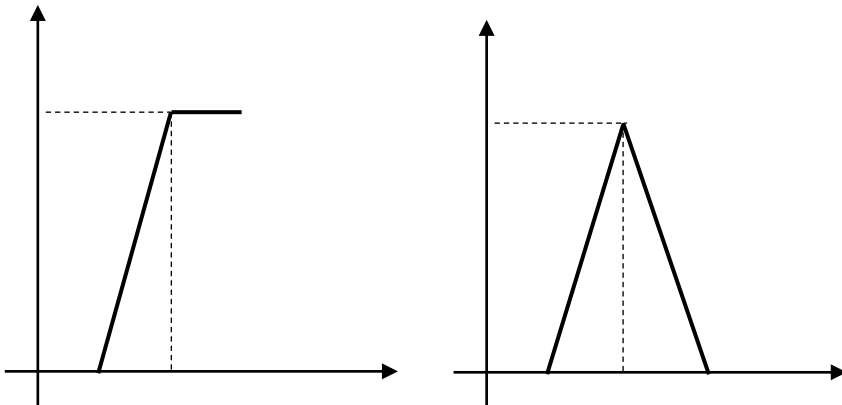
d_2 – ვარიაციის კოეფიციენტი;

d_3 – დახრილობის კოეფიციენტი.

$$X(x) = \frac{1}{1 + \left| \frac{x-d_1}{d_3} \right|^{2d_2}}. \quad (6.6)$$

სადაც d_1 არის მრუდის სიმეტრიის ცენტრის წერტილის კოორდინატი;
 d_2 – პარამეტრი, რომელიც ახასიათებს ფუნქციის ზემო ნაწილის
 სიდიდეს;

d_3 – დახრილობის კოეფიციენტი.



რადგანაც შესასვლელ ცვლადად შემოვიყვანეთ „მყვინთავის გამოცდილება“, მამდანის ალგორითმში ის ავსახეთ შესაბამისი წონითი კოეფიციენტით. ამ შემთხვევაში მამდანის წესი (6.6) მიიღებს შემდეგ სახეს:

R^0 : თუ დაზიანება „მცირეა“ (დასაშვები დიპაზონიდან მცირედ არის გადახრილი) და მყვინთავის გამოცდილება „დაბალია“, მაშინ ტექნიკური მდგომარეობა შეგვიძლია მივიღოთ შესაძლებლად ექსპლუატაციისათვის. ამ დასკვნას ვანიჭებთ 0,5 წონას.

ახლა განვიხილოთ, სისტემა ორი შესასვლელით და ორი წესით, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან კავშირით – „სხვაგვარად“.

R^1 : თუ x_1 ; არის X_1^1 და x_2 ; არის X_2^1 , მაშინ y არის Y^1 სხვაგვარად.

R^2 : თუ x_1 ; არის X_1^2 და x_2 ; არის X_2^2 , მაშინ y არის Y^2 .

შესასვლელი: x_1 არის X_1' და x_2 არის X_2' .

გამოსასვლელი: y არის Y' .

მამდანის იმპლიკაციის გამოყენებისას გაერთიანება-კავშირი „სხვაგვარად“ გაიგება, როგორც გაერთიანება \cup .

შესაბამისად გვექნება:

$$Y' = (X_1' \text{ და } X_2') \circ \left[\left((X_1^1 \text{ და } X_2^1) \rightarrow Y^1 \right) \cup \left((X_1^2 \text{ და } X_2^2) \rightarrow Y^2 \right) \right], \quad (6.7)$$

სადაც ნიშანი - „ \circ “, აღნიშნავს მაქსიმინის კომპოზიციას.

თუ გავითვალისწინებთ, რომ X_1', X_2' წარმოადგენენ არამკაფიო სიმრავლეების სინგლეტონებს, გვექნება:

$$Y' = \hat{Y}^1 \cup \hat{Y}^2;$$

$$\hat{Y}^\theta(y) = X_1^\theta(x_1^0) \wedge X_2^\theta(x_2^0) \wedge Y^\theta(y), \theta = 1, 2, \quad (6.8)$$

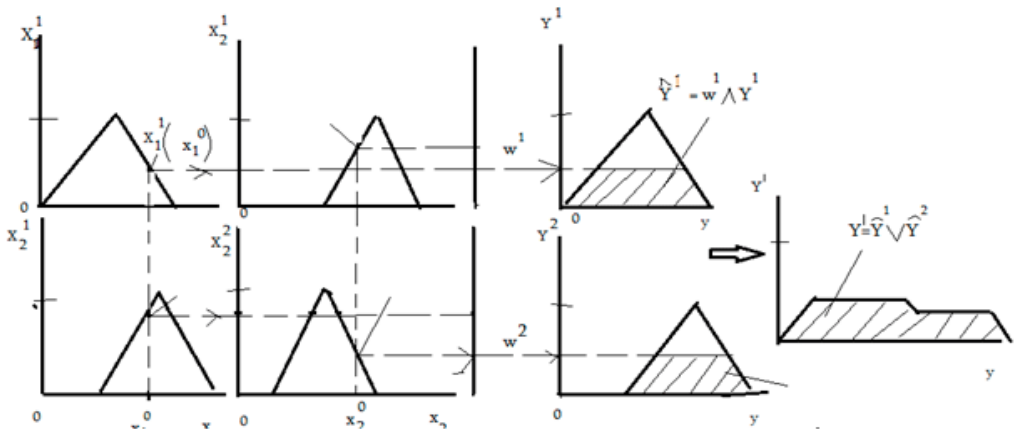
მაშინ (6.7) და (6.8)-დან ვიღებთ:

$$\begin{aligned} Y'(y) &= [X_1^1(x_1^0) \wedge X_2^1(x_2^0) \wedge Y^1(y)] \vee [X_1^2(x_1^0) \wedge X_2^2(x_2^0) \wedge Y^2(y)] = \\ &= w^1 \wedge Y^1(y) \vee [w^2 \wedge Y^2(y)], \end{aligned} \quad (6.9)$$

სადაც

$$w^1 = X_1^1(x_1^0) \wedge X_2^1(x_2^0), \quad w^2 = X_1^2(x_1^0) \wedge X_2^2(x_2^0).$$

ასეთი სისტემის გრაფიკულ ინტერპრეტაციას აქვს შემდეგი სახე (იხ. ნახ. 6.10):



ნახ. 6.10. სისტემის გრაფიკული ინტერპრეტაცია

იმ დროს როდესაც გვაქვს q რაოდენობის წესი, მამდანის არამკაფიო დასკვნის გამოსახულებას ენება შემდეგი სახე:

$$Y'(y) = \bigvee_{\theta=1}^q [w^\theta \wedge Y^\theta(y)], \quad (6.10)$$

$$X_1^1(x_1^0) \wedge X_2^1(x_2^0) = \min \{ X_1^1(x_1^0), X_2^1(x_2^0) \},$$

$$X_1^2(x_1^0) \wedge X_2^2(x_2^0) = \min \{ X_1^1(x_1^0), X_2^1(x_2^0) \}.$$

Q-ანალიზი სხვადასხვა გამოსახულებებში შემავალი პარამეტრებისათვის: ხშირად ამოცანის გადაწყვეტისას საჭირო ხდება იმის დადგენა, თუ რა გავლენას ახდენს ამა თუ იმ პარამეტრის (საწყისი პარამეტრის) ცვლილება ჩვენთვის საინტერესო სხვა პარამეტრზე (გამოსასვლელ პარამეტრზე). ზოგჯერ არ ჩანს უშუალო კავშირი ამ პარამეტრებს შორის, ამიტომ ძნელია იმის გარკვევა, ახდენს თუ არა გავლენას რომელიღაც საწყისი პარამეტრის ცვლილება ჩვენთვის საინტერესო გამოსასვლელ პარამეტრზე. ამის გასარკვევად მოსახერხებელია Q-ანალიზის მეთოდის გამოყენება.

ვთქვათ F აღნიშნავს სხვადასხვა პარამეტრების შემცველი ცვლადიანი გამოსახულებების (ფორმულების) გარკვეულ სიმრავლეს, ხოლო P კი იმ პარამეტრების სიმრავლეს, რომლებიც ერთ გამოსახულებაში მაინც მონაწილეობს. პარამეტრების შემცველი თითოეული ცვლადიანი გამოსახულება შეიძლება განვიხილოთ როგორც სიმპლექსი, რომლის წვეროებია ამ გამოსახულებაში შემავალი პარამეტრები. ცხადია, რომ ასეთი სიმპლექსების ერთობლიობა წარმოშობს K კომპლექსს.

შევადგინოთ ინციდენტობის მატრიცა ფორმულების მიხედვით:

$$\gamma = \arctg \frac{d_{\text{ამრ.მოწყ}} - K + O_1 - c}{L_{\text{საერთ.}} - L_1 + a},$$

$$\beta = \operatorname{arctg} \frac{B}{2(T + \Delta y - R)},$$

$$\Delta_{BT} = B \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta} \sin \left(\beta + \frac{\gamma}{2} \right) + R(T - tg\gamma),$$

$$\Delta_{BT}' = B \frac{\sin \frac{\gamma}{2}}{\sin \beta} \sin \left(\beta + \frac{\gamma}{2} \right) + R \left(1 - \frac{tg \frac{\gamma}{2}}{\cos \gamma} \right)$$

$$h = \frac{L - 40}{0.57} + 40B + 3500 \frac{T}{L}.$$

	$d_{\text{ამრ.მოწყ}}$	K	O_1	c	$L_{\text{საერთ.}}$	L_1	a	B	T	Δy	R	γ	β	L
γ	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
β	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
Δ_{BT}	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0
Δ_{BT}'	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0
h	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1

მოცემული მატრიცის მისსავე ტრანსპონირებულ მატრიცაზე ნამრავლია შეადგენს:

$$\Lambda \cdot \Lambda^T = \begin{pmatrix} 8 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 5 & 3 & 3 & 2 \\ 1 & 1 & 4 & 3 & 2 \\ 1 & 3 & 3 & 4 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 1 & 3 \end{pmatrix}.$$

$\Lambda \cdot \Lambda^T$ მატრიცის დიაგონალზე მდგომი C_{ii} ელემენტი გვიჩვენებს თუ რამდენი პარამეტრი შედის i -ურ გამოსახულებაში, ხოლო C_{ij} ($i \neq j$) ელემენტი გვიჩვენებს თუ რამდენია ისეთი პარამეტრი, რომელიც მონაწილეობს როგორც f_i , ასევე f_j გამოსახულებაში.

თუ ვისარგებლებთ Q-ანალიზის მეთოდით, მივიღებთ, რომ მოცემული მიმართების (მოცემულ მიმართებაში ვგულისხმობთ გამოსახულებათა სიმრავლესა და ამ გამოსახულებებში შემავალი

პარამეტრების სიმრავლებს შორის მიმართებას) შესაბამისი სტრუქტურის ვექტორია:

$$Q = (1; 1; 1; 2; 4; 3; 2; 1).$$

როგორც ვხედავთ $Q_7 = Q_6 = Q_5 = 1$ – არსებობს ერთადერთი გამოსახულება (γ -ს გამოსათვლელი გამოსახულება), რომელიც თითოეული დამოკიდებულია 6 ან უფრო მეტ პარამეტრზე ($5+1=6$).

$Q_4 = 2$ – არსებობს ორი გამოსახულება (ორი სიმპლექსი): γ და β , რომელთაგან თითოეული დამოკიდებულია არანაკლებ 5-ის პარამეტრზე ($4+1=5$), მაგრამ არ მოიძებნება 5 საერთო პარამეტრი, ამიტომ გვაქვს ორი ეკვივალენტობის კლასი, რომელთაგან თითოეული არის ერთელემენტური სიმრავლე: $\{\gamma\}$, $\{\beta\}$.

$Q_3 = 4$ – არსებობს ოთხი გამოსახულება (ოთხი სიმპლექსი): γ ; β ; Δ_{BT} ; Δ'_{BT} , რომელთაგან თითოეული დამოკიდებულია არანაკლებ 5-სა პარამეტრზე ($4+1=5$), მაგრამ არ მოიძებნება ორი მაინც ისეთი გამოსახულება, რომ მათი საერთო წახნაგის განზომილება იყოს 4 ან მეტი, ამიტომ გვაქვს ოთხი ეკვივალენტობის კლასი, რომელთაგან თითოეული არის ერთელემენტური სიმრავლე: $\{\gamma\}$, $\{\beta\}$, $\{\Delta_{BT}\}$, $\{\Delta'_{BT}\}$.

$Q_2 = 3$ – არსებობს ხუთი გამოსახულება (ხუთი სიმპლექსი): γ ; β ; Δ_{BT} ; Δ'_{BT} ; h , რომელთაგან თითოეული დამოკიდებულია არანაკლებ 3-სა პარამეტრზე ($2+1=3$), მაგრამ მათ შორის მხოლოდ β ; Δ_{BT} ; Δ'_{BT} გამოსახულებები არიან ერთმანეთთან ბმული 2 – განზომილებიანი წახნაგის საშუალებით (4 საერთო პარამეტრი), ამიტომ გვაქვს 3 ეკვივალენტობის კლასი: $\{\gamma\}$, $\{\Delta_{BT}; \Delta'_{BT}\}$, $\{h\}$.

$Q_1 = 2$ – ხუთივე გამოსახულება (ხუთივე სიმპლექსი) დამოკიდებულია არანაკლებ 2 პარამეტრზე ($1+1=2$), ამასთან γ გამოსახულება

არაა არც ერთ სხვა გამოსახულებასთან ბმული ორი პარამეტრით მაინც, ამიტომ ის ქმნის ცალკე ეკვივალენტობის კლასს, ხოლო დანარჩენი გამოსახულებები არიან ერთსა და იმავე ეკვივალენტობის კლასში (ისინი ბმულია ერთმანეთთან ორი პარამეტრით მაინც), ე. ი. გვაქვს ორი ეკვივალენტობის კლასი: $\{\gamma\}$ და $\{\beta; \Delta_{BT}; \Delta'_{BT}; h\}$.

$Q_0 = 1$ ხუთივე გამოსახულებიდან (ხუთივე სიმპლექსიდან) თითოეულს აქვს ერთი საერთო პარამეტრი მაინც რომელიდაც სხვა გამოსახულებასთან, ეს კი ნიშნავს, რომ ისინი არიან ერთსა და იმავე ეკვივალენტობის კლასში.

ექსცენტრისიტეტი f გამოსახულების (სიმპლექსის) ექსცენტრისიტეტი გვიჩვენებს რამდენად განსხვავებულია, რამდენად განცალკავებულია ეს გამოსახულება სხვა გამოსახულებიდან. თუ \hat{q} აღნიშნავს f გამოსახულების (სიმპლექსის) განზომილებას, ხოლო \check{q} კი აღნიშნავს f გამოსახულების (სიმპლექსის) სხვა სიმპლექსებთან საერთო წახნაგების განზომილებებს შორის უდიდესს, მაშინ f სიმპლექსის ექსცენტრისიტეტი გამოითვლება ფორმულით:

$$ecc(f) = \frac{\hat{q} - \check{q}}{\check{q} + 1},$$

$$ecc(\gamma) = \frac{7 - 0}{0 + 1} = 7,$$

$$ecc(\beta) = \frac{4 - 2}{2 + 1} = \frac{2}{3},$$

$$ecc(\Delta_{BT}) = \frac{3 - 2}{2 + 1} = \frac{1}{3},$$

$$ecc(\Delta'_{BT}) = \frac{3 - 2}{2 + 1} = \frac{1}{3},$$

$$ecc(h) = \frac{2 - 1}{1 + 1} = \frac{1}{2},$$

როგორც ვხედავთ, განსაკუთრებით ყურადსაღებია γ პარამეტრის (დაგვერდების კუთხის) გამოსათვლელი გამოსახულება. მისი ექსცენტრისიტეტი სხვებთან შედარებით ბევრად დიდია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ეს გამოსახულება „მოიხმარს“ სხვა გამოსახულებებით მიღებულ შედეგებს.

უნდა აღინიშნოს, რომ ასევე მნიშვნელოვანია განხილული კომპლექსის შეუღლებული $K_p(F, \lambda^{-1})$ კომპლექსის Q-ანალიზი. ამ შემთხვევაში ყოველი პარამეტრი წარმოადგენს სიმპლექსს, რომლის წვეროებია ის გამოსახულებები (ფორმულები), რომელ გამოსახულებებშიაც შედიან ეს პარამეტრები. $K_p(F, \lambda^{-1})$ კომპლექსის Q-ანალიზი და თითოეული პარამეტრის ექსცენტრისიტეტის ცოდნა საშუალებას მოგვცემს შევაფასოთ, თუ რამდენადაა ბმული ესა თუ ის პარამეტრები ერთმანეთთან. ჩვენ მიერ განხილული ინციდენტურობის მატრიცის შემთხვევაში

$$\Lambda^T \cdot \Lambda =$$

1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	4	3	1	2	2	3	1
0	0	0	0	0	0	0	3	3	1	1	1	2	1
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	2	1	2	0
1	1	1	1	1	1	1	2	1	0	1	3	2	0
0	0	0	0	0	0	0	3	2	1	2	2	3	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1

$\Lambda^T \cdot \Lambda$ მატრიცის დიაგონალზე მდგომი d_{ii} ელემენტი გვიჩვენებს, თუ რამდენ გამოსახულებაში (ფორმულაში) შედის i -ური პარამეტრი, ხოლო d_{ij} ($i \neq j$) ელემენტი გვიჩვენებს, თუ რამდენია ისეთი გამოსახულება, რომელშიც მონაწილეობს როგორც p_i , ასევე p_j პარამეტრი.

თუ ვისარგებლებთ Q-ანალიზის მეთოდით, მივიღებთ, რომ შექცეული მიმართების შესაბამის სტრუქტურის ვექტორია:

$$Q' = (1; 3; 1; 1).$$

როგორც ვხედავთ $Q'_3 = 1$ – არსებობს ერთადერთი პარამეტრი B , რომელიც მონაწილეობს ოთხ ან უფრო მეტ ცვლადიან გამოსახულებაში;

$Q'_2 = 3$ – არსებობს ოთხი პარამეტრი: B, T, γ, β , რომელთაგან თითოეული მონაწილეობს არანაკლებ 3 ცვლადიან გამოსახულებაში ($2+1=3$), მაგრამ მათ შორის მხოლოდ B და T პარამეტრები არიან ერთმანეთთან ბმული 2-განზომილებიანი წახნაგის საშუალებით (3 საერთოცვლადიანი გამოსახულება), ამიტომ გვაქვს 3 ეკვივალენტობის კლასი: $\{B; T\}, \{\gamma\}, \{\beta\}$.

$Q'_1 = 1$ – არსებობს ხუთი პარამეტრი: B, T, γ, β, R , რომელთაგან თითოეული მონაწილეობს არანაკლებ 2 ცვლადიან გამოსახულებაში ($1+1=2$), თითოეული მათგანი ბმულია რომელიღაც სხვასთან ორი საერთო გამოსახულებით მაინც, ამიტომ ყველა პარამეტრი ეკუთვნის ერთსა და იმავე ეკვივალენტობის კლასს – გვაქვს ერთადერთი ეკვივალენტობის კლასი: $\{B, T, \gamma, \beta, R\}$.

$Q'_0 = 1$ – განხილული პარამეტრებიდან ნებისმიერი მონაწილეობს ერთ გამოსახულებაში მაინც, ამასთან თითოეული მათგანისათვის

მოიძებნება ერთი გამოსახულება მაინც, რომელშიც მონაწილეობს კიდევ ერთი პარამეტრი.

6.2.4. ექსცენტრისიტეტი

p პარამეტრის ექსცენტრისიტეტი გვიჩვენებს რამდენად განსხვავებულია – რამდენად განცალკავებულია – ეს პარამეტრი სხვა პარამეტრებისაგან. თუ \hat{q} აღნიშნავს p პარამეტრის განზომილებას, ხოლო \check{q} კი აღნიშნავს p პარამეტრის სხვა პარამეტრთან საერთო წახნაგების განზომილებებს შორის უდიდესს, მაშინ p პარამეტრის ექსცენტრისიტეტი გამოითვლება ფორმულით:

$$ecc(p) = \frac{\hat{q} - \check{q}}{\check{q} + 1}.$$

$$ecc(d_{\text{ამრ.მოწყ.}}) = ecc(K) = ecc(Q_1) = ecc(c) = ecc(L_{\text{საერთო}}) = ecc(L_1) = ecc(a) = 0;$$

$$ecc(B) = \frac{3-2}{2+1} = \frac{1}{3};$$

$$ecc(T) = \frac{2-1}{1+1} = \frac{1}{2};$$

$$ecc(\Delta y) = \frac{0-0}{0+1} = 0;$$

$$ecc(R) = \frac{1-1}{1+1} = 0;$$

$$ecc(\gamma) = \frac{2-1}{1+1} = \frac{1}{2};$$

$$ecc(\beta) = \frac{2-1}{1+1} = \frac{1}{2};$$

$$ecc(L) = \frac{0-0}{0+1} = 0.$$

როგორც ვხედავთ, არც ერთი პარამეტრის ექსცენტრისიტეტი არაა 1-ზე მეტი, ეს ნიშნავს, რომ პარამეტრები საკმაოდ მჭიდროდაა ერთმანეთთან დაკავშირებული. ყველაზე მეტგანზომილებიანი

სიმპლექსი არის B პარამეტრი (ხომალდის სიგანე), რომელიც მონაწილეობს ოთხ გამოსახულებაში. ასევე აღსანიშნავია T პარამეტრი (ხომალდის ჯდომა), რომელიც მონაწილეობს სამ გამოსახულებაში, ამასთან ერთად ყველა ამ გამოსახულებებში მონაწილეობს B პარამეტრი (ხომალდის სიგანე), აქედან გამომდინარე, ბუნებრივია განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს ამ ორი პარამეტრის გაზომვის სიზუსტეს.

