

პროექტი: <div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">ნამახვანის ჰესის კასკადის პროექტი</div>					
მფლობელი: <div style="text-align: center;">  </div>					
გენერალური კონტრაქტორი: <div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.1em;"> სს ენმარ კონსტრაქშენის საქართველოს ფილიალი </div>					
კონსტრუქტორი/ქვემენარდე: <div style="text-align: center;">  </div>					
კონტრაქტის ნომერი: <div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">GE308</div>					
დოკუმენტის დასახელება: <div style="text-align: center; font-weight: bold; font-size: 1.1em;"> გეოტექნიკური სამუშაო სტატია ნამახვანი-ალპანა სშემოვლით საგზაო გვირაბზე T-3 (კმ 29+171 – კმ 29+310) </div>					
დოკუმენტის ნომერი:		GE308-203-DW-REP-GEO-00005			რედ. No. 00
<p>წინამდებარე დოკუმენტი შეიცავს კონფიდენციალურ ინფორმაციას და/ან ეკუთვნის ENKA-ს და მასთან აფილირებულ კომპანიებს. დოკუმენტის ნებისმიერი სახით გამოყენება, გასაჯაროება, ან გამრავლება ENKA-ს გარდა სხვა მხარის მიერ, ENKA-ს წინასწარი წერილობითი თანხმობის გარეშე, აკრძალულია. ყველა უფლება დაცულია.</p> <p style="text-align: center;">© 2019 ENKA İnşaat ve Sanayi A.Ş.</p> <p>დოკუმენტი დაბეჭდვის შემდეგ შემოწმებას არ ექვემდებარება. გთხოვთ, გამოყენებამდე, ბოლო ვერსია იხილოთ ელექტრონული დოკუმენტების მართვის სისტემაში.</p>					
რედ. N	რედაქტირების თარიღი	რედაქცია	მომზადებულია	შემოწმებულია	დამტკიცებულია
00	19/06/2019	გამოცემულია გამოყენებისთვის	Mustafa Akıncı	Bülent Uygur	Nejat Demirörs

სარჩევი

1. მეთოდოლოგია: კონცეპტუალური გონებრივი მოდელები	6
1.1 გეოლოგია და კონცეპტუალური მენტალური მოდელების არსი	6
1.2 ევოლუციის გეოდინამიკური მოდელი	7
1.2.1 კუნძულთარკალური ვულკანიზმი	8
1.2.2 პროექტის ტერიტორიის სტრუქტურული ევოლუცია	9
2. ზოგადი გეოლოგია	11
2.1 შუა იურული პორფირიტული სერიები	11
2.2 მეოთხეული პერიოდის ფორმაციები	13
2.3 სტრუქტურული გეოლოგია	13
3. საინჟინრო გეოლოგია	15
3.1 ქანის მასივის მახასიათებლები	15
3.1.1 ჭანების მასალათა თვისებები	15
3.1.2 ჭანის მასური თვისებები	16
3.2 გრუნტის წყლების პირობები	17
3.2.1 ჰიდროგეოლოგიური ტერმინები	17
3.3 ქანების მასივების კლასიფიკაციის სისტემები	18
3.3.1. ზოგადი მოსაზრებები	18
3.3.2. RMR კლასიფიკაციის სისტემა (ბიენიავსკი 1989)	19
3.3.3. Q-კლასიფიკაციის სისტემა (RMQ) – (ნ. ბარტონი, რ. ლიენი და ჯ. ლუნდი 1974)	19
3.3.4. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013)	20
3.3.5. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013)	21
3.3.6. NATM კლასიფიკაცია და პროცედურა დაპროექტებისას	21
3.4 გვირაბის გამაგრების ტიპების ემპირიული დიზაინი	24
3.4.1 საწყისი მონაცემების უზრუნველყოფა	24
3.4.2 გვირაბის საყრდენის ემპირიული ტიპების ზოგადი განხილვა	25
3.4.3 ჭანის მასივების კლასიფიკაცია და გამაგრების შემოთავაზებული ემპირიული ტიპები	26
3.4.4 ემპირიულად დაპროექტებული გვირაბის საყრდენების ელემენტები	32
4. ზასკვნები	34
5. გამოყენებული მასალა	36