6.2.5. ინტერაქტიური პროგრამული პაკეტი გემის ჯდომის სრული კორექტირების გაანგარიშებისათვის

ზემოთ დაწვრილებით არის განხილული თემის მათემატიკური მოდელი და ტექნოლოგიური საკითხები, აგრეთვე შემოთავაზებულია გაანგარიშების მეთოდიკა, რომელიც იყენებს პროგრამა Excel-ის შესაძლებლობებს ჯდომის კორექტირების Δ_{BT}^1 გამოთვლის ბლოკ-სქემას თანმიმდევრული მიახლოების მეთოდით (მონიშნული ისრები – გამოთვლების ციკლი).

აქ ყურადღებას გავამახვილებთ ხომალდის ჯდომის სრული კორექტირების გაანგარიშებაზე თანმიმდევრული მიახლოების მეთოდით, რომელიც რეალიზებულია Visual Studio 2019-ის გარემოში C++ ენაზე დაწერილი პროგრამული პაკეტის საშუალებით.

აღნიშნული პაკეტი შედგება ორი პროგრამისაგან (პროგრამის კოდი იხ. დანართი1).

1. პირველის დანიშნულებაა, საჭიროების შემთხვევაში, შექმნას გემების მონაცემთა ბაზა, სადაც თავმოყრილი იქნება გემების მონაცემები:

გემების დასახელება, გემებისთვის დასაშვები დახრის კუთხე, შეხების წერტილის კოორდინატი, სრული კორექციის საწყისი მნიშვნელობისა და დასაშვები სიზუსტის მნიშვნელობა;

2. მეორეს დანიშნულებაა – უშუალოდ მიზნობრივი, ანუ გემების ჯდომის სრული კორექტირების გაანგარიშება თანმიმდევრული მიახლოების მეთოდით. ამ პროგრამას გააჩნია მომხმარებლის გრაფიკული ინტერფეისი (GUI), რომლის მეშვეობით მომხმარებელს ეძლევა შესაძლებლობა დიალოგურ რეჟიმში აწარმოოს საჭირო გაანგარიშება:

i) აირჩიოს სასურველი გემი მონაცემთა ბაზიდან და ერთ ღილაკზე click-ით გამოითვალოს არჩეული გემისათვის ჯდომის სრული მნიშვნელობა;

ii) თავად შეიტანოს გემის ხომალდის მონაცემები და გამოითვალოს ჯდომის სრული მნიშვნელობა და, დამაკმაყოფილებელი შედეგის შემთხვევაში, დაიმახსოვროს შეტანილი პარამეტრების მქონე გემი მონაცემთა ბაზაში.

გემი პროგრამაში აღწერილია **Xomaldi** სტრუქტურის სახით. სტრუქტურის წევრებს წარმოადგენენ: გემის დასახელება, დასაშვები დახრის კუთხე, შეხების წერტილის კოორდინატი, სრული კორექციის საწყისი მნიშვნელობა და დასაშვები სიზუსტის მნიშვნელობა.

პროგრამა ქმნის 50 გემისაგან შემდგარ ბაზას. გემების პარამეტრები (**Xomaldi** – სტრუქტურის წევრები) ქმნიან გარკვეულ დიაპაზონებს, მაგალითად, პირველი გემის დასაშვები დახრის კუთხის მნიშვნელობა უდრის 0,087-ს, ხოლო ყოველი მომდევნო გემის შესაბამისი პარამეტრი მეტია 0,001-ით. ანალოგიურად იცვლებიან დანარჩენი პარამეტრებიც.

ბაზის შევსების ეს მიდგომა პროგრამის უმნიშვნელო ცვლილების გზით შეიძლება შეიცვალოს დიალოგური მეთოდით: თითოეული გემის თითოეული (ან შერჩევით) პარამეტრი მომხმარებელმა უნდა შეიტანოს კლავიატურიდან პროგრამის შესაბამის მოთხოვნაზე საპასუხოდ.

50 ხომალდის ყველა პარამეტრისათვის მნიშვნელობის მინიჭების შემდეგ (ზემოთ აღწერილი ან ერთი, ან მეორე გზით) ისინი ქმნიან ბინარულ ფაილს სახელად **xomaldebi.dat**, რომელიც ფაქტობრივად წარმოადგენს გემების ბაზას. ამის შემდგომ პროგრამა კონტროლის მიზნით ეკრანზე გამოიტანს შექმნილი ბაზის ყველა ჩანაწერს. შესაბამისი სურათი მოცემულია ქვემოთ:

პროგრამის მოკლე აღწერა.

ამ პროგრამის საწყისი კოდის ჩვენებისაგან თავს შევიკავებთ, ვინაიდან გრაფიკული ინტერფეისის მქონე პროექტებში იგი განაწილებულია რამდენიმე ფაილში და საწყისი კოდის მოცულობა საკმაოდ დიდია, გარდა ამისა პროგრამის ფუნქციონირების აღწერისათვის ეს საჭირო არ არის. პროგრამის შესრულებაზე გაშვების პროცესში გემების ბაზა იტვირთება მეხსიერებაში და მომხმარებელს ეძლევა შესაძლებლობა აირჩიოს ნებისმიერ ბაზაში არსებული გემი ან შეიტანოს პარამეტრების ისეთი მნიშვნელობები, რომლებიც სცდებიან ბაზაში არსებულ დიაპაზონებს. შესაბამისი სურათი გამოიყურება ასე:

ბაზიდან გემის არჩევის შემთხვევაში ვლებულობთ შემდეგ სურათს:

ამ სიტუაციაში მომხმარებელი ღილაკით გამოიძახებს „გაანგარიშებას“ და სიტყვა „შედეგის“ გასწვრივ ღებულობს საძიებელი მნიშვნელობას:

სხვა ვითარება გვაქვს, როდესაც მომხმარებელი არ ირჩევს ხომალდს ბაზიდან, არამედ სურს გაიანგარიშოს მიზნობრივი მნიშვნელობა ისეთი პარამეტრებისათვის, რომლებიც სცდება ბაზაში მოცემულ პარამეტრების დიაპაზონებს.

ასეთ შემთხვევაში მომხმარებელს პარამეტრების სასურველი მნიშვნელობები შეაქვს შესაბამის ველებში და ამის შემდგომ დააწკაპუნებს ღილაკს „გაანგარიშება“.

თუ მიღებული შედეგი დამაკმაყოფილებელია და მომხმარებელი ჩათვლის საჭიროდ, რომ ასეთი პარამეტრების მქონე გემი უნდა დავიმახსოვროთ ბაზაში, იგი კვლავ აგრძელებს დაწკაპუნებას.

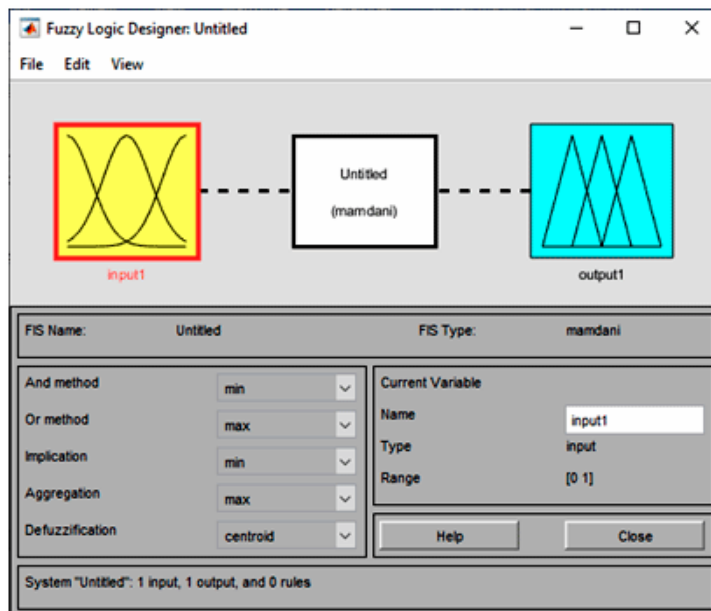
ღილაკის „გემის დამატება ბაზაში“ დახმარებით ბაზაში ბოლო ჩანაწერის სახით დაემატება ეს გემი. მისი არჩევა შესაძლებელი იქნება პროგრამის მომდევნო გაშვების დროს.

The screenshot shows a web application window titled "ხომალდის ჯდომის სრული კორექტირების გაანგარიშება თანმიმდევრული მიახლოების მეთოდით". The main content area is yellow and contains the following elements:

- A dropdown menu with "ship0" selected.
- Four input fields with the following labels and values:
 - დასაშვები დაგვერდების კუთხე (რადიანებში): 0.087
 - შუნების წერტილის კოორდინატი (ჩ): 7
 - სრული კორექციის საწყისი მნიშვნელობა (delta): 2.3
 - დასაშვები სიზუსტე: 0.01
- A red label "შედეგი" (Result).
- Two buttons at the bottom: "გაანგარიშება" (Calculate) and "ხომალდის დამატება ბაზაში" (Add ship to base).

6.2.6. პროგრამული პაკეტი, ნავსადგომების ტექნიკური დიაგნოსტიკის მართვა Fuzzy ტექნოლოგიების გამოყენებით (Matlab-ის ბაზაზე)

სისტემა „Matlab“-ის საბრძანებო ფანჯრიდან შევიტანოთ ფუნქცია „fuzzy“, რომელიც იძახებს FIS-რედაქტორს. FIS არამკაფიო დასკვნის სისტემის რედაქტორი, ანუ მოკლედ FIS რედაქტორი, არის ძირითადი საშუალება არამკაფიო სისტემის შექმნისა და რედაქტირების გრაფიკულ რეჟიმში. ამ ფუნქციით მომხმარებელს ეძლევა საშუალება შექმნას და რედაქტირება გაუკეთოს არამკაფიო სისტემას, შეცვალოს შემავალი და გამომავალი ცვლადების რიცხვი, სისტემის ტიპი და სხვა. ფუნქცია „fuzzy“ იძახებს ფანჯარას ახლად შესაქმნელი სისტემისათვის (სურ. 6.14).



სურ. 6.14. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა

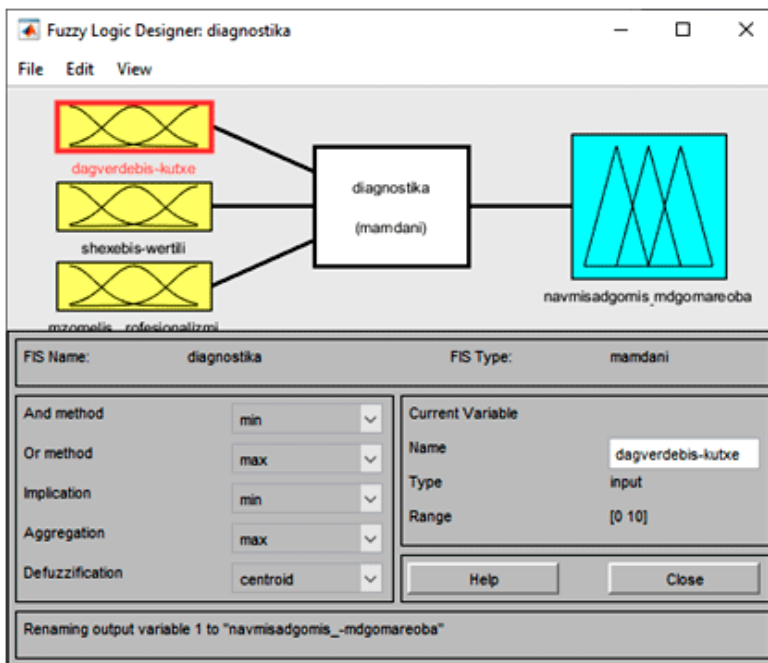
თუ არ არის მითითებული, ზოგიერთი პარამეტრი გაჩნდება ავტომატურად, მაგალითად, სისტემის ტიპი (mamdani), არამკაფიო

ლოგიკური ოპერაციები და სხვა. თუ მომხმარებელს აქვს სურვილი, მას შეუძლია შეცვალოს შესაბამისი პარამეტრი. სისტემის ტიპის შეცვლისათვის უნდა განხორციელდეს File → New FIS ... → sugeno.

სამუშაოს შესრულება:

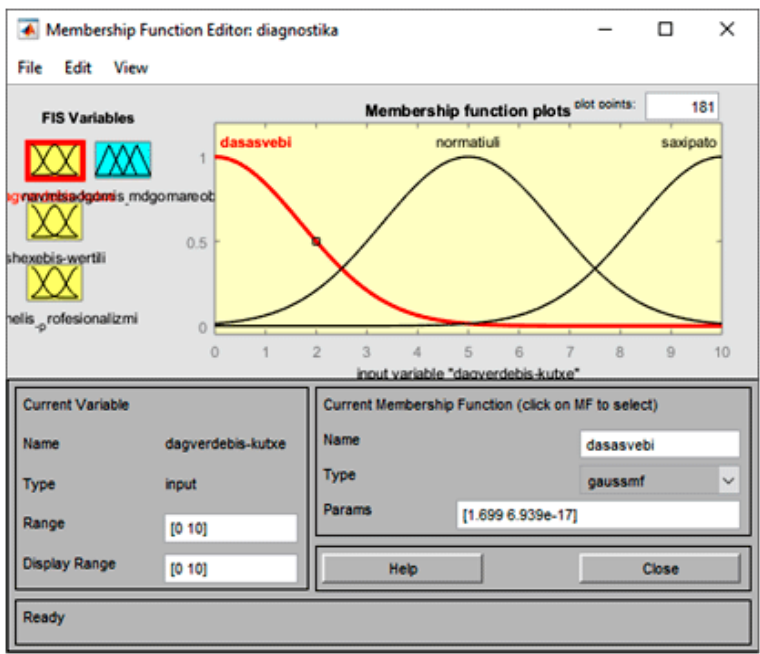
საბრძანებო ფანჯრიდან გავხსნათ FIS-რედაქტორი, fuzzy ფუნქციის საშუალებით.

დავამატოთ კიდევ ორი შესასვლელი, ამისათვის შევასრულოთ Edit/Add Variable/input. შევუცვალოთ შესასვლელებს სახელები: „დაგვერდების(გადახრის) კუთხე“, „შეხების წერტილი“, „მზომელის პროფესიონა-ლიზმი“.გამოსასვლელი შევცვალოთ სახელით „ნავმისადგომის მდგომარეობა“. დავიმახსოვროთ სისტემა სახელით: „დიაგნოსტიკა“ (სურ. 6.15).



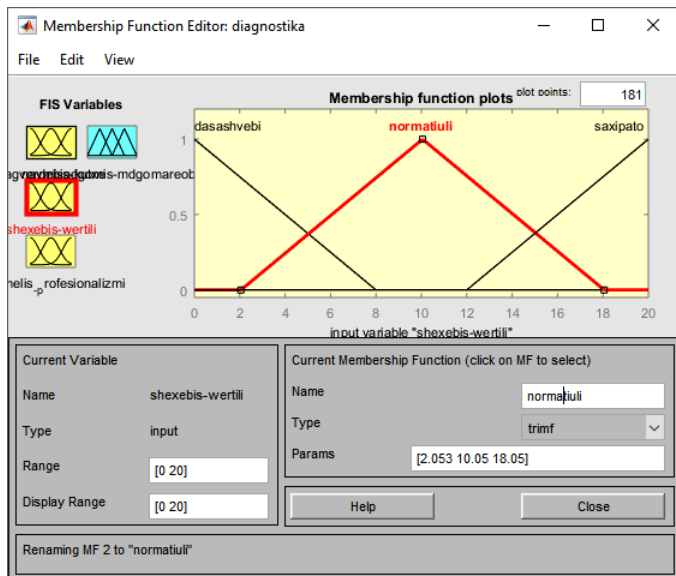
სურ. 6.15. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა

გამოვიტანოთ მიკუთვნების ფუნქციების რედაქტორი. ამისათვის ორჯერ დავაწკაპუნოთ შესასვლელის ბლოკზე. შევცვალოთ ცვლილების დიაპაზონი ცვლადისათვის – „დაგვერდების კუთხე“, რისთვისაც შევიტანოთ Range ველში [0 10]. დავაყენოთ მიკუთვნების გაუსის ტიპის ფუნქცია. მივაკუთვნოთ „დაგვერდების კუთხე“ ცვლადის სამ თერმს სახელები და შევუცვალოთ ტიპი. სახელებია: „დასაშვები“, „ნორმატიული“, „სახიფათო“ (სურ. 6.16).



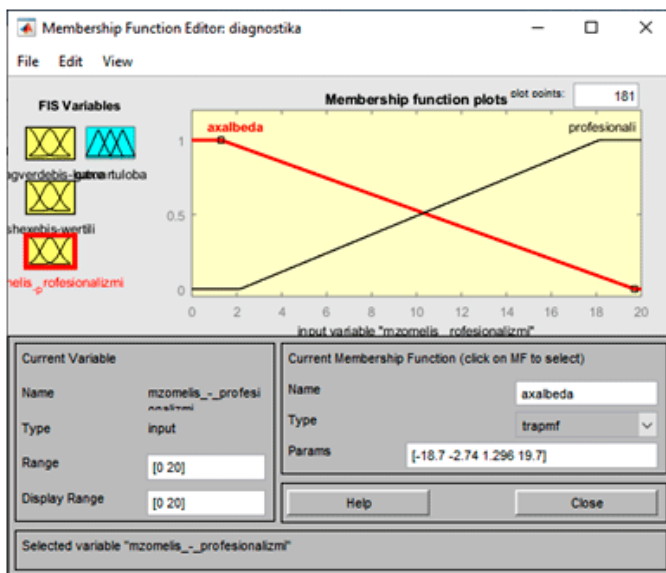
სურ. 6.16. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა

მივაკუთვნოთ ფუნქციები შემდეგ ცვლადს – „შეხების წერტილი“. შევუცვალოთ თერმებს სახელები: „დასაშვები“, „ნორმატიული“, „სახიფათო“ და ფუნქციის ტიპი შევცვალოთ ტრაპეციულურით – trapmf. Range ველში შევიტანოთ დიაპაზონი [0 20]. მივიღებთ შემდეგ ფანჯარას (სურ. 6.17):



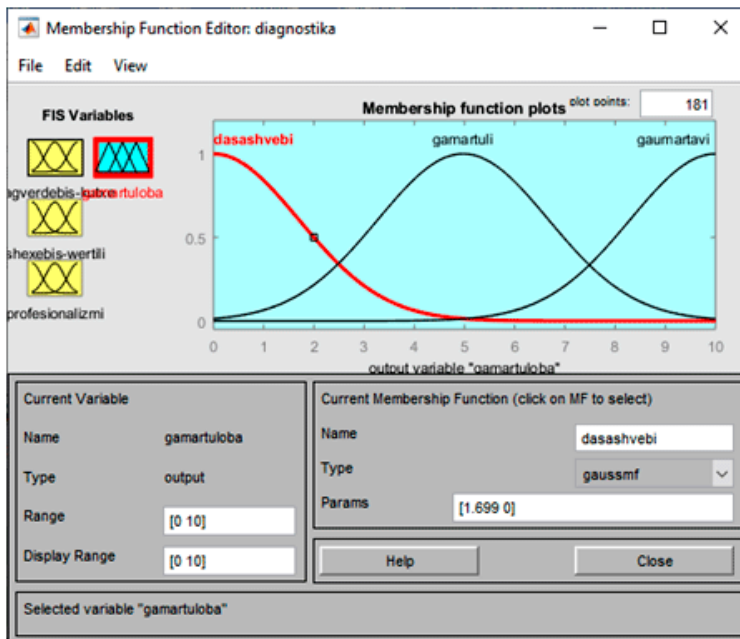
სურ. 6.17. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა

მივაკუთნოთ ფუნქციები შემდეგ ცვლადს – „მზომელის პროფესიონალიზმი“. შევუცვალოთ თერმებს სახელები: „ახალბედა“, „პროფესიონალი“ და ფუნქციის ტიპი შევცვალოთ ტრაპეციალურით - trapmf. Range ველში შევიტანოთ დიაპაზონი [0 20]. მივიღებთ შემდეგ ფანჯარას (სურ. 6.18):



სურ. 6.18. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა

მივაკუთვნოთ ფუნქციები გამოსასვლელ ცვლადს – „გამართულობა“. ვიყენებთ გაუსის სახის 3 თერმს, ამიტომ ფუნქციების დამატება არ დაგვჭირდება. Range ველში შევიტანოთ დიაპაზონი [0 10]. ფუნქციებს მივაკუთვნოთ სახელები: „დასაშვები“, „გამართული“ და „გაუმართავი“. (სურ. 6.19).

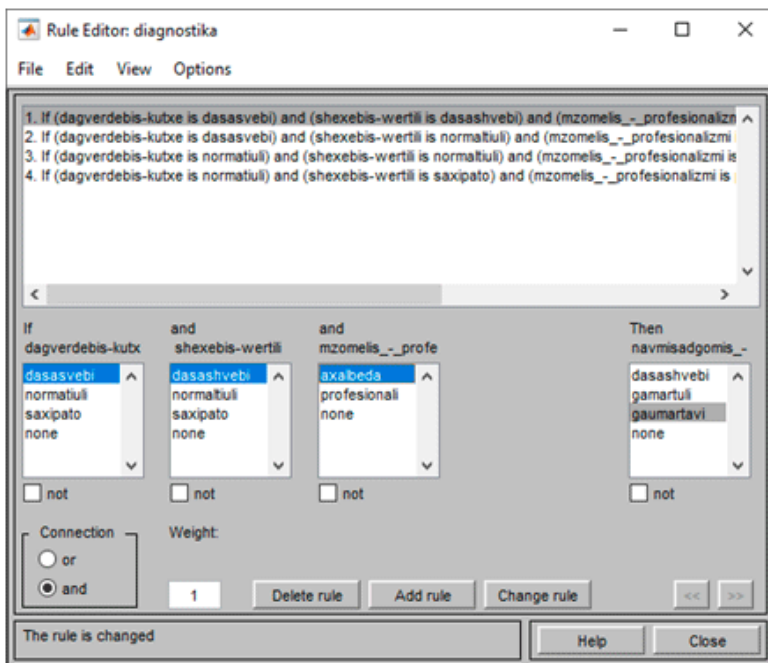


სურ. 6.19. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა

გადავდივართ წესების რედაქტორში. ვასრულებთ Edit/Rules. შევიტანოთ წესები:

1. თუ დაგვერდების კუთხე არის „დასაშვები“, შეხების წერტილი არის „დასაშვები“ და „მზომელის პროფესიონალიზმი“ არის „ახალბედა“, მაშინ „ნავმისადგომის მდგომარეობა“ არის „გაუმართავი“.
2. თუ დაგვერდების კუთხე არის „დასაშვები“, შეხების წერტილი არის „ნორმატიული“ და „მზომელის პროფესიონალიზმი“ არის „პროფესიონალი“ მაშინ „ნავმისადგომის მდგომარეობა“ არის „დასაშვები“.

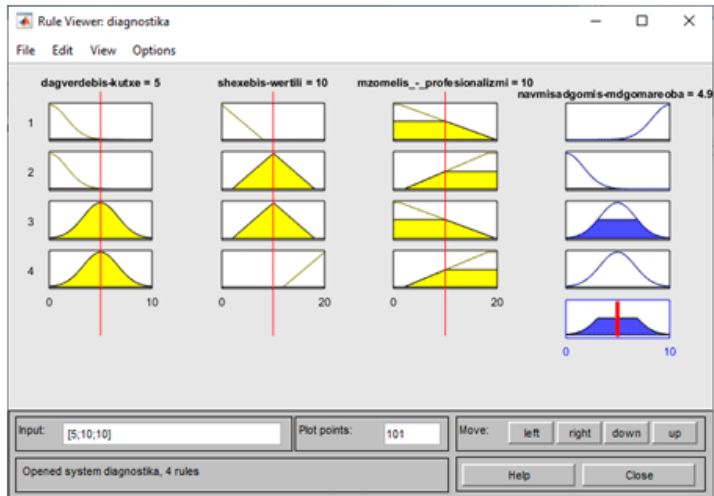
3. თუ დაგვერდების კუთხე არის „ნორმატიული“, შეხების წერტილი არის „ნორმატიული“ და „მზომელის პროფესიონალიზმი“ არის „ახალბედა“, მაშინ „ნავმისადგომის მდგომარეობა“ არის „გამართული“.
4. თუ დაგვერდების კუთხე არის „ნორმატიული“, შეხების წერტილი არის „სახიფათო“ და „მზომელის პროფესიონალიზმი“ არის „პროფესიონალი“, მაშინ „ნავმისადგომის მდგომარეობა“ არის „გამართული“ (სურ. 6.20).



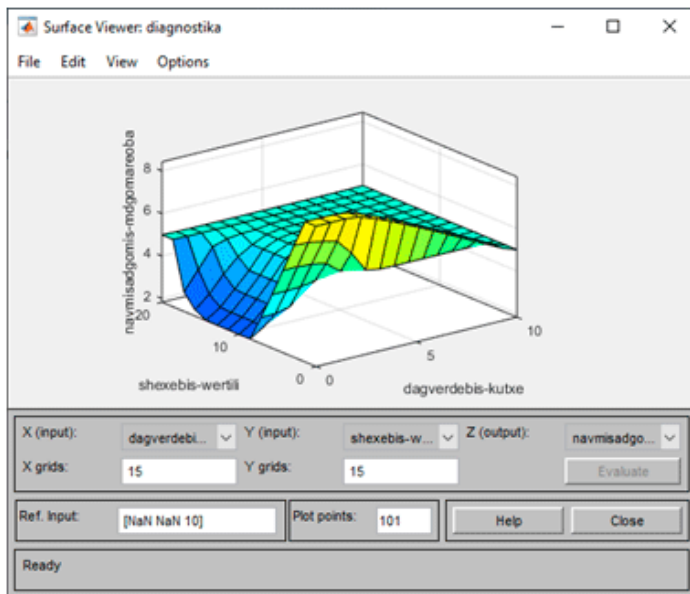
სურ. 6.20. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა

გადავიდეთ არამკაფიო ლოგიკური გამოტანის ვიზუალიზაციის ფანჯარაში. ამისათვის შევასრულოთ View/Rules, რის შემდეგაც გამოვა შემდეგი ფანჯარა (სურ. 6.21).

ამ ფანჯარაში შეიძლება შეიცვალოს შესავალი ცვლადის პოზიციები, რასაც მოჰყვება გამოსავალი ცვლადის მნიშვნელობა. შევასრულოთ View/Surface (სურ. 6.22).



სურ. 6.21. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა



სურ. 6.22. ფუნქცია „fuzzy“-ის ფანჯარა

დანართი

პროგრამის საწყისი კოდი და მოკლე აღწერა

```
// XomaldebisBazisSheqmna1.cpp : This file contains the 'main' function.  
Program execution begins and ends there.
```

```
//
```

```

#include <fstream>
#include <iostream>
#include <vector>
#include <string.h>
#include <microsoft/marshal_cppstd.h>

using namespace std;

const int n = 50;
typedef struct Xomaldi
{
    string name;
    double DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma;
    double ShexebisTcertilisKoordinati_h;
    double SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta;
    double DasashvebiSizustisMnishvneloba;
} xomaldi;

int main()
{
    xomaldi xomaldebi[n];
    for (int i = 0; i < n; i++)
    {
        xomaldebi[i].name =
microsoft::interop::marshal_as<std::string>("ship"+i); //System::String^ to
std::string

        xomaldebi[i].DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma = 0.087+i*0.001;
        xomaldebi[i].ShexebisTcertilisKoordinati_h=7+i*0.1;
        xomaldebi[i].SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta=2.3+i*0.01;
        xomaldebi[i].DasashvebiSizustisMnishvneloba=0.01;

    }

    ofstream output_file("xomaldebi.dat", ios::binary);
    output_file.write((char*)&xomaldebi, sizeof(xomaldebi));
    output_file.close();

    //Reading from it
    ifstream input_file("xomaldebi.dat", ios::binary);

```

```

input_file.read((char*)&xomaldebi, sizeof(xomaldebi));

for (int idx = 0; idx < sizeof(xomaldebi)/sizeof(xomaldebi[0]);
idx++)
{
    // If you wanted to search for specific records,
    // you should do it here! if (idx == 2) ...
    cout << "Record #" << idx << endl;
    cout << "Name: " << xomaldebi[idx].name << endl;
    cout << "ShexebisTcertilisKoordinati_h: " <<
xomaldebi[idx].ShexebisTcertilisKoordinati_h << endl;
    cout << "DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: " <<
xomaldebi[idx].DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma << endl;
    cout << "SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: " <<
xomaldebi[idx].SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta <<endl;
    cout << "DasashvebiSizustisMnishvneloba: " <<
xomaldebi[idx].DasashvebiSizustisMnishvneloba << endl;
    cout << endl << endl;
}
system("pause");
}

```

```

Record #0
Name: ship0
ShexebisTcertilisKoordinati_h: 7
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.087
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.3
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #1
Name: ship1
ShexebisTcertilisKoordinati_h: 7.1
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.088
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.31
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #2
Name: ship2
ShexebisTcertilisKoordinati_h: 7.2
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.089
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.32
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #3
Name: ship3
ShexebisTcertilisKoordinati_h: 7.3
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.09
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.33
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #4
Name: ship4
ShexebisTcertilisKoordinati_h: 7.4
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.091
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.34
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

```



```
C:\Users\user\source\repos\Xomaldebi\XomaldebisBazisSheqma1\Debug\Xo...
Record #5
Name: ship5
ShexebisIcertilisKoordinati_h: 7.5
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.092
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.35
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #6
Name: ship6
ShexebisIcertilisKoordinati_h: 7.6
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.093
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.36
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #7
Name: ship7
ShexebisIcertilisKoordinati_h: 7.7
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.094
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.37
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #8
Name: ship8
ShexebisIcertilisKoordinati_h: 7.8
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.095
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.38
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #9
Name: ship9
ShexebisIcertilisKoordinati_h: 7.9
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.096
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.39
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #10
Name: ship10
ShexebisIcertilisKoordinati_h: 8
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.097
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.4
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #11
Name: ship11
ShexebisIcertilisKoordinati_h: 8.1
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.098
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.41
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01

Record #12
Name: ship12
ShexebisIcertilisKoordinati_h: 8.2
DasashvebiDagverdebisKuthxe_Gamma: 0.099
SrulikoreqciisSatckisiMnishvneloba_Delta: 2.42
DasashvebiSizustisMnishvneloba: 0.01
```

დას.შ.

თავი 7. კომპლექსური დიაგნოსტიკის მეთოდოლოგიის გამოყენების მაგალითები

7.1. ფოთის პორტის მოლოს ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკა

ამჟამინდელი მოლოს სიგრძეა 1840 მ, სამხრეთიდან ჩრდილოეთის მიმართულებით.

ყველაზე ჩრდილოეთ ნაწილში მდებარეობს ამჟამინდელი პორტის შესასვლელი. ფოთის პორტის მოლო დაყოფილია სეგმენტებად, როგორც ეს ნაჩვენებია ქვემოთ მოცემულ სურათზე (სურ. 7.1).



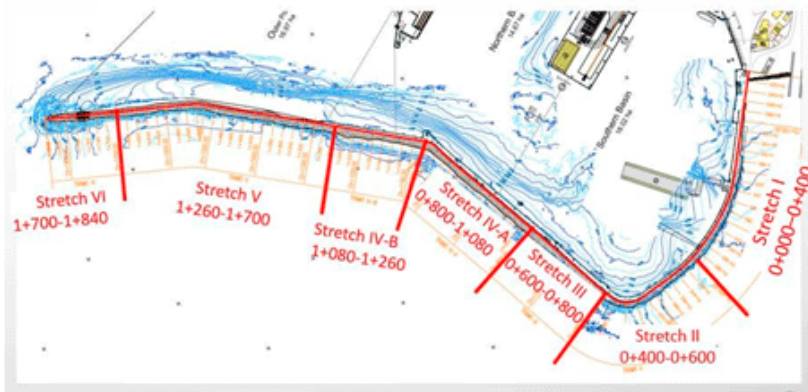
სურ. 7.1. ფოთის პორტის მოლოს კონფიგურაცია

მოლოს მონაკვეთებს გააჩნიათ სხვადასხვა მხარეს მიმართული ღერძები.

ღერძის სხვადასხვა მიმართულება განსაზღვრავს ფოთის პორტის მოლოს მონაკვეთებს შემდეგნაირად (სურ. 7.2).

- მონაკვეთი I-A: 0+000 – 0+170;
- მონაკვეთი I-B-C: 0+170 – 0+400;
- მონაკვეთი II: 0+400 – 0+600;

- მონაკვეთი III: 0+600 – 0+750;
- მონაკვეთი IV-A: 0+750 – 1+080;
- მონაკვეთი IV-B: 1+080 – 1+260;
- მონაკვეთი V: 1+260 – 1+800;
- მონაკვეთი VI: 1+800 – 1+840.



სურ. 7.2. მოლოს მონაკვეთებად დაყოფის სქემა

განვიხილოთ დაწვრილებით არსებული მოლოს ყველა მონაკვეთის ამჟამინდელი ტექნიკური მდგომარეობა.

მონაკვეთი-I.

აღნიშნული მონაკვეთი გაძლიერებულ/არძლიერებულა რამდენიმე წლის წინ ბლოკების მეშვეობით, მოლოს პარაპეტის დანგრევისგან დაცვის მიზნით. მოლოს პარაპეტი განსაკუთრებულად არასასურველ მდგომარეობაშია, უშუალო რეკონსტრუქციის გარდა, ის საჭიროებს სათანადო დაცვას ტალღების ზემოქმედებისაგან. GPO-ს კვლევებიდან გამომდინარე აღსანიშნავია, რომ გაძლიერების ბლოკების საძირკველი მძიმე მდგომარეობაშია ეროზირებული ტერიტორიებით და ბლოკების ფერდობზე ზღვისკენ განლაგებით. გასათვალისწინებელია, რომ მოლოს

კიდეს ქვედა ნაწილი შეიცავს სანაპირო წყალქვეშა დინებებს, რამაც ასევე შეიძლება აღნიშნული დაზიანებების პროვოცირება გამოიწვიოს (სურ. 7.3, 7.4, 7.5, 7.6).



სურ. 7.3. მოლოს მონაკვეთი-I



სურ. 7.4. მონაკვეთი-I



სურ. 7.5. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.6. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.7. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

როგორც მკვლევრები აღნიშნავენ, ამ მონაკვეთზე არსებული წყლის კლება ართულებს ბათიმეტრიის შედარების პროცესს, როგორც სხვა მონაკვეთებზეა შესრულებული. ამავე მიზეზით ამ მონაკვეთზე ტალღები იშლება მომდევნო არაპირდაპირი შეღწევით, რაც ამცირებს ტალღების კედელზე ზემოქმედებას, ასევე ტალღის გადახურვას (სურ. 7.7).

მონაკვეთი-II

მეორე მონაკვეთის ვიზუალურ-ტექნიკური დათვალიერებით სავსებით ნათლად ჩანს, რომ მოლოს პარაპეტის მონაკვეთზე უფრო მეტი დაზიანებებია, ვიდრე მოსალოდნელი იყო. ზოგიერთი ბლოკი არასტაბილურ მდგომარეობაშია, ხოლო მიმდებარე ბლოკები სათანადოდ არ არიან განლაგებული, რაც ტალღებს ადვილად შეღწევის საშუალებას აძლევს, ამან შეიძლება გავლენა მოახდინოს ძველი მოლოს პარაპეტის კედელზე და საფრთხე შეუქმნას მას. ანალოგიურად, ამ ბლოკებს არ შეუძლიათ შექმნან შესაბამისი „ჩამკეტი“ მდგომარეობა ტალღის ზემოქმედების წინააღმდეგ (სურ. 7.8, 7.9, 7.10, 7.11).



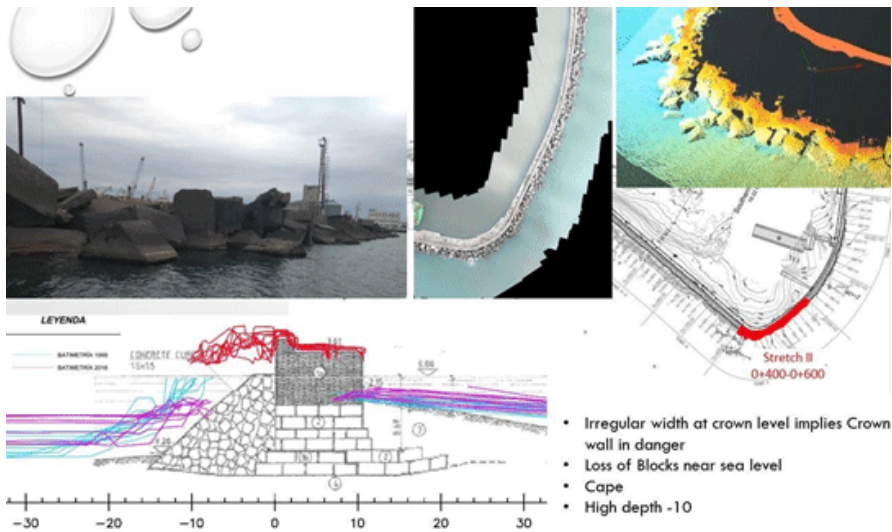
სურ. 7.8. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი სურ. 7.9. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

როგორც წარმოდგენილი კვლევის დოკუმენტიდან ირკვევა, აღნიშნული დაზიანება გრძელდება წყალქვეშა ნაწილშიც, სადაც

ბათიმეტრიულ კვლევაზე დაყრდნობით იდენტიური დაზიანებები აქვს როგორც ფერდობს, ასევე მოლოს ქვედა კიდეს არეალში (სურ. 7.12).



სურ. 7.10. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი სურ. 7.11. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.12. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

მკვლევრები თვლიან, რომ აღნიშნული მონაკვეთის ამჟამინდელი მომრგვალებული ფორმა ასუსტებს მონაკვეთის დაცვის მექანიზმს და ამცირებს დამცავი ბლოკების „ჩამკეტ“ ძალას. ანალოგიურად, „კონცხის“ ეფექტის გამოწვევა შეიძლება ტალღის ენერჯის კონცენტრაციის მეშვეობით, რომელიც გაანალიზებული იყო ზემოთ. ასევე დიდი

სიღრმე არსებობს მოლოს ქვედა კიდის წინ (-10) პორტის წინ არსებული კანიონის გამო, რომელიც ზემოთ განვიხილეთ.

მონაკვეთი III

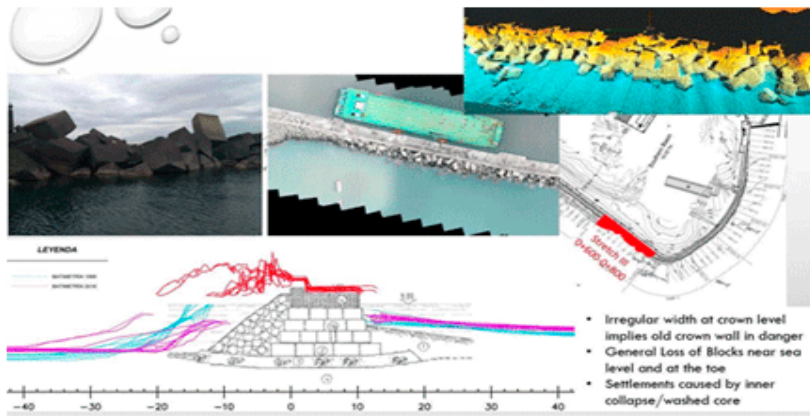
ვიზუალურ-ტექნიკური დათვალიერებით, როგორც წინა მონაკვეთში, ძველი მოლოს პარაპეტი/კედელი შეიძლება საფრთხეში აღმოჩნდეს პარაპეტის დონეზე არასათანადო სიგანის გამო. ასევე აღნიშნება ბლოკების საერთო დანაკლისი არა მხოლოდ ზღვის დონიდან, არამედ ფერდობზე და მოლოს ქვედა კიდეს არეალში (სურ. 7.13, 7.14, 1.15, 7.16).