შანართები:

დანართი - 1: T-3 გვირაბის გეოლოგიური გეგმა და პროფილი

დანართი - 2: შესაბამისი გამაგრების ელემენტებით აღჭურვილი ტიპური გვირაბები

დანართი - 3: RocLab-ის დამუშავებული მონაცემები

სურათების ჩამონათვალი

სურათი 1: ტექტონიკური ფირფიტის საზღვრების სქემატური განყოფილება, რომელიც მონაწილეობს კუნძულ-რკალის ფორმირებაში; ყურადღება მიაქცეით უკანა რკალის აუზს და განაწილების ცენტრს, სადაც თავდაპირველად დიდი კავკასიონის ვულკანურ-ნალექოვანი კლდეები იქნა წარმოშობილი..... 9

სურათი 2: რეგიონული ტექტონიკის გამარტივებული ვერსია, რომელიც აჩვენებს მთავარ სტრუქტურებს, ჩართულს დიდი კავკასიონის და რიონის აუზის ფორმირებაში; მცირე კავკასიონი მდებარეობს რიონის აუზიდან სამხრეთ-სამხრეთ-დასავლეთისკენ; ამოღებულია მითითებული დოკუმენტიდან [3]. 10

სურათი 3: საპროექტო არეალის შუა იურული ქანების სვეტოვანი გეოლოგიური ჭრილი 14

სურათი 4: {ამოღებული მითითებული დოკუმენტიდან [12]}..... 23

სურათი 5: შუა იურული პერიოდის ქანების განზოგადებული GSI კლასიფიკაცია 31

სურათი 6: ექვივალენტური ზომა და ქანის ხარისხი და შესაბამის საყრდენის ელემენტები 32

ზღვრის მიზანი:

ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის („ჰესი“) კასკადის პროექტის (ზემო ნამახვანი 100 მვტ და ქვემო ნამახვანი 333 მვტ ქუთაისში, საქართველო) წინასწარი პროექტირების ეტაპის (1-ლი დონე) კონტექსტში ქვემო ნამახვანის ჰესისპროექტის წყალსაცავის არეალში „შემოვლითი გზის“ ტექნიკური პროექტირება წარდგენილი იქნა შემკვეთის მიერ დამტკიცებისთვის. პროექტის შესწავლის შემდეგ შემკვეთმა მოსთხოვა მენარდის ინჟინერს (CE), განეხილა „გვირაბის ალტერნატივები“ შემოვლითი გზის გასწვრივ გათვლილი სამაღაროე ორმოებისთვის, რათა თავიდან აეცილებინათ სეზონური არახელსაყრელი გავლენა საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოებაზე. შირველი „ალტერნატიული“ პროექტი მოიცავს სამ გვირაბს, 10.48 მ საექსკავაციო სიგანით, ქვემო ნამახვანის ჰესისპროექტის მარჯვენა სანაპიროზე წყალსაცავის წყლის მაქსიმალური დონის (311.50 მ ზღ. დ) ზემოთ. ეს გეოტექნიკური მოხსენება კავშირშია T-3 გვირაბთან, რომელიც განისაზღვრება პიკეტაჟით:

- გვირაბი-3: კმ 29+171 – კმ 29+310 (T-3)

მოცემული საინჟინრო-გეოლოგიური ანგარიში ძირითადად გადასატანი გზის T-3 გვირაბის შემდეგ გეოტექნიკურ ასპექტებზე ამახვილებს ყურადღებას:

- შალამთიან რეგიონებში განლაგებული სოფლებისკენ, სადაც დილუვიური დეპოზიტების სქელი ფენები სასიცოცხლოდ აუცილებელ წყალსა და სახნავ ტერიტორიებს უზრუნველყოფს, საავტომობილო გზა გადის. ზმ გზაზე თვალსაჩინოდ შეიძლება დავინახოთ J2b1 ფორმაციის გამოსავალი, რომელიც შედგება ტუფური ქვიშაქვის, არგილიტის, და მიკრობრექციისგან, ადგილ-ადგილ თხელი თიხაფიქალის შუაშრებით, ძალზე ტიპური, კარგად განვითარებულ შრებრიობის ზედაპირებით.
- შიუხედავად იმისა, რომ გვირაბის გზაზე თვალნათლივ არ ტერიტორიაზე. ზღდის მასივის ეს გამოსავალი გვირაბის მარშრუტს, მასიური ანდეზიტური პორფირიტის ქანების (J2b2-6) გამოსავალი გვხვდება ქუთაისი-ალპანას ტის საპროექტო გეგმაში რიონის კასკადის რუსული 1957წ. [1] ლამოცემისა და 2008 წლის საქართველოს გეოლოგიური ინსტიტუტის გამოცემის [2] რუკების დახმარებით იქნა გათვალისწინებული.
- შაკვირვებების საფუძველზე მოპოვებული გეოტექნიკური მონაცემების თანახმად, გვირაბის მარშრუტი ორი ფორმაციისგან შედგება: ქვედა დინების მიმართულების

ნაწილში J2b2-6 ფორმაცია და დინების საწინააღმდეგო მიმართულების ნაწილში - J2b1 ფორმაცია. ზღსანიშნავია, რომ J2b1 ფორმაცია წარმოადგენს ქვემო ნამახვანის ჰიდროელექტროსადგურის პროექტის ფარგლებში ასაგები გვირაბის კლდის გულს, და მარშრუტზე ან მიმდებარე ტერიტორიების ზედაპირებზე მისი გამოსავალი არ გვხდება.

- ლვირაბის ზოგადი გეოლოგიური პირობების აღწერა ძირითადად საცნობარო დოკუმენტების [1-2] საფუძველზე განხორციელდა. ზსევე, მნიშვნელოვანწილად იქნა გათვალისწინებული გზის გადატანის პროექტირების ადრეულ ეტაპზე შემუშავებული რეგიონალური „კონცეპტუალური გეოტექტონიკური მოდელი“.

1. მეთოდოლოგია: კონცეპტუალური გონებრივი მოდელები

1.1 გეოლოგია და კონცეპტუალური მენტალური მოდელების არსი

„დროისა და სივრცის“ კონცეფცია „გეოლოგიის“ სხვა მეცნიერებებისგან განმასხვავებელი მთავარი ასპექტია. ამგვარად, დედამიწის ევოლუციის გეოდინამიკური პროცესების „გასააზრებლად“, საჭიროა, შეფასდეს, რამდენად დიდია მილიონობით წელწადში გამოხატული „გეოლოგიური დრო“ „ანთროპოლოგიურ (ადამიანურ) დროსთან“ მიმართებით. ზუსტად ასე, „სივრცე“, რომლის ზომა მიკროსკოპულით იწყება და კოსმიურ მასშტაბებს აღწევს, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს „კონტინენტალური და ოკეანის“ ფილების გადაადგილებისა და პროექტის ტერიტორიის ამ აქტიურ ფილებთან მიმართებით რეგიონალური თუ ლოკალური მდებარეობის ვიზუალიზაციაში. ყოველივე ეს გულისხმობს, რომ სწორი გადაწყვეტილებების მიღება, ნებისმიერ შემთხვევაში, დამოკიდებული იქნება იმაზე, თუ რამდენად ზუსტად იქნება განსაზღვრული საპროექტო ტერიტორიის გეოლოგიური პირობები, მათ შორის (i) გეოტექტონიკური კავშირი; (ii) საინჟინრო გეოლოგია და (iii) ჰიდროგეოლოგიური პირობები. ზემოთხსენებულ კომპლექსურ, შრომატევად ნაშრომში ჩვენ შევეცდებით, ქვემოთ ჩამოყალიბებული უკუკავშირების ჯაჭვების დახმარებით, დასახული მიზანს კონკრეტული საფუძველი შევუქმნათ.