სურ. 7.13. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი სურ. 7.14. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

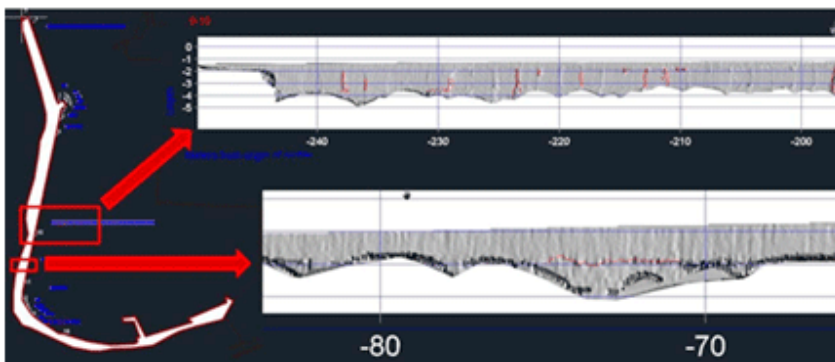
ტოპოგრაფიული კვლევის შედეგებიდან გამომდინარე, ნათლად ჩანს, რომ აღნიშნულ მონაკვეთს გააჩნია ღრმა მნიშვნელოვანი ჯდენები, გაცილებით უფრო ინტენსიური, ვიდრე წინა მონაკვეთებზე. აღნიშნული ჯდენები დიდი ალბათობით გამოწვეულია ამ მონაკვეთის შუა ნაწილში გამორეცხვის პროცესის ან შიდა ნგრევა/დაზიანების შედეგად. მიღებული ინფორმაციით, ქარიშხლების დროს ძლიერი დინებები მიედინება ნაპირიდან ზურგის ქარის მხარეს და პირიქით. როგორც მკვლევრები აღნიშნავენ, ეს ქმედება ასევე

გამოვლინდა ROV შემოწმების დროს, როდესაც ორმხრივი მიმართულების ძლიერი დინებები ხელს უშლიან ROV-ის კონტროლს.



სურ. 7.15. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

მოცემული გამოსახულება გვიჩვენებს შედეგებს, რაც სონარის გვერდითი სკანირების მოწყობილობითაა მიღებული. აღნიშნული კვლევა დაზიანებებს ავლენს შიდა ნავმისადგომის ვერტიკალური კედლისა და ნავსადგურის ძველი მისასვლელი არხის არეალში, სადაც მნიშვნელოვანი ჯდენებია გამოვლენილი და ასევე ზემოაღნიშნული დინებები.



სურ. 7.16. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

კედლის ზედა ნაწილში გამოვლენილია სხვადასხვა ვერტიკალური ნაპრალები/ზარები (სურ. 7.17) და ჰორიზონტალური დაზიანება, რომელიც მდებარეობს ძველი პორტის შესასვლელი არხის გასწვრივ (სურ. 98). ვერტიკალური ნაპრალები ან ზარები მიუთითებს კედლის დაზიანებაზე, მაგრამ ზოგადად ამ ზარების გავრცელების არეალი სიგრძე (ზემოდან ქვემოთ მიმართულებით) მცირეა და არ არის ბოლომდე ჩასული. ჰორიზონტალური დაზიანებები პირიქით, მიუთითებს ამჟამინდელ ცუდ მდგომარეობაზე და საჭიროებს დაკვირვება (განხორციელდეს მუდმივი მონიტორინგი).



სურ. 7.17. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

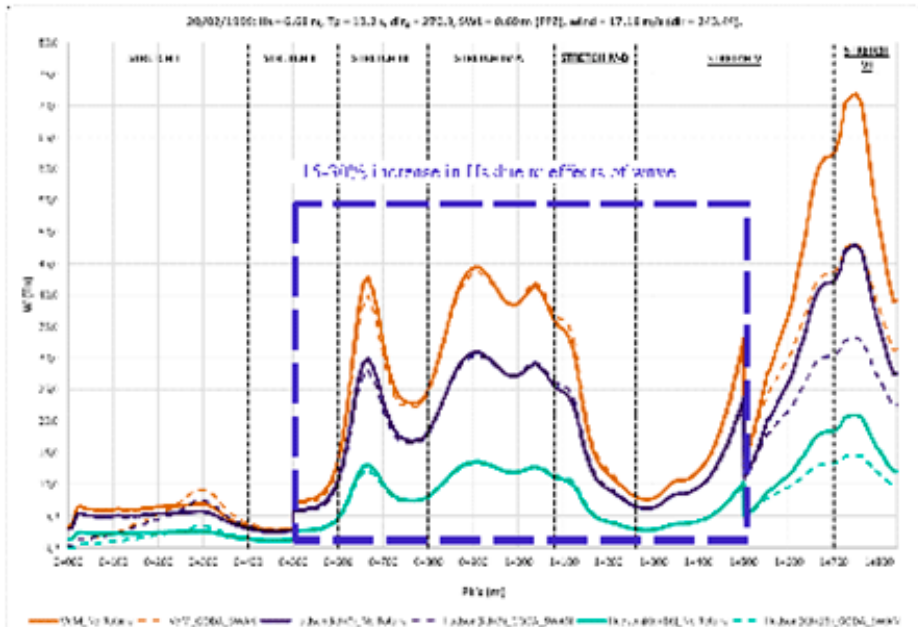


სურ. 7.18. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

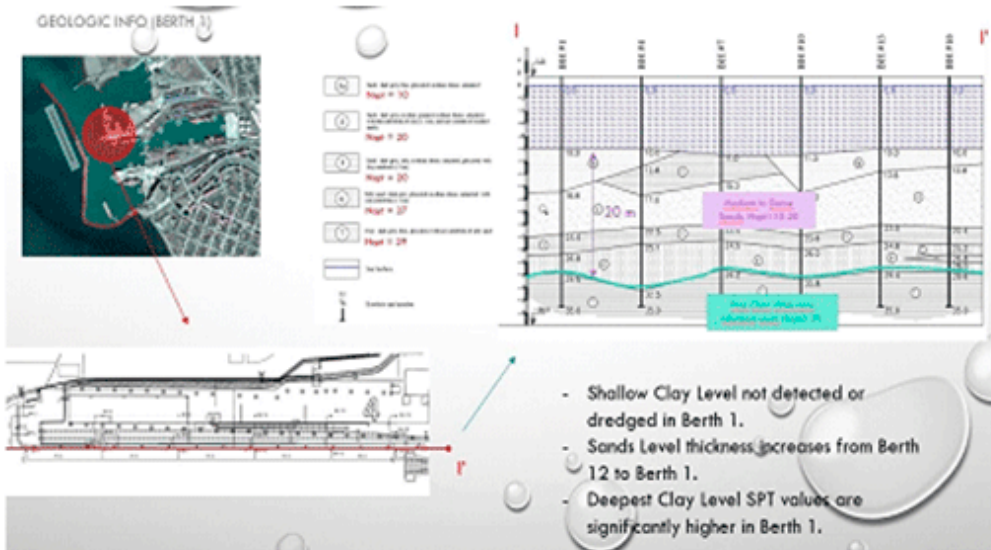
ამჟამად განთავსებული ბლოკების ზომების დადგენით აღმოჩნდა, რომ III მონაკვეთთან განთავსებული ყველაზე სტაბილური ბლოკების წონა შეადგენს დაახლოებით 20-30 ტონას, რაც ნაკლებია რეკომენდებულ 40-55 ტონაზე. ამ შემთხვევაშიც ბლოკების ჩამორეცხვისა და რღვევის ყველაზე გონივრულ მიზეზს წარმოადგენს მათი არასაკმარისი წონა და საჭიროებს უფრო დიდი ზომის ბლოკების განთავსებას.

წარმოდგენილი ტოპოგრაფიული კვლევის შედეგები ცხადყოფენ, რომ სხვა მონაკვეთებთან შედარებით III მონაკვეთი განიცდის ძლიერ

ჯდენას, სადაც ჯდენის მაჩვენებლები მოსალოდნელს ბევრად აღემატება (სურ. 7.19, 7. 20).



სურ. 7.19. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.20. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

დინება ფიქსირებულია ზღვისპირა მხრიდან ზურგიქარის მხარი-საკენ. აღნიშნული ასევე დაფიქსირდა წყალქვეშა ინსპექტირებების შედეგად. ინსპექტირების შედეგად გამოვლინდა ასევე, შიდა ნავმისადგომის ვერტიკალური კედლის დაზიანებები, ძირითადად კი ჰორიზონტალური ჩაღრმავებების რაც მიუთითებს ჩამოშლის/რღვევის საშიშროებაზე და ასევე შიდა მასალების გამორეცხვაზე, რამაც შესაძლებელია გამოიწვიოს ავარია. ეს ჯდენები, სავარაუდოდ, გამოწვეულია ამ მონაკვეთის კონსტრუქციის შიგნით მიმდინარე გამორეცხვის პროცესებით.

მონაკვეთი IV-A

X-ბლოკით ამ მონაკვეთზე ჩატარებული რეაბილიტაცია ზოგადად კარგ მდგომარეობაშია, გარდა ზოგიერთი მოლოს წერტილისა, როგორცაა კუბურ ბლოკებთან შეუღლების წერტილი, ასევე გემის შეჯახების ადგილისა და კუბიპოდის რეაბილიტაცია. ყოველ შემთხვევაში, ნათელია, რომ აშენებული სათავისის არეალში ნაკლები სიგანეა ლაბორატორიულად ექსპერიმენტით შემოწმებულ მონაკვეთებთან შედარებით. ამან შეიძლება გავლენა მოახდინოს ნორმის მაჩვენებლების გადაცდომაზე. ამის მიუხედავად, როგორც ჩანს, ეს ეფექტი არ ახდენს გავლენას შიდა ღელვაზე ამ მონაკვეთზე (სურ. 7.21, 7.22, 7.23).

გემის შეჯახების ადგილზე დაზიანდა ზემოაღნიშნული ლოკალური წერტილები და შეიქმნა სუსტი წერტილი მოლოს ქვედა კიდის არეალში, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს არმირებული ფენის არასტაბილურობა. სხვა შემთხვევაში სარეაბილიტაციო სამუშაოების

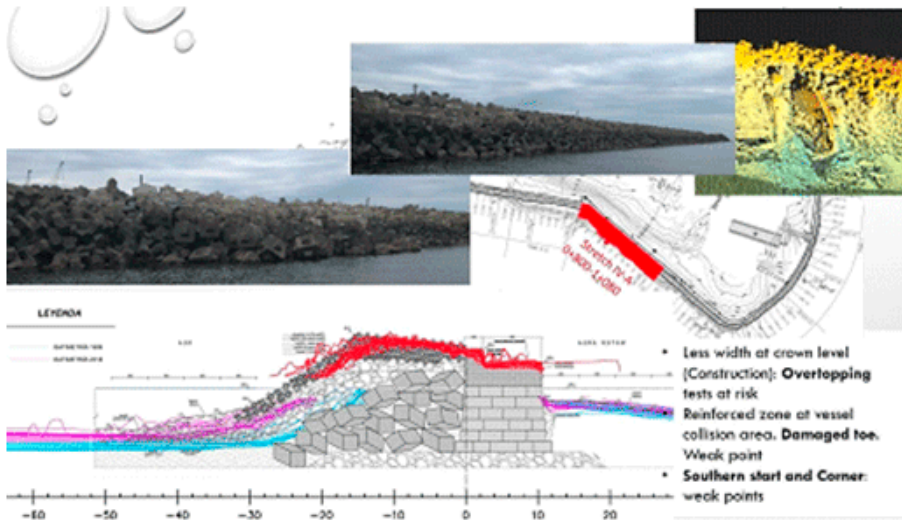
დასაწყისში იქნება რამდენიმე დაზიანება, რომელთა დამუშავება შესაძლებელია III მონაკვეთის რეაბილიტაციასთან ერთად.



სურ. 7.21. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.22. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.23. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

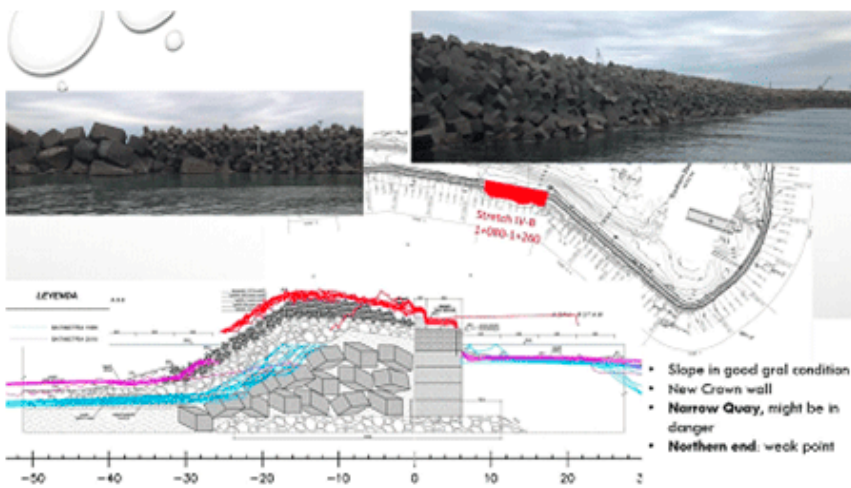
მონაკვეთი IV-B

ვიზუალური დათვალირებითაც ნათლად ჩანს, რომ კუბური ბლოკის ჩრდილოეთ მონაკვეთთან შეუღლება წარმოადგენს სუსტ წერტილს, რომელიც უნდა აღმოიფხვრას ჩრდილოეთ ნაწილის რეაბილიტაციის დროს (სურ. 7.24, 7.25, 7.26).



სურ. 7.24. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი სურ. 7.25. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

გარდა ამისა, ამ უბნის რეაბილიტირებული არეალი კარგ მდგომარეობაშია, არმირებული ფენა და მოლოს ქვედა კიდე სტაბილურია, ხოლო სიგანე სათავისის დონეზე შეესაბამება მოსალოდნელ მონაცემებს და ლაბორატორიულად შემოწმებულ მონაკვეთს. მოლოს პარაპეტი ზურგის მხრიდან უკეთეს მდგომარეობაშია, ვიდრე წინა მესამე მონაკვეთზე, რადგან მისი მშენებლობა უფრო გვიან შედგა და ბეტონი უკეთ შენარჩუნდა. ნებისმიერ შემთხვევაში ნავმისადგომი უფრო ვიწროა, ვიდრე წინა მონაკვეთში და ინარჩუნებს სტაბილურ მაჩვენებლებს ქარიშხლის დროს, როდესაც ტალღები ზეგავლენას ახდენს კედლის მდგომარეობაზე.



სურ. 7.26. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

მონაკვეთი V

განსახილველ მონაკვეთზე აღინიშნება ბლოკების დანაკლისი. აღნიშნულის მეშვეობით ყალიბდება ძალიან უსწორმასწორო, ვიწრო ქვედა თხემი მთლიან სიგრძეზე, პრაქტიკულად კუთხეში, სადაც მოხაზულობა იცვლება. სწორედ ის დაზიანებული თხემი ქმნის არასასურველ ტალღური გადახურვის მაჩვენებელს, რაც თავის მხრივ ზრდის ტალღის დელვის დონეს ნავმისადგომის შიდა არეალში (სურ. 7.27, 7.28, 7.29, 7.30).



სურ. 7.27. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.28. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.29 . დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.30. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

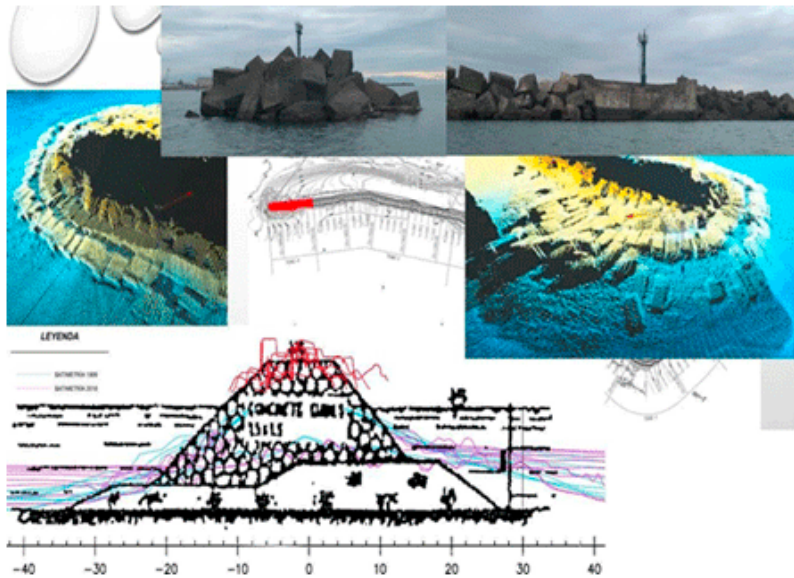
მონაკვეთი VI

ადგილზე ვიზუალური დათვალიერებით და GPO-ს მკვლევრების დეტალური შესწავლით დადგინდა, რომ მოლოს თავზე განლაგებული ბლოკების ჩამოშლა წარმოადგენდა განსაკუთრებულ პრობლემას,

რომლის მოგვარება ვერ მოხერხდა სხვადასხვა გამაგრებითი სამუშაოების ჩატარებით, კერძოდ კი – ახალი 20-დან 60 ტონამდე ბლოკების განთავსებით (სურ. 7.31, 7.32, 7.33).



სურ. 7.31. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი სურ. 7.32. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.33. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

მოლოს ფერდობის კიდეზე, გარე თავზე განლაგებული ბლოკები არიან დახრილ/დაქანებულ მდგომარეობაში, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ მათი ადგილმდებარეობა შეიცვალა შტორმების ზემოქმედების შედეგად მათი სიღრმისა (-12 მ) და ფსკერის ციცაბო ფერდობის გამო. აღნიშნული მდგომარეობა ასევე ვრცელდება მოლოს შიდა თავზე,

სადაც ტალღების გავლენა უფრო ძლიერია და ურთიერთშეჭიდების/ ურთიერთდაკავშირების მექანიზმი არ მუშაობს. ფერდობის კიდეზე განლაგებული ბლოკები გადანაცვლებულია თავიანთი საწყისი ადგილმდებარეობიდან, ფიქსირდება წყლის ენერჯის ზემოქმედებით გამოწვეული მასალების გამორეცხვები. მოლოს თავის უკანა ნაწილში ნანახია ბლოკების გროვა.

კვლევის შედეგების ანალიზი

ჩვენ მიერ ვიზუალურ-ტექნიკური დათვალიერების, ინსტრუმენტული კვლევის და GPO-ს მკვლევრების მიერ მაღალტექნოლოგიური დიაგნოსტიკის მეთოდების ჩართულობით მიღებული მრავლისმომცველი შედეგები, რომელიც ზემოთ ფართოდ არის წარმოდგენილი, საშუალებას გვაძლევს გავაკეთოთ კვლევის შემდეგი ანალიზი: აუცილებელი გახდა სამუშაოების კლასიფიცირება მაღალი და საშუალო პრიორიტეტულობის მქონე სამუშაოებად:

მაღალი პრიორიტეტულობის სამუშაოები. აღნიშნული სამუშაოები უნდა შესრულდეს უპირველეს ყოვლისა, რათა თავიდან იქნეს არიდებული ნაგებობის რღვევა და ავარია. ეს შეეხება მონაკვეთებს III, V და VI და ასევე შიდა ნავმისადგომის ვერტიკალური კედლის შეკეთებას ბეტონის გამაგრების მეშვეობით.

საშუალო პრიორიტეტულობის სამუშაოები. მოცემული სამუშაოები ხასიათდება ნაკლები პრიორიტეტულობით ზემოაღნიშნულ სამუშაოებთან შედარებით, ეს შეეხება მოლოს შემდეგი ნაწილების რეკონსტრუქციას: I-A-B-C და მონაკვეთი II. მოცემული სამუშაოები

უნდა შესრულდეს მაღალი პრიორიტეტულობის სამუშაოების დასრულების შემდგომ.

ფოთის პორტის არსებული მოლოს ტექნიკური მდგომარეობის გამოკვლევით დადგინდა: ვიზუალურ-ტექნიკური დათვალიერების, GPO-ს მკვლევრების მიერ წარმოდგენილი „სერვეიერული და საინჟინრო კვლევის“ დოკუმენტისა და დამკვეთის APMT-ის მოთხოვნების შესაბამისად ფოთის პორტის არსებული მოლოს ამჟამინდელი ტექნიკური მდგომარეობა იძლევა საშუალებას, რომ მასზე განხორციელდეს ჩასატარებელი სარეკონსტრუქციო სამუშაოები უსაფრთხოდ, კერძოდ გადაუდებელ რეკონსტრუქციას ექვემდებარება მოლოს III, V და VI მონაკვეთები, ხოლო ამ მონაკვეთების რეკონსტრუქციის შემდგომ შესაძლებელია შესრულდეს I და II მონაკვეთების რეკონსტრუქცია, რომელიც არ გამოიწვევს ნაგებობის რღვევას და ავარიას.

გადაუდებელი სარეკონსტრუქციო სამუშაოები უნდა შესრულდეს წარმოდგენილი პროექტით (შემსრულებელი: Royal HaskoningDHV), რომელიც შესაბამისობაშია საქართველოში მოქმედ სამშენებლო ნორმებით და საერთაშორისო სტანდარტებით დადგენილ მოთხოვნებთან ამ რეკონსტრუქციის პროექტით შესრულებული სამუშაოები უზრუნველყოფს არსებული მოლოს მდგრადობას, გააუმჯობესებს გადატვირთვის და ტალღების გადაცემის ფაქტობრივ დონეს.

7.2. საყრდენი კედლების კომპლექსური დიაგნოსტიკა

შემოთავაზებული საპროექტო გადაწყვეტა, რომელიც შესრულდა კორპორაცია „ ROYAL HASKONONG DH.,-ის მირ და მიზნად ისახავს ფოთის საზღვაო პორტის ჩრდილოეთ აუზში არსებული ნავსადგურის ადგილზე (სადაც წყლის სიღრმე არის 5-6 მ) ახალი მრავალფუნქციური საზღვაო ტერმინალის მშენებლობას (სადაც წყლის სიღრმე იქნება 12.5 მ), რომლის შედეგად ნავსადგური მიიღებს ტანკერებსა და კონტეინერმზიდ გემებს. ნავმისადგომი მოიცავს 2 უჯრედოვანი კოფედრამის ტიპის კონსტრუქციის პირსებს და დამოუკიდებელ ნავსადგომ ბოძს (free-standing dolphin).

ჩრდილოეთის პირსი წარმოადგენს უჯრედულ დიაფრაგმიან კონსტრუქციას, რომელიც პირსის მთელი სიგრძის გასწვრივი ცვალადი სიმაღლისაა. შესაბამისად შუალედური და გარე უჯრედების რადიუსებია 13,26 მ და 8.04 მ. კონსტრუქციის ძირის ჩაღრმავების მაქსიმალური და მინიმალური ნიშნულები კი – BZ-16.5 მ და BZ-8.0 მ.

სამხრეთის პირსი წარმოადგენს წრიულ უჯრედულ კონსტრუქციას (უჯრედის დიამეტრი – 26 მ.), რომელიც 2 ადგილას ეხება არსებულ პირსს. უჯრედულ კონსტრუქციათა შევსება გათვალისწინებულია ქვიშით (შიგა ხახუნის კუთხით $\geq 30^\circ$). ნარანდიანი ხიმინჯების ძირის წყალქვეშა დონეა BZ-16.5 მ.

ნავსადგურის საპროექტო გადაყვეტის მიხედვით გათვალისწინებულია ფოლადის ნარანდიანი ხიმინჯებიანი კედლის მოწყობა, რომელიც უკავშირდება ასევე ხიმინჯებიანი ბეტონის კონსტრუქციას.

მთლიანად, კონსტრუქციის მოწყობა გათვალისწინებულია ბეტონის მზა ელემენტებით, ძელებითა და ფილებით. ასეთი კონსტრუქცია აპრობირებულია საპორტო მშენებლობაში და სამშენებლო პროცესების მაქსიმალურად ეფექტურად და უსაფრთხოდ განხორციელების საშუალებას იძლევა.

საპროექტო გადაწყვეტა მიღებულია ფუძის გრუნტისა და ნავმისადგომის კონსტრუქციის კომპლექსური საინჟინრო კვლევების საფუძველზე. ამასთან დაკავშირებით ჩატარდა:

- ფუძის გრუნტის კვლევები, რომლებიც ემყარება ფუძის სახმელეთო და საზღვაო შესწავლებს, ჭაბურღილებიდან ამოღებული დაზიანებული და დაუზიანებელი ხინჯების, ასევე ლაბორატორიული ტესტების შედეგებს;
- ნავმისადგომის გეოტექნიკური და ნავმისადგომის სტრუქტურული ანალიზი სრულად მოიცავს მთლიანი სისტემის კონსტრუქციულ ელემენტებს, მოქმედ საექსპლუატაციო დატვირთვებს და გაანგარიშებებს, მათ შორის:
 - გეოტექნიკურ პირობებს;
 - საექსპლუატაციო დატვირთვის პირობებს;
 - გეოტექნიკური პროექტირების მეთოდს;
 - ნავმისადგომის გეოტექნიკურ, კონსტრუქციულ ანალიზს;
 - გეოტექნიკური კონსტრუქციის მოდელს;
 - მშენებლობის წარმოების ტექნოლოგიურ პროცესს;
 - ნავმისადგომის ფუძის ელემენტების კონსტრუქციის შეფასებას;
 - გაანგარიშების შედეგების ანალიზს;

- კონსტრუქციულ სიმტკიცეზე შემოწმებას;
- კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტების (პლატფორმის მთლიანი კონსტრუქცია, ხიმინჯები, დამაკავშირებელ ძელები: B1, B2, B3, B4, B5, B6) არმირებას;
- დეფორმაციულ ანალიზს;
- კონსტრუქციათა მდგრადობას.

პროექტში დეტალურადაა წარმოდგენილი ნავმისადგომის კონსტრუქციათა გაანგარიშებები. რიცხვითი შედეგები მიღებულია განზოგადოებული სისტემისათვის „ნარანდიანი ხიმინჯები – ფუძე“, რომელშიც გათვალისწინებულია ყველა საპროექტო პარამეტრი, მათ შორის:

- კონსტრუქციათა გეომეტრიული ზომები;
- კონსტრუქციათა და ფუძის მასალათა ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები;
- საექსპლუატაციო დატვირთვები (სტატიკური, სეისმური და ჰიდროდინამიკური. უკანასკნელი განსაზღვრულია EN1998-5-ით, Westergaard-ის ანალიზის მიხედვით);
- მშენებლობის თანმიმდევრობა.
- საპროექტო კვლევები ჩატარებულია სხვადასხვა ნორმებით რეგლამენტირებული პროგრამული კომპლექსებით, მათ შორის გამოყენებულია:
- სიღრმულ ძვრაზე გაანგარიშებებისათვის – მდგრადობის პროგრამა „D-Sheet software Deltares“;
- სტატიკური და სეისმური მდგრადობისათვის – ბიშოპისა და სპენსერის მეთოდები;

- საყრდენი კედლის კონსტრუქციის გაანგარიშებისათვის – პროგრამული კომპლექსები:
 - გეოტექნიკური პროექტირების მოდელისათვის – PLAXIS 2D;
 - ფუძის ფენების მასალათა მახასიათებლებისათვის – Hardening Soil (HS).

ხიმინჯების მზიდუნარიანობა შემოწმდა არამარტო თეორიული გაანგარიშებებით, არამედ ასევე ადგილზე ტესტური დატვირთვის მიხედვით, რაც საფუძვლად დაედო ხიმინჯის პარამეტრების (დიამეტრი და სიგრძეები) განსაზღვრას.

ნავმისადგომის ყველა კონსტრუქციისათვის შეირჩა AS-500 9.5 კლასის ფოლადის მარკა S320 GP. დადგინდა, რომ 9,5 მმ სისქის კონსტრუქციათა შეერთებები აკმაყოფილებს სიმტკიცის პირობებს.

კონსტრუირება და ყველა სახის გაანგარიშებები ჩატარებული იქნა Eurocode 7 სტანდარტების მიხედვით.

დაპროექტების მეთოდოლოგია

კოფერდამის საპროექტო გადაწყვეტა ემყარება უჯრედოვანი კონსტრუქციის პრინციპებს. ასეთი უჯრედოვანი კონსტრუქციისათვის დამახასიათებელია ურთიერთდაკავშირებული ღეროვანნარანდიანი ხიმინჯების სისტემა. ასეთი საინჟინრო გადაწყვეტა კარგად მიესადაგება ფოთის რეგიონის სანაპირო ზონის ფუძის გრუნტის მახასიათებლებს. უჯრედოვანი კონსტრუქცია მთლიანად ივსება გრუნტით, რომლის შედეგად იგი წარმოდგება დასრულებული კოფერდამის სახით. ასეთი კონსტრუქციისათვის მისაღები აღმოჩნდა S270GP მარკის ფოლადი.

გეოტექნიკური ანალიზი ჩატარდა ორივე პირსა და ბოძს, რაც მოიცავს კონსტრუქციის დეფორმაციებისა და მდგრადობის დეტალურ ანალიზს ევროკოდ-7-ის მიხედვით. შესაბამისად ჩატარდა:

- ფუძის ძვრაზე მდგრადობა სეისმური ზემოქმედებისას, რომელიც შეფასდა მონონაბე-ოკაბეს მეთოდით;
- ზიდვისუნარიანობის შემოწმება, მცირე ჩაღრმავების მქონე ფუნდამენტებისათვის;
- სიღრმულ ძვრაზე მდგრადობის შეფასება დატვირთვების სტატიკური და სეისმური ზემოქმედებისას, რომელთა დროს გამოყენებულ იქნა ბიშოპის და სპენსერის მეთოდები;
- ნავსადგომი ბოძის გადახრებზე გაანგარიშებები სტატიკური და სეისმური ზემოქმედებისას, სადაც ინერციის ძალა ჰორიზონტალური მიმართულებით შეფასდა სეისმურობის კოეფიციენტის მიხედვით;
- გაანგარიშებები უჯრედოვანი კონსტრუქციის ჯდენაზე.

პროექტში წარმოდგენილია სანაპიროს ზედაპირის ქვედა ფენის მდგომარეობის გეოტექნიკურ კვლევის შედეგები, რაც დადასტურებულია უცხოელი ლიცენზირებული პროფესიონალი ინჟინრების მიერ.

ტოპოგრაფიულ და ბათიმეტრიულ კვლევებში ათვლის დონედ გამოყენებულია ბალტიის ზღვის ნულოვანი ნიშნული (BZ). იგივე ათვლის დონე გამოიყენება გეოტექნიკურ კვლევებში (GIR). ბოლო ინფორმაციით N1 ნავმისადგომის წინ წყლის სიღრმეები ცვალებადობს 5.4-7.3 მ-ის ფარგლებში. ტოპოგრაფიული და ბათიმეტრიული გაზომვების დეტალური კვლევის შედეგები მოცემულია პროექტის ძირითად ანგარიშში [RHDHV2020].

გეოლოგიური კვლევის შედეგები ძირითადად ემყარება გეოტექსტურის 2014 წლის ანგარიშს [GTS2014a].

კვლევის შედეგად მიღებულია, რომ:

- საკვლევი ტერიტორიის ფუძე შედგება მეოთხეული ასაკის ნალექებისაგან;
- ნალექების დაგროვება უკავშირდება ტრანსგრესიებს, რომლისთვისაც დამახასიათებელია სანაპირო ზოლის წანაცვლება ხმელეთის მიმართულებით, და რეგრესიებს, ანუ სანაპირო ზოლის წანაცვლებას ზღვის მიმართულებით [32, 49];
- მეოთხეული ნალექების სისქე 100 მ-ს აღემატება და ნაწილდება 30 მ-მდე ჰოლოცენი ნალექები, ხოლო ზედა პლეისტოცენური ასაკის ნალექები – 30-100 მდე [50, 52];
- საკვლევი ტერიტორიის ზედაპირი არის სწორი, თითქმის ბრტყელი, მცირედი დახრით ზღვის მიმართულებით;
- ფოთის საზღვაო პორტი მდებარეობს სეისმურად აქტიურ რეგიონში. ამ რეგიონის სეისმურობა უკავშირდება ტექტონიკურ აქტიურობას. სეისმური პირობები შეტანილია პროექტის ძირითად ანგარიშში [RHDHV2020].

მთავარი ნავმისადგომის კონსტრუქცია

მთავარი ნავმისადგომის კონსტრუქცია ზოგადად წარმოადგენს ხიმინჯებზე დამაგრებულ გემბანის პლატფორმას, კონსტრუქციის მდგრადობა შეფასებულია სასრული ელემენტების მეთოდის მიხედვით (პროგრამული კომპლექსი „Plaxis“-ს საშუალებით) და გამოყენებულია 2 განსხვავებული მიდგომა.

საყრდენი კედლის კონსტრუქციის გაანგარიშება ჩატარდა პროგრამული კომპლექსის „D-Sheet software Deltares“-ს გამოყენებით და ითვალისწინებს Eurocode 7 პროექტირების მოთხოვნებს [51].

ნავმისადგომის გეოტექნიკური დაპროექტების მიმოხილვა

➤ გეოტექნიკური დაპროექტების მოდელი

პროექტში დეტალურადაა მოცემული ნავმისადგომის გაანგარიშება. განხილულია სისტემა „ნავმისადგომი ფუძე“, სადაც გათვალისწინებულია კონსტრუქციის გეომეტრიული ზომები, ნაგებობისა და ფუძის მასალათა ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლები, რომლებიც მიღებულია გეოლოგიური კვლევების საფუძველზე და ასევე საექსპლუატაციო დატვირთვები. გაანგარიშება ჩატარებულია მშენებლობის ისტორიის გათვალისწინებით.

მაქსიმალური დასაშვები ხახუნი ფილოვანი ელემენტების „ფუძე-კონსტრუქციის“ შეერთების ადგილებში ფუძის ყველა ფენაში აღებულია გრუნტის ხახუნის კუთხის $2/3$ მნიშვნელობით.

ფოლადის ნარანდიანი ხიმინჯის კედელი, ასევე ბეტონის პლატფორმის კონსტრუქცია მოდელირებულია ფილოვანი ელემენტების გამოყენებით. ფილოვანი ელემენტის კონსტრუქციული თვისებები მოცემულია შესაბამის ცხრილებში, ხოლო ამ ელემენტების გრუნტთან მაქსიმალური დასაშვები ხახუნი აღებულია გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხის $2/3$ მნიშვნელობის ტოლი.

ბეტონის საბურღი ხიმინჯები მოდელირებულია კოჭოვანი ელემენტების გამოყენებით, რომელთა სიმტკიცის თვისებები ეკვივა-

ლენტურია ხიმინჯების რიგის ზომებისა. კოჭების რიგის ელემენტის კონსტრუქციული თვისებები მოცემულია შესაბამის ცხრილებში.

ხიმინჯების გვერდითი ზედაპირული წინააღმდეგობა გათვალისწინებულია გაანგარიშებებით, ხოლო მაქსიმალური დერძული წინააღმდეგობა ხიმინჯის წვერზე არ გაითვალისწინება გაბურღვის ტექნოლოგიის შესაბამისად.

➤ **ნავმისადგომის ფუძის ელემენტების კონსტრუქციის გაანგარიშების შედეგების ანალიზი**

პროექტში დეტალურადაა მოცემული გაანგარიშების შედეგები ნავსადგურის მთელი კონსტრუქციისათვის, რაც მოიცავს ხიმინჯების ოთხივე A, B, C, D რიგს. კონსტრუქციის მზიდუნარიანობა შეფასებულია მარაგების კოეფიციენტების გათვალისწინებით. საბოლოო შედეგები მოცემულია შესაბამის ცხრილებში.

კონსტრუქციათა საპროექტო მზიდუნარიანობის გრაფიკები განსაზღვრულია ANSI/API-RP-2GEO (2014) მეთოდოლოგიის მიხედვით.

ULS ხიმინჯების რეალური მზიდუნარიანობა დადგენილი იქნება ობიექტზე სრულმასშტაბიანი ტესტური შემოწმების პირობებში, რომელიც გამოყენებულ იქნება ULS ხიმინჯების მზიდუნარიანობის კალიბრირებისათვის.

➤ **დეფორმაციის ხასიათი**

ნავმისადგომის კონსტრუქციის დეფორმირებული მდგომარეობის ხასიათი დამოწმებულია SLS-ის დატვირთვათა კომბინაციებისთვის.

ნარანდიანი ხიმინჯების კედლის ზედა კვეთის ჰორიზონტალურმა გადაადგილებამ მიაღწია 54 მმ, რაც შეესაბამება ფარდობას H/275 (აქ H კონსტრუქციის სიმაღლეა H=15 მ) და აკმაყოფილებს

სიმტკიცის მოთხოვნებს. ნორმების მოთხოვნების მიხედვით ასეთი კონსტრუქციების მაქსიმალური დასაშვები გადაადგილება უნდა იმყოფებოდეს ინტერვალში – $H/200 \div H/300$.

ამწისქვეშა კოჭების ჰორიზონტალური გადაადგილება პრაქტიკულად 0-ის ტოლია, ხოლო ვერტიკალური გადაადგილება აღწევს 6 მმ-ს. შედეგები აკმაყოფილებს EN1993-6 და ISO12488-1-ს მოთხოვნებს [51, 53-71].

➤ მდგრადობა

ნავმისადგომის კონსტრუქციის მდგრადობა შემოწმებული იქნა უსაფრთხოებაზე. გაანგარიშების მეთოდოლოგიის მიხედვით, გრუნტის სიმტკიცე მცირდება მანამ, სანამ კრიტიკული სიბრტყე არ განვითარდება. გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების (შიგა ხახუნის კუთხე და ხვედრითი შეჭიდულობა) შემცირებული მნიშვნელობის მიხედვით განისაზღვრება კონსტრუქციის მდგრადობის მარაგი.

საბოლოოდ მიღებულ იქნა, რომ:

- სტატიკური დატვირთვის დროს მარაგები იმყოფება ინტერვალში $1.25 \div 1.30$;
- სეისმური დატვირთვის დროს 1.12.

მარაგების დასაშვები მნიშვნელობა შეადგენს 1.1. ამდენად, უსაფრთხოების პირობა კმაყოფილდება.

➤ საპროექტო დატვირთვის პირობები და კომბინაციები

პროექტში გათვალისწინებულია ყველა სახის საექსპლუატაციო დატვირთვები, მათ შორის: 2 რიგის მატარებლების, ამწისა და სხვა დამატებითი დატვირთვები (დატვირთვა მუშაობის დროს, ქარის და

სხვა პირობებში), რაც მთლიანადაა წარმოდგენილი თავმოყრილ, ხაზოვან და ზედაპირული დატვირთვების სახით.

კონსტრუქციის მოდელი მოიცავს 2-განზომილებიან ელემენტებს, ესენია:

- სექციათა განივი კოჭები;
- ხიმინჯების A, B და C რიგების.

მოცემულია ყველა გაანგარიშების შესაბამისი გრაფიკული სურათები გრძივი და განივი ძალების, ასევე მღუნავი მომენტების სახით.

Royal HaskoningDHV-ის მიერ მომზადებული ანგარიშები:

- პირველი ნავმისადგომის რეკონსტრუქცია (ფოთი, საქართველო), გეოტექნიკური ინტერპრეტაციის ანგარიში, BG7484-RHD-00-GI-RP-J-0009-S4-P02, 20 იანვარი, 2020;
- პირველი ნავმისადგომის რეკონსტრუქცია (ფოთი, საქართველო), დიზაინის საფუძველი, BG7484-RHD-00-ZZ-RP-J-0010-S4-P02, 20 იანვარი, 2020;
- პირველი ნავმისადგომის რეკონსტრუქცია (ფოთი, საქართველო), დიზაინის განახლებული ანგარიში, BG7484-RHD-00-ZZ-RP-C-0011-S2-P02, 16 დეკემბერი, 2019;
- დეტალურადაა წარმოდგენილი მთლიანი კონსტრუქციის ცალკეული ელემენტების არმირების გაანგარიშებები, რაც მოიცავს:
- პლატფორმის მთლიან კონსტრუქციას (რელსების ჭრილით);
- ხიმინჯებს;
- დამაკავშირებელ ძელებს (B1, B2, B3, B4, B5, B6).

განვიხილოთ შესრულებული მშენებლობის ეტაპები:

ა) მოსამზადებელი სამუშაოები,

ა.ა) დაკვალვითი სამუშაოების შესრულება.

განხორციელებულია გეოდეზიური დაკვალვა, წარმოადგენილია გეოდეზიური დაკვალვის აქტები, ცხრილები და საშემსრულებლო ნახაზები (იხილეთ დანართი), საიდანაც დგინდება, რომ აღებული კოორდინატები თანხვედრაშია საპროექტო მონაცემებთან.

ნარანდიანი ხიმინჯების კედლის ზედა კვეთის ჰორიზონტალურმა გადაადგილებამ მიაღწია 54 მმ, რაც შეესაბამება ფარდობას H/275 (აქ H კონსტრუქციის სიმაღლეა H=15 მ) და აკმაყოფილებს სიმტკიცის მოთხოვნებს. ნორმების მოთხოვნების მიხედვით ასეთი კონსტრუქციების მაქსიმალური დასაშვები გადაადგილება უნდა იმყოფებოდეს ინტერვალში $H/200 \div H/300$.

ბ) ძირითადი რიგის სამუშაოები,

ბ.ა) საყრდენების (ხიმინჯების) მოწყობა

მთავარი ნავმისადგომის საინჟინრო გადაწყვეტა წარმოადგენს ხიმინჯებსა და არსებული ბლოკის კედელზე დაყრდნობილ პლატფორმას. ახალი ხიმინჯებისა და ძელების (კოჭების) მდებარეობა ეფუძნება არსებული ხიმინჯების საყრდენ სისტემას. არსებული პლატფორმის დემონტაჟი გათვალისწინებულია იმ პერიოდისათვის, როდესაც ამის საჭიროება შეიქმნება მომავალში.