ა: თეორიული ასპექტები

ეს ასპექტები ტექტონიკური ფილების თეორიის, საინჟინრო გეოლოგიისა და ჰიდროგეოლოგიის საბაზისო ცნებებს ეფუძნება.

ბ: ექსპერიმენტული ასპექტები

გამოცდილება დიდწილად დაკავშირებულია ვიზუალურ გამოსახვასთან, ემპირიულ გამოცდილებასა და სამეცნიერო და ტექნიკურ ინტუიციასთან.

გ: მექანიკური ასპექტები

კლდოვან გრუნტზე მუშაობის "მექანიკური ასპექტები", როგორც წესი, გულისხმობს მიწისქვეშა კვლევებს, რომლებიც სვეტური ბურღვის გამოყენებით წარმოებს. ამ კონტექსტში, ჩვენმა პირადმა გამოცდილებამ დაგვანახა, რომ როგორც ეროვნულ, ისე საერთაშორისო დონეზე ინჟინერ-გეოლოგებისა და ინჟინერ-მშენებლების უმრავლესობა სვეტური ბურღვის საფუძველზე აგებს სამუშაო მოდელს. თუმცა, ჩვენი მიდგომა,

"მოდელირების" განმარტების გათვალისწინებით, გავრცელებული ტენდეციებისგან განსხვავებით, მდგომარეობს იმაში, რომ ზედაპირქვეშა შრიდან მოპოვებული ქანის ნიმუშების მონაცემები გამოვიყენოთ ჩვენი კონცეპტუალური გეოტექტონიკური, საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მოდელების შესამოწმებლად.

ჩვენ, უდავოდ, მხარს ვუჭერთ სვეტურ ბურღვას, თუ გრუნტი და ტოპოგრაფიული პირობები ხელს უწყობს ამგვარი კვლევების წარმოებას. თუმცა, ეს სულაც არ ნიშნავს იმას, რომ ჭაბურღილის მონაცემების არარსებობა, რაც მაღალი დატვირთვისა და რთული მისადგომობის პირობებით შეიძლება იყოს განპირობებული, უარყოფითად აისახება პროექტზე. ჩვენ მივიჩნევთ, რომ ქანის სვეტები გეოტექტონიკური, საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მონაცემების "შეკვეცილი პროდუქტია", ამიტომაც ჩვენ, ინჟინრებმა, პირველ ყოვლისა, უნდა ვიცოდეთ, თუ რას ვკვევავთ.

1.2 ევოლუციის გეოდინამიკური მოდელი

ტექტონიკური ფილების თეორიის თანახმად, დედამიწა დინამიკური პლანეტაა, რომელიც უწყვეტი მოძრაობის პროცესში იმყოფება, დივერგენტული (კონსტრუქციული), კონვერგენტული (დესტრუქციული) და ტრანსფორმული (ნეიტრალური) ფილების კონტაქტში. დედამიწის ქერქის ეს განმეორებადი ტექტონიკური პროცესები ძალიან კომპლექსურია და უშუალო ექსპერიმენტებს არ ექვემდებარება. აქედან გამომდინარე, თუ დედამიწის კომპლექსურობის გაგება გვსურს, ის უნდა განვიხილოთ, როგორც „სისტემა“. სისტემა მოცემულ შემთხვევაში არის „ურთიერთდაკავშირებულ ნაწილთა კომბინაცია, რომლებიც ორგანიზებულად ურთიერთქმედებენ“. თუმცა, სისტემის ქცევის შესასწავლად დაგვჭირდება „ინტერფეისი“, რომ მისი კონკრეტულ საფუძველზე დამყარება შევძლოთ. ეს ინტერფეისი წარმოადგენს სისტემაში მიმდინარე პროცესების „გეოდინამიკურ მოდელს“, რომლის საშუალებითაც, ირიბი მტკიცებულებების გამოყენებით, „მოვლენების“ აღწერასა და განსაზღვრას ვახდენთ. ამ მიზნის მიღწევის ერთ-ერთი საშუალებაა "ტექტონიკური ფილების თეორიის" გამოყენება, რომელიც სისტემის შესაბამისი ნაწილების ინტეგრაციის საშუალებას გვაძლევს. თავად ტექტონიკური ფილების თეორია „მაღალი დონის აბსტრაქტული აზროვნების" გზით ჩამოყალიბდა. ამ თეორიის გამოყენება აუცილებლად მოითხოვს "ვიზუალურ გამოსახვას, ემპირიულ გამოცდილებას და მეცნიერულ ინტუიციას".

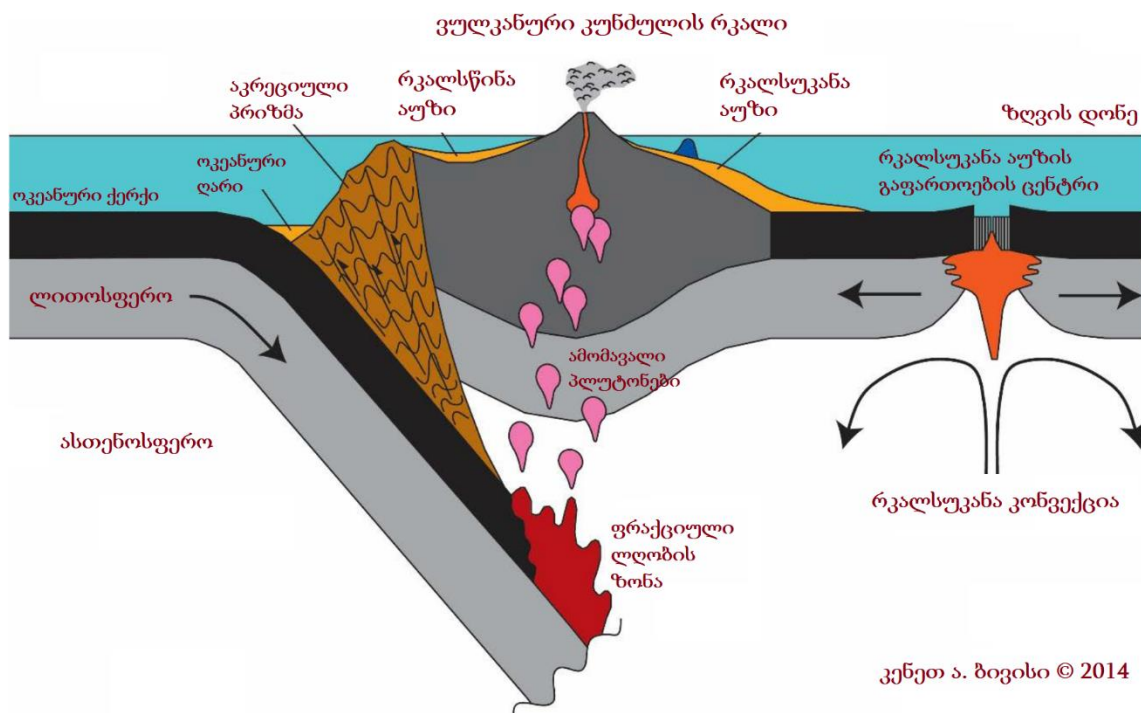
ქოგორც რეგიონალური, ისე გლობალური მნიშვნელობით, კავკასიონის სტრუქტურა და გეოლოგიური ისტორია დიდწილად განისაზღვრება მისი ჯერ კიდევ დაწევის პროცესში მყოფ, ევრაზიისა და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფერულ ფილებს შორის მდებარეობით, კონტინენტური შეჯახების ფართე ზონაში. ოკეანის პროტეროზულ - ადრე კენოზურ პერიოდში, რეგიონი ტეთისის ოკეანეს და მისი ევრაზიისა და აფრიკა-არაბეთის საზღვრებს მიეკუთვნებოდა. ამ განვითარებული იყო „კუნძულთა რკალების, შიდაარკალური რიფტების, კუნძულთა რკალსუკანა აუზების“ სისტემა, რაც რეგიონის ევოლუციის კოლიზიამდელი ეტაპის მახასიათებლებია [4]. პექტონიკური ფილების თეორიის თვალსაზრისით, პროექტის ტერიტორია მდებარეობს ტრანსკავკასიურ მასივში, რომელიც პალეოზოლური-ადრეული კაინოზოური ერის „კუნძულოვანი რკალის“ ოროგენეზისაა. შიდა კავკასიონი, მეორე მხრივ, წარმოადგენს ნაოჭა-შეცოცებითი სტრუქტურის მქონე კონტინენტთაშორის მთათა სისტემას, რომელიც კოლიზიამდელი „რკალსუკანა აუზიდან“ წარმოიშვა, აფრიკა-არაბეთის და ევრაზიის ლითოსფერული ფილების შეჯახების შედეგად. ოკეანის მშენებლობის ამ კონკრეტულ პროექტთან მიმართებით, გეოტექნიკური ევოლუციის ორი ასპექტია საყურადღებო, როგორც ქვემოთ არის განხილული.

1.2.1 კუნძულთარკალური ვულკანიზმი

კუნძულთა რკალები ორი ოკეანური ფილის შეჯახებისას (სადაც ერთი ოკეანური ფილა მეორე ოკეანური ფილის ქვეშ ექცევა) ფორმირდება, და შეცოცებული ფილის ზემოთ ვულკანური კუნძულების ჯაჭვს ქმნის. ქვემოთ მოქცეული ფილა - ოკეანური ფილის განაპირა ნაწილი ქერქსა და ზედა მანტიაში ჩაძირვისას, ოკეანის ფსკერის გაფართოებით გამოწვეული წნეხის ზემოქმედებით, ღღობას იწყებს. ეს გეოდინამიკური პროცესი, ჩვენ კონკრეტულ შემთხვევაში, წარმოიქმნა პალეოტეთისის ოკეანის რიფტულ ზონაში, როცა სამხრეთით მდებარე ოკეანური ფილის კიდემ ჩრდილოეთის მიმართულებით დაიწყო დაწევა, ჩრდილოეთით მდებარე ოკეანური ფილის ქვეშ მოქცევის შედეგად. კუნძულთა რკალები, რომელთა ფორმირება ფილების კონვერგენტული აქტივობის შედეგად მოხდა, ამჟამად არის წარმოდგენილი - დასავლეთიდან აღმოსავლეთით, თურქეთში - აღმოსავლეთ პონტიდების, საქართველოში - ამიერკავკასიის, და, აღმოსავლეთით ირანული ბლოკის სახით.

ამ სუბდუქციური პროცესის საბოლოო პროდუქტია ქვემო ნამახვანის ჰესების კაშხლების ტერიტორიაზე შუა იურული პერიოდის პორფირიტული სერიები (ვულკანურ-სედიმენტური ქანები) და თანმხლები სტრუქტურები. ამ ტექტონიკური პროცესის ქანების ფორმაციის ეპიზოდები ქვემოთ არის მოყვანილი:

- პორფირიტული სერიის ვულკანური ქანები კუნძულთარკალური ვულკანიზმის საწყისი პროდუქტია, რომელიც მოიცავს პიროკლასტურ ქანებს, ლავის ხშირი ამოფრქვევით.
- ვულკანიზმის არააქტიური პერიოდებისას, ეროზიული რეაგენტები აქტიურდება, რაც ადრე ფორმირებული ვულკანური მასებიდან სხვადასხვა ზომის ნაწილების მოწყვეტას განაპირობებს. შედეგად, დანალექი ქანების ნალექგროვება იზრდება.
- კუნძულთარკალურ არეში, ეს ორი პროცესი ურთიერთმონაცვლეობით მიმდინარეობს, რაც ვულკანური და დანალექი ქანების თანმიმდევრულ ნალექგროვებას იწვევს.



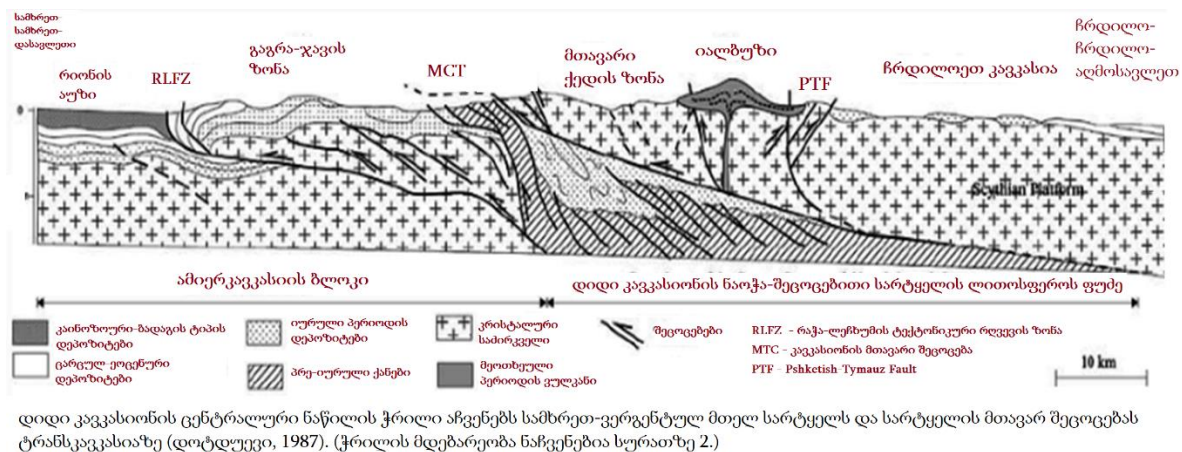
სურათი 1: ტექტონიკური ფირფიტის საზღვრების სქემატური განყოფილება, რომელიც მონაწილეობს კუნძულ-რკალის ფორმირებაში; ყურადღება მიაქცეით უკანა რკალის აუზს და განაწილების ცენტრს, სადაც თავდაპირველად დიდი კავკასიონის ვულკანურ-ნალექოვანი კლდეები იქნა წარმოშობილი.

1.2.2 პროექტის ტერიტორიის სტრუქტურული ევოლუცია

დიდ და მცირე კავკასიონს შორის მდებარე რიონის აუზი მიმდინარე ტექტონიკური ინვერსიის შესანიშნავი მაგალითია. რეგიონალური თვალსაზრისით, სტრუქტურულმა

ინვერსიამ ტექტონიკური კუმშვის დროს კრისტალური ფუნდამენტი სამხრეთისკენ დაძრვა, შედეგად, ინდივიდუალურმა რღვევებმა გაფართოების სიღრმეში გაგრძელება შეაკავა და კუმშვა გამოიწვია, რაც მის ზედა მონაკვეთში ანტიკლინის ზრდასთან არის დაკავშირებული. რეგიონალურად ეს რივერსიული ძვრები წარმოდგენილია კავკასიონის მთავარი შეცოცებისა და რაჭა-ლეჩხუმის ტექტონიკური რღვევის ზონაში. პროექტის ტერიტორია მდებარეობს ლიტერატურაში „გონის მასივად“ მოხსენიებულ, გაგრა-ჯავის ზონაში, სადაც