ნავმისადგომის კონსტრუქცია წარმოადგენს ხიმინჯების სივრცით სისტემას, რომელიც შედგება 4 (A, B, C, D) რიგისაგან. ხიმინჯების მასალად გამოყენებულია ბეტონი. ახალი ნავმისადგომი კონსტრუქციულად წარმოადგენს დამოუკიდებელ ნაგებობას.

ხიმინჯების A და C რიგში განთავსებულია მატარებლისა და ამწის რელსების ჩაღრმავებები. მატარებლის რელსები გათვალისწინებულია A დან – B-მდე, და B დან – C-მდე ინტერვალებში, გეომეტრიულად ხიმინჯების რიგი განთავსებულია გარკვეულ მანძილზე. კერძოდ, კონსტრუქციის კიდიდან – A რიგამდე (3.2 მ); A-დან – B რიგამდე (4.3 მ); B-დან – C რიგამდე (7.7 მ); C-დან – D რიგამდე (13.0 მ). ნავმისადგომის ძირითად ნაგებობათა სიგრძე შეადგენს 222 მეტრს.

წარმოდგენილი პროექტის მიხედვით მოწყობილია ახალი მზიდი ხიმინჯები, არსებული ხიმინჯების მდებარეობის გათვალისწინებით. არსებულ ხიმინჯებთან ყველაზე ახლოს იქნება რიგი, სადაც ხიმინჯების გაბურღვის დროს გათვალისწინებულია დაშვების ზღვრები.

ხმელეთისა და ზღვისპირა მხარეს ხიმინჯების მოწყობა განხორციელდა ტრივიალური სქემით.

ხმელეთის მხარეს ხიმინჯების მოეწყო შემდეგნაირად (C და D რიგი):

- განხორციელდა ლითონის მილის მონტაჟი და გრუნტის ამოღება შნეკის გამოყენებით. მთლიანობაში უზრუნველყოფილია გარემომცველი გრუნტის მდგრადობა;
- მოეწყო არმატურის კარკასი;
- ჩაისხა ბეტონი, რომელიც განხორციელდა ძირიდან, და ამოღებული იქნა გარსაცმი მილი;
- მოიხსნა ბეტონის ზედა ნაწილი (დაახლოებით 20 სმ, რომელიც უფრო დაბალი ხარისხისაა).

ზღვისპირა მხარეს ხიმინჯები მოეწყო (A და B რიგი) შემდეგნაირად:

- ფოლადის კარკასი მოეწყო ზღვის ფსკერზე, იმის გათვალისწინებით, რომ ამ კარკასის ზედა ნაწილი არ იქნა მოხსნილი;

- დანარჩენი სამუშაოები ანალოგიურია იმ ტექნოლოგიური სქემისა, რომლითაც სრულდება ხმელეთის მხარეს ხიმინჯების მოწყობა.

ნარანდიანი ხიმინჯები

ნარანდიანი ხიმინჯების კედელი კონსტრუქციის კიდურა კვეთიდან 1.0 მ-ით არის დაშორებული და მის მდგრადობას ჰორიზონტალური მიმართულებით უზრუნველყოფს ბეტონის კონსტრუქცია.

ხიმინჯების 4 რიგი ერთმანეთთან დაკავშირებულია ჰორიზონტალურად განივი კოჭების გამოყენებით და ქმნის სივრცით სისტემას.

ნავმისადგომის დასავლეთი მხარე შესრულებულია პროექტში მოცემული ნაპირსამაგრის კონსტრუქციით. მისი კონსტრუქცია ტიპურია და ითვალისწინებს ადგილმდებარეობას. აქაც გამოყენებულია ანალოგიური გადაწყვეტა. მათ შორის: ხიმინჯები, ნარანდიანი ხიმინჯები და კოჭები.

ULS ხიმინჯების რეალური მზიდუნარიანობა დადგენილი იქნა ობიექტზე სრულმასშტაბიანი ტესტური შემოწმების პირობებში, რომელიც გამოყენებულ იქნა ULS ხიმინჯების მზიდუნარიანობის კალიბრირებისათვის.

უჯრედოვანი სტრუქტურის დიამეტრი 13.0 მ-ია, ნარანდიანი ხიმინჯების ძირის დონე – 17.5 მ BZ. ხიმინჯები არის ბრტყელი სექციების, კლასით AS500.

უჯრედების შესავსებად გამოყენებულია ადგილობრივი მასალა, რომელიც იმეორებს სწორხაზოვანი ფოლადის ხიმინჯებისათვის შერჩეულ მახასიათებლებს, მიღებულს პირსების შემთხვევაში.

კოფერდამის საპროექტო გადაწყვეტა ემყარება უჯრედოვანი კონსტრუქციის პრინციპებს. ასეთი უჯრედოვანი კონსტრუქციისათვის დამახასიათებელია ურთიერთდაკავშირებული ღეროვანნარანდიანი ხიმინჯების სისტემა. ეს საინჟინრო გადაწყვეტა კარგად მიესადაგება ფოთის რეგიონის სანაპირო ზონის ფუძის გრუნტის მახასიათებლებს. უჯრედოვანი კონსტრუქცია მთლიანად შეივსო გრუნტით, რომლის შედეგად იგი მიღებულია დასრულებული კოფერდამის სახით. ასეთი კონსტრუქციისათვის გამოყენებულია S270GP მარკის ფოლადი.

გეოტექნიკური ანალიზი ჩაუტარდა ორივე პირსსა და ბოძს, რაც მოიცავს კონსტრუქციის დეფორმაციებისა და მდგრადობის დეტალურ ანალიზს ევროკოდ-7-ის მიხედვით. შესაბამისად, ჩატარდა:

- ფუძის ძვრაზე მდგრადობა სეისმური ზემოქმედებისას, რომელიც შეფასდა მონონაბე-ოკაბეს მეთოდით;
- მზიდუნარიანობის შემოწმება, მცირე ჩაღრმავების მქონე ფუნდა-მენტებისათვის;
- სიღრმულ ძვრაზე მდგრადობის შეფასება დატვირთვების სტატიკური და სეისმური ზემოქმედებისას, რომელთა დროს გამოყენებულია ბიშოპის და სპენსერის მეთოდები;
- ნავსადგომი ბოძის გადახრებზე გაანგარიშებები სტატიკური და სეისმური ზემოქმედებისას, სადაც ინერციის ძალა ჰორიზონტალური მიმართულებით შეფასებულია სეისმურობის კოეფიციენტის მიხედვით;
- უჯრედოვანი კონსტრუქციის ჯდენაზე გაანგარიშებები.

ფოლადის ნარანდიანი ხიმინჯების კონსტრუქცია, რომელიც მოიცავს 1 და 2 პირსებს, აკმაყოფილებს ArcelorMittal-ის AS 500-ის AS

500 სწორხაზოვანი ფოლადის ხიმინჯების პროექტირების კრიტერიუმებს.

საპროექტო მოთხოვნების თანახმად, კოროზიისაგან დაცვა ხორციელდება წყალში ჩაძირული კედლის გარე ზედაპირის კათოდური დაცვით და კოროზიის დაშვებით დანარჩენ ზედაპირებზე.

აღნიშნული კრიტერიუმების მიხედვით, მიღებულია ფოლადის სისქის სრული დანაკარგი კოროზიაზე.

ხიმინჯების მზიდუნარიანობა შემოწმდა არა მარტო თეორიული გაანგარიშებებით, არამედ ასევე ადგილზე ტესტური დატვირთვის მიხედვით, რაც საფუძვლად დაედო ხიმინჯის პარამეტრების (დიამეტრი და სიგრძეები) განსაზღვრას.

ნავმისადგომის ყველა კონსტრუქციისათვის შეირჩა AS-500 9.5 კლასის ფოლადის მარკა S320 GP. მიღებულ იქნა, რომ 9,5 მმ სისქის კონსტრუქციათა შეერთებები აკმაყოფილებს სიმტკიცის პირობებს.

ბ.ბ) ზედნაშენის (ძირითადი კონსტრუქციული სისტემას) მოწყობა

ნავმისადგომის რეკონსტრუქციის პროექტის მიხედვით განხორციელებული ფოთის საზღვაო პორტის ჩრდილოეთ აუზის რეკონსტრუქცია მოიცავს შემდეგ ძირითად სამშენებლო სამუშაოებს:

- არსებული ნავსადგურის ადგილზე (სადაც წყლის სიღრმე 5-დან 6 მ-მდეა) №1 ნავმისადგომის რეკონსტრუქციის ფარგლებში განხორციელდა ჩაღრმავება სიღრმით 12.5 მ-მდე;
- მოეწყო ამწეების ბერკეტები ახალი ნავმისადგომის სახმელეთო ნაწილზე;

- მოეწყო ახალი, დამოუკიდებელი მისაბმელი, გემების სრული სიგრძით მისაბმელად;
- მოეწყო საფეხმავლო ხიდი ახალ ნავმისადგომსა და ახალ მისაბმელს შორის;
- განხორციელდა პირსების რეკონსტრუქცია შესასვლელი არხის ორივე მხარეს.

ამოითხარა ჩრდილოეთის აუზი და მისი შესასვლელი არხი და საშუალო სიღრმემ მიაღწია 13.11 მ-ს BZ. გაფართოვდა შესასვლელი არხი. აღნიშნულის შედეგად, სამხრეთის პირსის თავი შესაბამისობაშია მოყვანილი წყლის მომატებულ სიღრმესთან. მოხდა ჩრდილოეთის პირსის დემონტაჟი და შეიცვალა ახლით, რომლის ადგილმდებარეობა ჩრდილოეთისკენ არის გადაწეული და ასევე ხელსაყრელი იქნება წყლის ახალი სიღრმის პირობებშიც.

ექსკავაციის სამუშაოები არ შედის წინამდებარე პროექტის კომპეტენციის ფარგლებში.

ნავმისადგომის კონსტრუქციის დეფორმირებული მდგომარეობის ხასიათი დამოწმებულია SLS-ის დატვირთვათა კომბინაციებისთვის.

ნარანდიანი ხიმინჯების კედლის ზედა კვეთის ჰორიზონტალურმა გადაადგილებამ მიაღწია 54 მმ-ს, რაც შეესაბამება ფარდობას H/275 (აქ H კონსტრუქციის სიმაღლეა H=15 მ) და აკმაყოფილებს სიმტკიცის მოთხოვნებს. ნორმების მოთხოვნების მიხედვით ასეთი კონსტრუქციების მაქსიმალური დასაშვები გადაადგილება უნდა იმყოფებოდეს ინტერვალში $H/200 \div H/300$.

ამწისქვეშა კოჭების ჰორიზონტალური გადაადგილება პრაქტიკულად 0-ის ტოლია, ხოლო ვერტიკალური გადაადგილება აღწევს

6 მმ-ს. შედეგები აკმაყოფილებს EN1993-6 და ISO12488-1-ის მოთხოვნებს.

შემოწმდა ნავმისადგომის კონსტრუქციის მდგრადობა უსაფრთხოებაზე. გაანგარიშების მეთოდოლოგიის მიხედვით, გრუნტის სიმტკიცე მცირდება მანამ, სანამ კრიტიკული სიბრტყე არ განვითარდება. გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლების (შიგა ხახუნის კუთხე და ხვედრითი შეჭიდულება) შემცირებული მნიშვნელობის მიხედვით განისაზღვრება კონსტრუქციის მდგრადობის მარაგი.

საბოლოოდ მიღებულ იქნა, რომ:

- სტატიკური დატვირთვის დროს მარაგები იმყოფება ინტერვალში $1.25 \div 1.30$;
- სეისმური დატვირთვის დროს – 1.12.

მარაგების დასაშვები მნიშვნელობა შეადგენს 1.1. ამდენად, უსაფრთხოების პირობა კმაყოფილდება, რაც საპროექტო მონაცემებს ემთხვევა.

პირსი 1. განთავსებულია ჩრდილოეთის მხარეს, წარმოადგენს უჯრედოვანი კოფედრამის (ზღუდარი) ტიპის კონსტრუქციას და სიგრძეში შეიცავს ოთხ ტიხარს. კონსტრუქციის მახასიათებელი ზომებია:

- მთლიანი სიგრძე – 63.7 მ;
- სიგანე – 17.409 მ;
- მაქსიმალური ჩაღრმავება ზღვის მხარეს – 13,6 მ;
- მაქსიმალური ჩაღრმავება ხმელეთის მხარეს – 1,64 მ.

უჯრედების შესავსებად გამოყენებულია ადგილობრივი მასალა შემდეგი მახასიათებლებით:

- მოცულობითი წონა მშრალ მდგომარეობაში = 18 კნ/მ³;
- მოცულობითი წონა სველ მდგომარეობაში = 20 კნ/მ³;
- შიდა ხახუნის კუთხე ≥ 300 .

სწორხაზოვანი ფოლადის ხიმინჯებისათვის შეირჩა შემდეგი მახასიათებლები:

- კლასი – AS-500-9.5;
- კედლის სისქე = 9.5 მმ;
- ფოლადის მარკა = S320 GP;
- Y 120 – შემაერთებელი ხიმინჯები.

პირსი 2 განთავსებულია სამხრეთის მხარეს და წარმოადგენს ერთუჯრედოვან კონსტრუქციას. მისი აგება გათვალისწინებულია არსებული პირსის ადგილზე. კონსტრუქციის მახასიათებელი ზომებია:

- სიგანე – 18 მ;
- უჯრედის დიამეტრი – 26 მ;
- მაქსიმალური ჩაღრმავება ზღვის მხარეს – 13,36 მ;
- ხმელეთის მხარეს +1,64 მ;
- ნარანდიანი ხიმიჯის ძირის დონე მუდმივია –16.5მ BZ-ზე.

უჯრედების შესავსებად გამოყენებულია ადგილობრივი მასალა.

სწორხაზოვანი ფოლადის ხიმინჯებისათვის შერჩეული მახასიათებლები იგივეა, რაც 1 პირსის შემთხვევაში.

ინსპექტორების მიერ განხორციელდა გამოსაკვლევ ობიექტზე ჩატარებული სამშენებლო სამუშაოების ხილული ნაწილის საკონტროლო აზომვები და ინსტრუმენტულად გადამოწმდა კონსტრუქციების მახასიათებელი პარამეტრები, ხოლო ფარული სამუშაოები გაზიარე-

ბულია ფარული სამუშაოების აქტებში, ხიმინჯების მიღების აქტებში, სამემსრულებლო ნახაზების, ლაბორატორიული ტესტირების ოქმების და მასალების შესაბამისობის სერტიფიკატებში (ორიგინალები ინახება დამკვეთთან) მოცემული მონაცემების მიხედვით.

ინსპექტირებისას გამოიკვეთა შემდეგი გარემოებები: ბეტონის ფილებზე შეიმჩნევა ზედაპირული ბზარები, რაც ძირითადად ტექნოლოგიური ხასიათისაა და კონსტრუქციის მდგრადობაზე გავლენას არ მოახდენს. აუცილებელია მათი შევსება პოლიურეთან-ცემენტის ხსნარით ან სხვა შემკვრელი მასალით, შესაბამისი ტექნოლოგიის დაცვით. ასევე უნდა აღინიშნოს, რომ პირსი 2-ის კონსტრუქციამ განიცადა ჯდომითი დეფორმაციები 10-12 სმ, რაც პროექტის მიხედვით დასაშვებია (პროექტით განსაზღვრულია 15 სმ ჯდომა; იხ. პირსის პროექტი), მიუხედავად ამისა მიმდინარეობს მონიტორინგი. ასევე მოხდა ზოგიერთი ხიმინჯის კოორდინატების შეცვლა არსებული ბეტონის ფილებისგან გამომდინარე (იხ. სამემსრულებლო ნახაზები), რაც კონსტრუქციის მდგრადობაზე გავლენას არ ახდენს. კონსტრუქციებს სხვა სახის დეფორმაციები და დეფექტები არ აღენიშნებათ.

ქალაქ ფოთში, შპს „პეის ტერმინალის“ ტერიტორიაზე №1 ნავმისადგომისა და №2 მოლოს რეკონსტრუქციის ჩატარებული სამუშაოები შესაბამისობაშია საჯარო სამართლის იურიდიული პირის „ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს“ №64-04 (05.05.2020 წ.) ბრძანების მიხედვით, სანებართვო პირობებით განსაზღვრული მშენებლობის ეტაპებთან და შეთანხმებულ პროექტთან,

არსებული გადახრები ნორმის ფარგლებშია და გავლენას არ მოახდენს კონსტრუქციის უსაფრთხო მუშაობაზე.



სურ. 7.34. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.35. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.36. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.37. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.38. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.39. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.40. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.41. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.42. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი



სურ. 7.43. დიაგნოსტიკის ფრაგმენტი

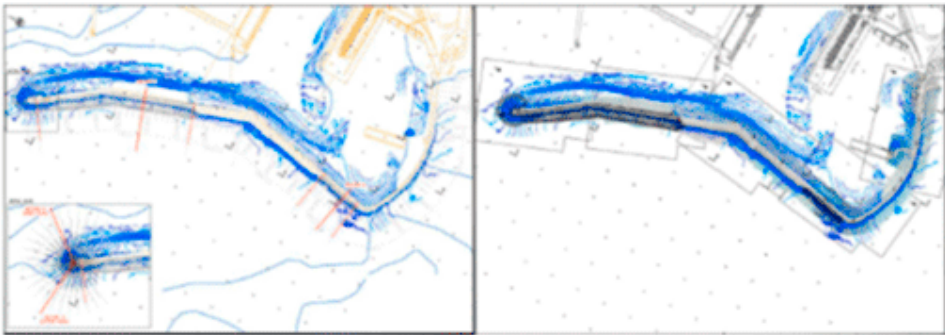
7.3. რეკონსტრუქციის პროექტისთვის კომპლექსური დიაგნოსტიკის საფუძველზე მომზადებულია შემდეგი რეკომენდაციები

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, დიაგნოსტიკისა და კვლევის შედეგად, სარეაბილიტაციო სამუშაოები შეიძლება დაიყოს საშუალო და მაღალ პრიორიტეტულ სამუშაოდ. ამ დოკუმენტში საშუალო პრიორიტეტულად განისაზღვრა I და II მონაკვეთები, ხოლო უმაღლესი პრიორიტეტია III, V და VI მონაკვეთები. ჩასატარებელია ასევე ბეტონის რამდენიმე ინექცია მოლოს შიდა სანაპიროს დაზიანებულ ადგილებში.

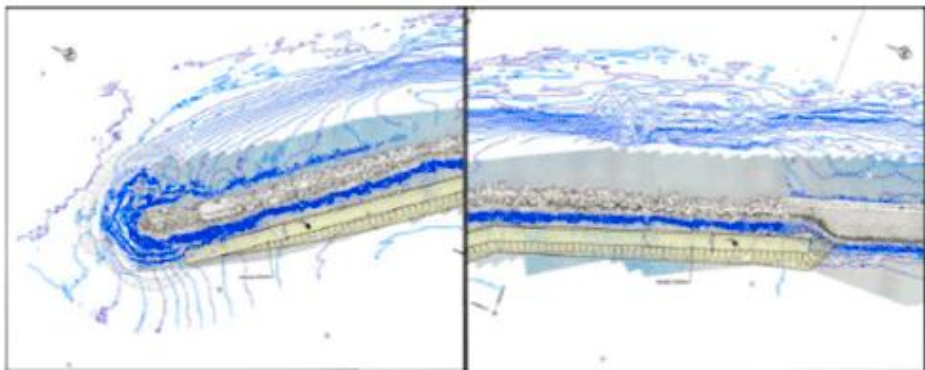
ამჟამინდელი I, II და III მონაკვეთები შეესაბამება ჰორიზონტალური ქვაფენის ტიპს. სექციები IV-A და IV-B მონაკვეთებზე განხორციელე-

ბულია რეკონსტრუქცია X-Block-ის გამოყენებით, რომელთაც აქვთ კარგი მდგომარეობა და მათში სარეაბილიტაციო ღონისძიებები არ არის გათვალისწინებული. V და VI მონაკვეთები წარმოდგენილია ბეტონის ერთგვაროვანი კუბური ბლოკების სახით.

მიმდინარე რეაბილიტაცია ითვალისწინებს მაღალი პრიორიტეტული ქმედებების განხორციელებას III, V და VI მონაკვეთებზე, ასევე ბეტონის ინიექციებს რამაც უნდა უზრუნველყოს მოლოს მდგრადობა ღელვისა და სხვა ფაქტორების მიმართ საერთაშორისო სტანდარტებით დადგენილი ნორმებით. გარდა ამისა, თითოეულ ტიპურ მონაკვეთში შემოთავაზებული ფენების ნაწილები სტაბილური უნდა იყოს ტალღებისა და სხვა სახის ზემოქმედების მიმართ.



სურ. 7.44. ტიპური უბნებისა და სამუშაოების ადგილმდებარეობის გეგმა. მოქმედებები მაღალი პრიორიტეტით



სურ. 7.45. გეგმა. მოქმედებები მაღალი პრიორიტეტით

ყველა ტიპური მონაკვეთი შექმნილია ბეტონის კუბური ბლოკებით შედგენილი სტრუქტურით.

III მონაკვეთის რეაბილიტაცია

III მონაკვეთი 150 მეტრია და მდებარეობს 0+600 და 0+750 ნიშნულებს შორის. ის ესაზღვრება X-Block-ით ჩატარებულ უკვე რეაბილიტირებულ მონაკვეთს. ამ ადგილის X-Block მონაკვეთზე გადასვლამ უნდა უზრუნველყოს გასწორების უწყვეტობა და თავიდან აიცილოს სუსტი ადგილები. ამ ტიპურ ტერიტორიაზე განთავსდება 40-ტონიანი ბეტონის ბლოკები არსებული კონსტრუქციით.

ეს ბლოკები დაიგება ორ ფენად, თეორიულად მისი სისქე იქნება 5,70 მეტრამდე. სტრუქტურა ეყრდნობა არსებულ ფსკერს. დახრილობა იქნება 1.25H:1V სიმაღლეზე. +6,90 მეტრი სიგანით 5,20 მეტრი. ამ ადგილას. დახრილი იქნება მიმდინარე 1.25H:1V.



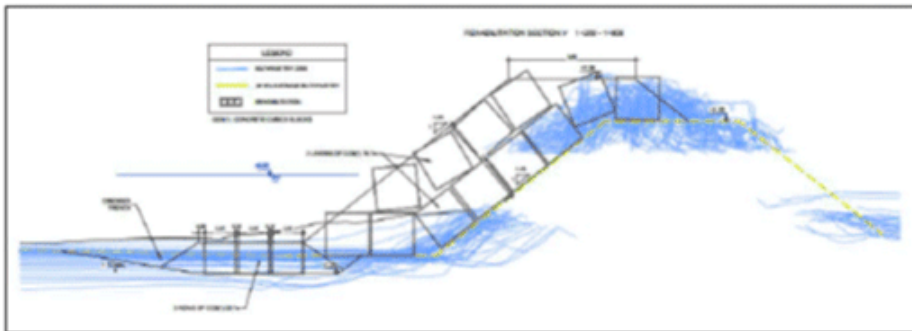
სურ. 7.46. სარეაბილიტაციო განყოფილება III

სარეაბილიტაციო V მონაკვეთი

მონაკვეთი V განლაგებულია X-Blocks-ის რეკონსტრუქციის შემდეგ უბანზე და აუცილებელია გასწორის უწყვეტობის უზრუნველყოფა

სუსტი ადგილების თავიდან ასაცილებლად. ეს მონაკვეთი 540 მეტრია, 1+260 და 1+800 ნიშნულებს შორის.

ამ მონაკვეთზე ფსკერის მდგომარეობის გამო, სტაბილურობის უზრუნველსაყოფად გაკეთდება საძირკველი 7,50 მ სიღრმეზე, ასევე შესრულდება 6:1 პროპორციით გარე ფერდობები. მისი მეშვეობით ადგილზე განთავსდება 30-ტონიანი სერიის ბეტონის კუბური ბლოკები. ამ სტრუქტურის ზემოთ არის ორი ფენა – 75 ტონა ბეტონის კუბური ბლოკები 1.25H:1V დახრილობით. თეორიული ფენის სისქე არსებული ნაგებობიდან – იქნება 7.05 მ, სიმაღლე +7.30 მ, სიგანე ამ ადგილას 9,60 მეტრია. დახრილობა იქნება 1.25H:1V.



სურ. 7.47. სარეაბილიტაციო მონაკვეთი V ბეტონის სამუშაოები (ინექცია)

როგორც ბათიმეტრიული კვლევების შედეგად გამოიკვეთა, ყველა ხარვეზი და რღვევა, რომელიც გვხვდება შიდა ნავმისადგომზე, რეაბილიტირდება და გამოსწორდება ჩალრმავებული ბეტონის ინექციებით. ამ პროცესში ჩართული იქნება გვერდითი სკანირების სონარის გამოყენება რამდენიმე ზონაში (ადგილები მონიშნულია სურ. 7.48-ზე).

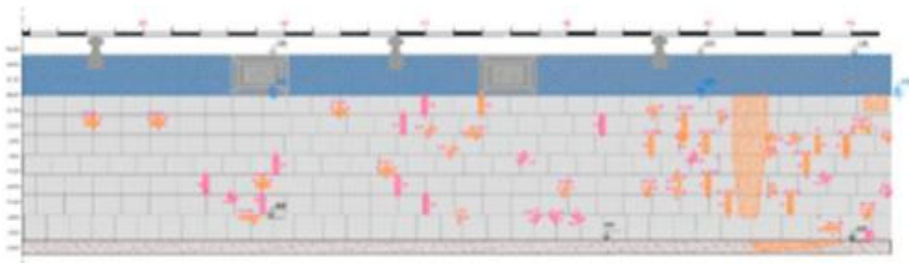
გარდა ამისა, წყალქვეშა ინსპექტირება, დარღვევებისა და ხარვეზების აღმოფხვრის შედეგების შესწავლის მიზნით ჩატარდება დისტანციური მართვის სატრანსპორტო საშუალების (ROV) გამოყენებით.



სურ. 7.48. გვერდითი სკანირების სონარის მდებარეობა

შიდა ბურჯის ვერტიკალურ კედელს დარღვევების ზუსტად გამოვლენისა და გამოსწორების მიზნით ჩაუტარდება ბეტონის ინექციები, დეფექტები შეკეთდება იმ ადგილებში, რომლებიც ნაჩვენებია შემდეგ სურათზე.

როგორც ნახაზ 7.49-ის მაგალითზეა ნაჩვენები, ყველა რღვევა შეიძლება დაიყოს დეფექტების ხარისხის მიხედვით:

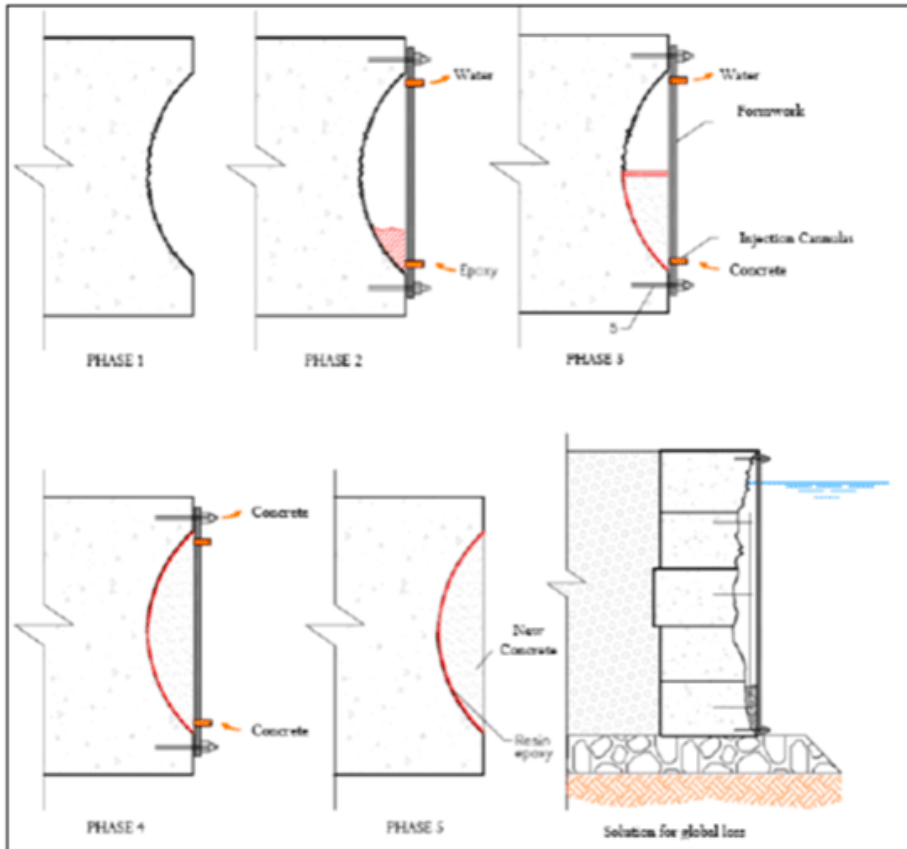


სურ. 7.49. დეფექტების კლასიფიკაცია შეკეთებისთვის

მეწამული ფერი მიუთითებს იმ უმნიშვნელო ნაკლოვანებებზე, რომელთა აღმოფხვრა არ არის საჭირო; ნარინჯისფერი აჩვენებს საშუალო სირთულის ხარვეზებს, რომელთა შეკეთება სამშენებლო ეპოქსიდური ინექციით არის შესაძლებელი. ნარინჯისფერი, სადაც

უფრო დიდი ფართობის დაზიანებებია, აჩვენებს იმას, რომ ეს უბნები სპეციალური ბეტონით უნდა შეკეთდეს.

მცირე და დიდი რღვევების აღმოსაფხვრის პროცესები ნაჩვენებია შემდეგ სურათზე (სურ. 7.50), რომელიც იყოფა რამდენიმე ფაზად.



სურ. 7.50. ბეტონის ჩასხმის პროცესი

რღვევების შესაჩერებლად და აღმოსაფხვრელად, გამოიყენება არაარმირებული ბეტონი C25/30 S 2. უნდა იქნეს გამოყენებული ჰიდრატაციის დაბალი სითბო, წყალი/ცემენტის თანაფარდობა კი უნდა იყოს დაახლოებით 0,45. ეფექტურობის გაზრდის მიზნით გამოიყენება პლასტიფიკატორები.

დასკვნა

1. ლიტერატურის ანალიზით განისაზღვრა პორტებში მოლოს, ნავმისადგომის საყრდენი კედლების და ამრიდი კონსტრუქციების სხვადასხვა დეფექტების გაჩენის სიხშირე;
2. დადგინდა პორტში მოლოს კონსტრუქციის და ამრიდი კონსტრუქციების მწყობრიდან გამოსვლის მთავარი მიზეზი – ტექნოლოგიური ხარვეზები და შემუშავდა ზოგადი მოთხოვნები, რომლებიც ზრდის მოლოს კონსტრუქციის და ამრიდი კონსტრუქციების საიმედოობას;
3. მიღებული შედეგები და მოდელი შემოწმდა რეალურ მონაცემებზე დაყრდნობით, კერძოდ:
 - შეიქმნა ნავმისადგომის ტექნიკური მდგომარეობის დიაგნოსტიკის შეფასების ახალი მეთოდი და ალგორითმი არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიისა და Fuzzy ტექნოლოგიების საფუძველზე;
 - შეიქმნა ნავმისადგომის ტექნიკური დიაგნოსტიკისათვის ინტერაქტიური პროგრამული სისტემა ახალი ალგორითმის საფუძველზე;
 - სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე განისაზღვრა დიაგნოსტიკის მოდელის შესასვლელი და გამოსასვლელი პარამეტრების მიკუთვნების ფუნქციები.
 - შეიქმნა ინტერაქტიური პროგრამული პაკეტი სხვადასხვა კატეგორიის გემის ჯდომის სრული კორექტირების გაანგარიშებაზე.
 - Q ანალიზის საფუძველზე, შეიქმნა ალგორითმი ნავმისადგომის ნარჩენი რესურსის და სტრუქტურული მდგრადობის შეფასებისათვის.

4. დამუშავებული მეთოდოლოგიით გამოკვლეულ იქნა მოლოს საყრდენი კედლების და ამრიდი კონსტრუქციების ტექნიკური მდგომარეობა და დადგინდა მოლოს მონაკვეთების აღდგენის სამუშაოების კლასიფიცირება მაღალი და საშუალო პრიორიტეტულობის მქონე სამუშაოებად:

ა) მაღალი პრიორიტეტულობის სამუშაოები. აღნიშნული სამუშაოები უნდა შესრულდეს უპირველეს ყოვლისა, რათა თავიდან იქნეს არიდებული ნაგებობის რღვევა და ავარია. ეს შეეხება III, V და VI მონაკვეთებს და ასევე შიდა ნავმისადგომის ვერტიკალური კედლის შეკეთებას ბეტონის მეშვეობით.

ბ) საშუალო პრიორიტეტულობის სამუშაოები. მოცემული სამუშაოები ხასიათდება ნაკლები პრიორიტეტულობით ზემოაღნიშნულ სამუშაოებთან შედარებით, ეს შეეხება მოლოს შემდეგი ნაწილების რეკონსტრუქციას: I-A-B-C და მონაკვეთი II. მოცემული სამუშაოები უნდა შესრულდეს მაღალი პრიორიტეტულობის სამუშაოების დასრულების შემდგომ;

5. დადგენილია მოლოს კონსტრუქციების აღდგენის და ხანგრძლივად საექსპლუატაციო ვარგისიანობის, სიმტკიცისა და სტაბილურობის პირობები და კონსტრუქციული გადაწყვეტები, რაც შესრულებულია ადგილზე შესაბამისი საპროექტო გადაწყვეტილებებით სამშენებლო კორპორაცია „BESIX-STFA(JV)“-ის მიერ, ხოლო ტექნიკურ ზედამხედველობას ახორციელებდა აკრედიტებული ინსპექტირების ორგანო შპს „მშენ-ექსპერტი+“(დირექტორი ა. ჭიპაშვილი, ტექნიკური მენეჯერი მ. წიქარიშვილი). სამუშაოს ეტაპობრივი შესრულების ანგარიშები მოცემულია დანართში.

დანართი

ფოთის პორტის მოლოს რეკონსტრუქციის ფრაგმენტები

(ზედამხედველობას უწევდა საზედამხედველო აკრედიტებული ინსპექტირების ორგანიზაცია „მშენ-ექსპერტი“, დირექტორი – ალექსანდრე ჭიპაშვილი, ტექნიკური მენეჯერი – მალხაზ წიქარიშვილი)

რეკონსტრუქციის პირველი ეტაპი (მოსამზადებელი სამუშაოები)

მშენებლობის ეტაპები განისაზღვრება შემდეგნაირად:

1. მოსამზადებელი სამუშაოები;
2. ძირითადი რიგის სამუშაოები;
 - მიწის სამუშაოები;
 - არსებული მოლოს რეკონსტრუქციის სამუშაოები.

კვლევის პერიოდში ინსპექტორი ხელმძღვანელობდა დამკვეთის მიერ მოწოდებული დოკუმენტაციით და საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების დაცვით.

სამუშაო ჩატარდა შპს “მშენ-ექსპერტი+ისა” და N.V.BESIX S.A-ის (ნ.ვ. ბესიქს ს.ა) უცხოური საწარმოს ქართული ფილიალთან (სნ 405478503) გაფორმებული №C-693/09/22-I693 (1.09.2022 წ.) ხელშეკრულების საფუძველზე.

ობიექტზე ტექნიკური ზედამხედველობა ხორციელდება 2022 წლის 1 სექტემბრიდან.

ადგილზე შესწავლით მიღებული მონაცემებისა და ნორმატიული ლიტერატურის ურთიერთშედარების შედეგად დადგინდა, რომ ე.ფოთში, სს „კორპორაცია ფოთის საზღვაო ნავსადგურის“ სამხრეთ-

დასავლეთ მოლოს რეკონსტრუქციაზე 30.09.2022 წლის მდგომარეობით შესრულებულია №1 ეტაპი – მოსამზადებელი სამუშაოები.

წარმოდგენილი მშენებლობის ორგანიზაციის პროექტისა და შეთანხმებული საპროექტო დოკუმენტაციის მოთხოვნების მიხედვით სამშენებლო ობიექტზე I ეტაპზე შესრულებულია შემდეგი რიგის სამუშაოები:

- საქართველოში რეგისტრირებულია N.V.BESIX S.A (ნ. ვ. ბესიქს ს.ა) უცხოური საწარმოს ქართული ფილიალი (სნ 405478503);
- მომზადებულია მუშა პროექტი და სამოქმედო გეგმა;
- მომზადებულია დროებითი ნაგებობების, X ბლოკებისა და ბუნებრივი ლოდების განთავსების და დასაწყობების ტერიტორია;



X ბლოკების დასაწყობება



ქვების დასაწყობება

- ობიექტზე განთავსებულია დროებითი შენობები: დამსაქმებლის, ინჟინრის/კონტრაქტორის პერსონალის ოფისები, მუშათა სასადილო, საამქრო, პირველადი სამედიცინო დახმარების პუნქტი, საწყობი, ავტოპარკინგი, ბეტონის ქარხანა, ასაწყობი რკინაბეტონისა და არმატურის ეზო, გენერატორი, წყლის აუზი, დროებითი ღობეები.



საველე ოფისები





დამსაქმებლის/ინჟინრის/კონტრაქტორის პერსონალის ოფისები



სასადილო-სამზარეულო



სამქრო



სამედიცინო პუნქტი



პარკინგი



ბეტონის ქარხანა



ქარხნის საწყობი



გენერატორი და წყლის ავზი



დროებითი ღობეები

- ჩატარებულია დამატებითი კვლევები: ნიადაგის შესწავლა, გეოტექნიკური კვლევა, სატესტე ხიმინჯები;
- ობიექტზე მობილიზებულია სამშენებლო ორგანიზაციის პროექტით განსაზღვრული შესაბამისი ტექნიკა და აღჭურვილობა;
- საკარიერო მასალებზე წარმოდგენილი შესაბამისი ხელშეკრულებები მომწოდებლებთან.

ქ. ფოთში, სს „კორპორაცია ფოთის საზღვაო ნავსადგურს“ სამხრეთ-დასავლეთ მოლოს რეკონსტრუქციაზე, საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს, საჯარო სამართლის იურიდიული პირის ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს მიერ გაცემული №229-04 ბრძანებით განსაზღვრული მშენებლობის №1 ეტაპის – მოსამზადებელი სამუშაოები, წარმოდგენილ დოკუმენტაციაზე დაყრდნობით და ზედამხედველის მიერ ობიექტის ადგილზე შესწავლით, შესაბამისობაშია საპროექტო დოკუმენტაციასთან, ეძლევა დადებითი შეფასება და რეკომენდაცია შემდეგი ეტაპის განსახორციელებად.

ფოტოფიქსაცია





















რეკონსტრუქციის მეორე ეტაპი

(სამხრეთ-დასავლეთ მოლოს სარეკონსტრუქციო სამუშაოებზე „ბ“ ძირითადი რიგის სამუშაოები, „ბ.ა“ ეტაპის (მიწის სამუშაოები))

მშენებლობის ეტაპები განისაზღვრება შემდეგნაირად:

1. მოსამზადებელი სამუშაოები;
2. ძირითადი რიგის სამუშაოები.

ბ.ა. – მიწის სამუშაოები;

ბ.ბ. – არსებული მოლოს რეკონსტრუქციის სამუშაოები.

კვლევის პერიოდში ინსპექტორი ხელმძღვანელობდა დამკვეთის მიერ მოწოდებული დოკუმენტაციით და საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნებით.

სამუშაო ჩატარდა შპს „მშენ-ექსპერტი“-სა და N.V.BESIX S.A (ნ.ვ. ბესიქს ს.ა) უცხოური საწარმოს ქართული ფილიალთან (სნ 405478503) გაფორმებული №C-693/09/22-I693 (1.09.2022 წ) ხელშეკრულების საფუძველზე.

ობიექტზე ტექნიკური ზედამხედველობა ხორციელდება 2022 წლის 1 სექტემბრიდან.

ადგილზე შესწავლით მიღებული მონაცემებისა და ნორმატიული ლიტერატურის ურთიერთშედარების შედეგად დადგინდა, რომ ქ. ფოთში, სს „კორპორაცია ფოთის საზღვაო ნავსადგურის“ სამხრეთ დასავლეთ მოლოს რეკონსტრუქციაზე 12.14.2022 წლის მდგომარეობით შესრულებულია „ბ“ – ძირითადის რიგის სამუშაოების „ბ.ა“ – მიწის სამუშაოები.

წარმოდგენილი მშენებლობის ორგანიზაციის პროექტის და შეთანხმებული საპროექტო დოკუმენტაციის მოთხოვნების მიხედვით სამშენებლო ობიექტზე ძირითადი რიგის სამუშაოებიდან შესრულებულია მიწის სამუშაოები:

- ჩატარდა მიწის სამუშაოები დროებითი გზების მოსაწყობად;
- მომზადდა დროებითი ნაგებობების, X ბლოკების და ბუნებრივი ლოდების განთავსებისა და დასაწყობების ტერიტორია;





ქ. ფოთში, სს „კორპორაცია ფოთის საზღვაო ნავსადგურის“ სამხრეთ დასავლეთ მოლოს რეკონსტრუქციაზე, საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს, საჯარო სამართლის იურიდიული პირის ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს მიერ გაცემული №229-04 ბრძანებით განსაზღვრული მშენებლობის „ბ“ ძირითადი რიგის სამუშაოებიდან „ბ.ა“ მიწის სამუშაოები, წარმოდგენილ დოკუმენტაციაზე დაყრდნობით და ზედამხედველის მიერ ობიექტის ადგილზე შესწავლით, შესაბამისობაშია საპროექტო დოკუმენტაციასთან, ეძლევა დადებითი შეფასება და რეკომენდაცია შემდეგი ეტაპის განსახორციელებად.

რეკონსტრუქციის მესამე ეტაპი (არსებული მოლოს რეკონსტრუქციის სამუშაოები)

მშენებლობის ეტაპები განისაზღვრება შემდეგნაირად:

1. მოსამზადებელი სამუშაოები;
2. ძირითადი რიგის სამუშაოები;

ბ.ა. – მიწის სამუშაოები;

ბ.ბ. – არსებული მოლოს რეკონსტრუქციის სამუშაოები.

კვლევის პერიოდში ინსპექტორი ხელმძღვანელობდა დამკვეთის მიერ მოწოდებული დოკუმენტაციით და საქართველოში მოქმედი სამშენებლო ნორმებისა და წესების მოთხოვნებით.

სამუშაო ჩატარდა შპს „მშენ-ექსპერტი+სა“ და N.V.BESIX S.A (ნ.ვ. ბესიქს ს.ა) უცხოური საწარმოს ქართული ფილიალთან (სნ 405478503) გაფორმებული №C-693/09/22-I693 (1.09.2022 წ.) ხელშეკრულების საფუძველზე.

ობიექტზე ტექნიკური ზედამხედველობა ხორციელდება 2022 წლის 1 სექტემბრიდან.

ადგილზე შესწავლით მიღებული მონაცემებისა და ნორმატიული ლიტერატურის ურთიერთშედარების შედეგად დადგინდა, რომ ქ. ფოთში, სს „კორპორაცია ფოთის საზღვაო ნავსადგურის“ სამხრეთ დასავლეთ მოლოს რეკონსტრუქციაზე 10.04.2023 წლის მდგომარეობით შესრულებულია „ბ“ ძირითადის რიგის სამუშაოების „ბ.ბ“ არსებული მოლოს რეკონსტრუქციის სამუშაოები.

წარმოდგენილი მშენებლობის ორგანიზაციის პროექტის და შეთანხმებული საპროექტო დოკუმენტაციის მოთხოვნების მიხედვით

სამშენებლო ობიექტზე ძირითადი რიგის სამუშაოებიდან შესრულებულია არსებული მოლოს რეკონსტრუქციის სამუშაოები:

- X- ბლოკების მოწყობა, 7210 ცალი;
- სათარიგო X ბლოკების დასაწყობება;
- ქვების (ზომით 1 – 40 მმ) მოწყობა, 19335 ტონა;
- ქვების (ზომით 20 – 80 მმ) მოწყობა, 22610 ტონა;
- ქვების (ზომით 20 – 200 კგ) მოწყობა, 22499 ტონა;
- ქვების (ზომით 60 – 300 კგ) მოწყობა, 83927 ტონა;
- ქვების (ზომით 300 – 1000 კგ) მოწყობა, 53362 ტონა;
- ქვების (ზომით 1 – 3 ტ) მოწყობა, 11686 ტონა;
- ქვების (ზომით 3 – 6 ტ) მოწყობა, 9363 ტონა.













ქ. ფოთში, სს „კორპორაცია ფოთის საზღვაო ნავსადგურის“ სამხრეთ დასავლეთ მოლოს რეკონსტრუქციაზე, საქართველოს ეკონომიკისა და მდგრადი განვითარების სამინისტროს, საჯარო სამართლის იურიდიული პირის, ტექნიკური და სამშენებლო ზედამხედველობის სააგენტოს მიერ გაცემული № 229-04 ბრძანებით განსაზღვრული მშენებლობის „ბ“ ძირითადი რიგის სამუშაოებიდან „ბ.ბ“ – არსებული მოლოს რეკონსტრუქციის სამუშაოები, წარმოდგენილ დოკუმენტაციაზე დაყრდნობით და ზედამხედველის მიერ ობიექტის ადგილზე შესწავლით, შესაბამისობაშია საპროექტო დოკუმენტაციასთან და ემლევა დადებითი შეფასება.

ლიტერატურა

1. Thorensen C.A. Port designers hand book – London: Thomas Telford Limited, 2010, 554 p.
2. Афонин А.Б., Королев И.Д., Тезаков А.Л. Исследование факторов влияющих на навигационную аварийность в условиях мелководия // Вестник ГУ морского и речного флота им. адм. С.О. Макарова Т.9 – № 4, 2017, с. 735-743.
3. საქართველოს ტერიტორიულ ზღვასა და ნავსადგურების აკვატორიაში გემების მოძრაობის „მონიტორინგისა და საინფორმაციო სისტემის ფუნქციონირების წესი“. საქ. ეკონომიკის და მდგრადი განვითარების სამინისტროს საზღვაო ტრანსპორტის სააგენტო დირ. ბრძანება № 5, ბათუმი. 30.03 2016.
4. ბულია თ. ნავმისადგომის ნაგებობების საექსპლუატაციო ვარგისიანობის, სიმტკიცისა და სტაბილურობის დადგენა (ფოთის პორტის მაგალითზე), სადისერტაციო ნაშრომი, სტუ, თბილისი. 2023.
5. საყვარელიძე ა. პორტები და საპორტო ნაგებობები. I ნაწილი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი 2020, 293 გვ.
6. საყვარელიძე ა. პორტები და საპორტო ნაგებობები. II ნაწილი, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2022, 562 გვ.
7. Граков В.О. Оградительные сооружения с защитной наброской Alfabuild 2(2), 2017, с. 27-30.
8. PD 31.04.01-90 Правила введения работ по очистке загрязненных акваторий портов. дата актуализации 01.03.2013.
9. Фомин Ю.Н. Современные методы оценки безопасности и надежности при строительстве и эксплуатации причалов типа «больверк» // Транспортне строительство, 2001. №5.
10. Правила разработки и проведения морских операций НД № 2- 090601-006, Санк-Петербург, 2017, 166 с
11. Палагин Ю.И. Транспортная логистика и мультимодальные перевозки. Технологии, оптимизация, управление. Изд. Политехника, 2017, 266 с.
12. PD-31.3.05-97 Нормы технологического проектирования Морских Портов. Дата актуализации 01.01.2019.

13. PD 31.31.55-93 Инструкция по проектированию морских причальных и берегоукрепительных сооружений. М., 1996. дата добавления в базу 01.02.2009.
14. Review of Maritime Transport, 2016 // United Nations Conference on trade and development (UNCTAD), Geneva, November, 2016, 118 p.
15. Review of Maritime Transport, 2014, UN publication. New-York, 30.03.2015, 134 p.
16. Бабурина О.Н., Хакерт Е.Н., Никулина Ю.А. Мировой морской торговый флот: динамика, структура, перспективы // Транспортное дело России, № 1, 2017, с. 88-92.
17. Бабурина О.Н., Кондратова С.И. Морские перевозки: тенденция развития в мировой и Российской экономике // Транспортное дело России. № 5, 2016, с. 112-116.
18. Вольский Г.Б., Гончаров И.Н. Управление Морским портом. Изд. Феникс, Одесса, 2010, 428 с.
19. Гарибин П.А., Субботин М.В. Сквозное волнозащитное сооружение с камерой гашения. Вестник Гос. ун-та Морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2014. № 2(2), с.74-82.
20. Макаров К.Н., Иванов А.В., Горлова А.А. Зависимость портовых акваторий и подходных каналов твердым стоком рек. European journal of thechnology and Design. 2015, vol. (10), I sm. pp.127-138.
21. Пойзнер М.Б. Яковенко В.Г. Авторский надзор за портовыми гидротехническими сооружениями. М.: Транспорт, 1990, 160 с.
22. Kornushin P.S. Perfection of dock fenders in Far East ports of Russia The Sixth (2004) ISOPE Pacific/Asia Offshore mechanics Symposium. Vladivostok. Section "Elements. Construction. Safety", 2005, p.20-23.
23. Сахненко М.А. Анализ эксплуатационной надежности портовых причальных сооружений с учетом фактора времени. // Сборник научных трудов второй научно-практической конференции Министерства Транспорта РФ. Москва. «Альтаир» МГАВТ – 2004г. – с. 14-18.
24. Коровкин В.С., Горынцев М.Н. Расчет глубоководных больверков с учетом перераспределения давления. // Водные пути и гидротехнические сооружения. Сборник научных трудов под редакцией Мелконяна И.Г., СПб., ГУВК, 2002.

25. РД 31.31.38-86 Инструкция по усилению и реконструкции причальных сооружений. Москва В/о «мортехинфореклама» 1987, 80 с. дата актуализации 01.01.2019.
26. Беляев Н.Д. Инженерные методы предотвращения размыва дна от работы судовых движителей: Автореф. дис.. канд. техн. наук. СПб.: СПбГТУ, 1999г
27. Альхименко А.И., Беляев Н.Д., Фомин Ю.Н. Безопасность морских гидротехнических сооружений: Учебное пособие/ Под ред. А.И. Альхименко. -СПб.: Издательство "Лань", 2003г.
28. ბულია თ. ნავმისადგომის ნაგებობებზე ჩატარებული კვლევების მიმოხილვა და ზოგადი დებულებები. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ N 4(60), თბილისი, 2021, გვ. 122-130.
29. გაგოშიძე შ., კოდუა მ., საღინაძე ი., ქადარია ი. სამდინარო ჰიდრომშენებლობა და საქართველოს შავიზღვისპირეთის გეომორფოლოგიური პროცესები. ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2017, 191 გვ.
30. გაგოშიძე შ. ნავსადგურები და სანავსადგურო ნაგებობები / კონსპექტი, ელექტრონული ვერსია. ნაწილი II. სტუ-ის ცენტრალური ბიბლიოთეკა, CD 1041.
31. D.Gurgenidze, M. Tsikarishvili, T. Bulia. Monitoring of Building Structures by Sensors Scientific-Technical Journal, “Building” 3(67), 2023.
32. საყვარელიძე ა. ნაპირდამცავი ჰიდროტექნიკური ნაგებობები. საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2021, 520.
33. Бологов А.В. Морские порты России; современное состояние и перспектива развития. Изд. Моркнига, М., 2014, 321 с.
34. Выдряков А.В., Граков В.О., Беляев Н.Д. Оградительные сооружения из оболочек большего диаметра с защитной наброской. Материалы научного форума с международным участием. Изд. Санкт-Петербург, Полит. ун-тет, 2016, с. 30-32.
35. Маркович Р.А., Кан М.К., Михайлов С.В. Коррозия и методы защиты зоны переменного смачивания металлоконструкций гидротех. сооружений эстакадного типа // Гидротехника, 4(37), 2014, С. 29-36.
36. СНИП 2.06.04-82. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).

37. РД 31.35.10-86 "Правила технической эксплуатации портовых сооружений и акваторий"
38. СНиП 3.02.01-83. Земляные сооружения, основания и фундаменты. - М., ФГУП ЦПП, 2007. – 124 с.
39. СНиП 3.07.02-87. Гидротехнические морские и речные транспортные сооружения.
40. РД 31.3.3-97 Руководство по техническому контролю гидротехнических сооружений морского транспорта.
41. СНиП 3.02.01-83 ОСНОВАНИЯ И ФУНДАМЕНТЫ.
42. ВСН 34-91 часть 1 минтранс. СССР, М., 1991, 55 с.
43. ВСН 34-91 часть 2 минтранс. СССР. М., 1991, 117 с.
44. Корнюшин П.С. Методика оценки эксплуатационных ограничений при сверхнормативном отклонении конструкции причальной стенки, РИА ДВО Сборник трудов Выпуск 5, Владивосток 2005, с. 45-48Д 31.1.02-04
45. ბულია თ. ნავმისადგომის კონსტრუქციების დიაგნოსტიკის პირდაპირი ამოცანა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ № 1(61), თბილისი, 2022, გვ. 56-68.
46. ბულია თ. ნავმისადგომის კონსტრუქციების დიაგნოსტიკის შებრუნებული ამოცანა. სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი „მშენებლობა“ № 3(63), თბილისი, 2022, გვ. 20-25.
47. Яковлев П.И., Тюрин А.П., Фортученко Ю.А. Портовые гидротехнические сооружения. М.: Транспорт, 1990, 320 с.
48. Review of Maritime Transport, 2015 // United Nations Conference on trade and development (UNCTDD), Geneva, October, 2015, 122 p.
49. Bishop, A.W. (1955) "The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes", Geotechnique, Great Britain, Vol. 5, No. 1, Mar., pp. 7-17.
50. Starodubtsev V., Vasarab R. Changes in the chorokli Rives delta under the impact of economic activity conference: Scientific research and their practical application. Modern state and ways of development – 2017. Conference Paper (PDF Dvailable). Odessa, Ukraina, 2017. 10-18.D.
51. EN 1997 ევროკოდი 7 – გეოტექნიკური დიზაინი.
52. Riberts N. The Holocene: an environmental history. Jon wilay & sons, 2014. 376 p.
53. EN 1992, ევროკოდი 2 – ბეტონის კონსტრუქციების დიზაინი.
54. EN 1993, ევროკოდი 3 – ფოლადის კონსტრუქციების დიზაინი.

55. EN 1994, ევროკოდი 4 – კომპოზიტური ფოლადისა და ბეტონის კონსტრუქციების დიზაინი.
56. EN 1995, ევროკოდი 5 – ხის კონსტრუქციების დიზაინი.
57. EN 1996 ევროკოდი 6 – ქვის კონსტრუქციების დიზაინი.
58. EN 1998, ევროკოდი 8 – სტრუქტურების დიზაინი მიწისძვრის წინააღმდეგობისათვის.
59. EN 1999, ევროკოდი 9 – ალუმინის კონსტრუქციების დიზაინი.
60. EN 6349-1 2000, საზღვაო სტრუქტურები – ნაწილი 1: ზოგადი კრიტერიუმების პრაქტიკის კოდექსი.
61. BS 6349-2 2010, საზღვაო სამუშაოები – ნაწილი 2: პრაქტიკის კოდექსი.
62. BS 6349-4 1994, საზღვაო სტრუქტურები – ნაწილი 4: პრაქტიკის კოდექსი დამცავი და საყრდენი სისტემების დიზაინისთვის.
63. BS 6349-5 1991, საზღვაო სტრუქტურები – ნაწილი 5: დრენაჟისა და მიწის პრაქტიკის კოდექსი.
64. BS 6349-6 1989, საზღვაო სტრუქტურები – ნაწილი 6: პრაქტიკის კოდექსი ხმელეთის ჯავშნებისა და მცურავი სტრუქტურების დიზაინისთვის.
65. BS 6349-7 1991, საზღვაო სტრუქტურები – ნაწილი 7.
66. BS 6349-8 2007, საზღვაო სტრუქტურები – ნაწილი 8.
67. EM 1110-2-1100, სანაპირო საინჟინრო სახელმძღვანელო – ნაწილი I-VI.
68. CIRIA C683 როკის, სახელმძღვანელო. როკის გამოყენება ჰიდრაულიკურ ინჟინერიაში (მე-2 გამოცემა). ლონდონი, 2007.
69. PIANC მსოფლიო ასოციაცია წყლის სატრანსპორტო ინფრასტრუქტურისათვის (საერთაშორისო ნავიგაციის ასოციაცია).
70. ISPS საერთაშორისო გემებისა და ნავსადგურების უსაფრთხოების კოდი. სსტ EN 12504-2, 2009.
71. Gurgenidze D., Akhobadze M., Tsikarishvili M., Bulia T. New optimal Planning of Rectoration and Technical Diagnostics of Sea Berths on the Basic of Q Analysis and Fuzzy Set Theory. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol. 17. no. 1, 2023.
72. D.Gurgenidze, M. Tsikarishvili, T. Bulia. Peculiarities of the Poti port berth buildings' technical diagnostics. International Conference on Global

- Practice of Multidisciplinary Scientific Studies Dedicated to the 100th anniversary of GTU 2022, 278-290.
73. Gurgenidze D., Tsikarishvili M., Bulia T. Technical Diagnostics' Peculiarities of the Poti Port Berth Constructions. conference abstracts
 74. РД 31.33.09-87 Определение высоты ветровых волн на портовой акватории. Рекомендации для проектирования. Дата добавления в базу 01.09.2013. Дата актуализации 01.01.2019.
 75. გაგოშიძე შ. წყლის პერიოდულ ტალღურ მოძრაობათა გაანგარიშების ანალიზური მეთოდები. ტექნიკური უნივერსიტეტი. 2018. 230 გვ., სტუ-ის ცენტრალური ბიბლიოთეკა, 626/627 CD 6017.
 76. ახოზაძე მ. მაკროსისტემების მათემატიკური მოდელირების საკითხები (ენტროპიის მაქსიმიზაციის პრინციპის საფუძველზე). მონოგრაფია. თბილისი. 2021. ISBN 978-9941-8-3483-7; თბილისი, სტუ-ის „IT კონსალტინგის სამეცნიერო ცენტრი“; გვ.130.
 77. ნავმისადგომის ტექნიკური დიაგნოსტიკა არამკაფიო სიმრავლეთა თეორიის საფუძველზე. გამოყენებითი ინტერაქტიური პროგრამული სისტემები ნავმისადგომის ტექნიკური დიაგნოსტიკისათვის. სტუდენტური სამეცნიერო პროექტის ანგარიში, 2022. ხელმძღვანელი – მ. წიქარიშვილი. შემსრულებელი – თ. ბულია. კონსულტანტები – მ. ახოზაძე, ე. კურცხალია, ვ. ხვიჩია.
 78. Mamdani H.H. Application of fuzzy algorithms for control of simple dynamic plant ; Proc.IEEE,1974.-Vol.121.
 79. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решения .- М.; Мир,1976.168с.
 80. Technical diagnostics of reinforced concrete structures using intelligent systems G.G. Kashevarova*, Yu L Tonkov Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia; Magazine of Civil Engineering. 2020. 93(1). pp. 13–26.
 81. Любимов В.С., Ким Л.В., Афанасьев В.А. Диагностика морских транспортных сооружений // Тезисы научной конф. «В.Ч.». Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2002.

Methods and models of complex diagnosis of seaport reconstruction-expansion on the example of Poti Port

Authors: David Gurgenidze, Malkhaz Tsikarishvili, Teimuraz Bulia

The monograph discusses the systematic provision of complex diagnostics of berth facilities in the seaport and the development of modeling methodology to determine operational reliability, strength, and stability, considering local conditions.

Various comprehensive studies are conducted to address the challenge of developing seaports within spatial-territorial and economic constraints, leveraging and adapting foreign experience. The issue remains pressing for each old seaport, which has its unique characteristics, requirements, and limitations for development.

The relevance of the research topic and the particular importance of the monograph stem from the need to address port development on a scientific basis. Currently, there are no recommendations on the methods and models of port development organization and the establishment of logistics service systems for developing ports. However, the diagnostic methodology, organization methods, and typical logistics service models predetermined the research's direction and content.

The research aims to create conditions for the growing cargo turnover within limited spatial and territorial resources available at seaports in Georgia's current stage of development, which is achieved by the systematic provision of the use of complex diagnostic methods of responsible berth facilities in the port and development of modeling methodology, to determine the reliability, strength, and stability of their operation, taking into account local conditions.

The object of the study is the Poti Port, the construction of the breakwater (mole) and the supporting walls of the berth and fender structures, and the organization and management of the technological process of port expansion and reconstruction. A partial approbation of the research results was carried out in developing the port development organization model, including the diagnosis and reconstruction of the breakwater, retaining walls, and rubber fender structures.

The research presented in the monograph was carried out based on the system approach, management theory, organization theory, and logistics theory. The theoretical and methodological basis of the research is the following methods and models: the systemic and structural analysis; Complex diagnostic methods such as non-destructive testing, geotechnical, topographic, bathymetric, underwater ROV, and side scan sonar methods; Wave modeling methodology and management of technical diagnostics based on fuzzy theory.

Using the methodology proposed in the paper, detailed diagnostics of the Poti Port berth and mole structure and long-term observation results determined the berth's expansion-deepening, ways to restore the mole structure and extend the reliable operation period.

The monograph consists of 7 Chapters, an Appendix, and Literature. The importance of its publication is very significant for scientists working in the direction of hydrotechnical structures, for doctoral and master's students, and for the development of the field in Georgia in general. The book is published with the support of «Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia,» the «Grant number SP-23-663».

რედაქტორი ნ. ქაფიანიძე

გადაეცა წარმოებას 29.12.2023. ხელმოწერილია დასაბეჭდად 14.02.2024.
ქალაქის ზომა 60X84 1/8. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 23. №3604.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent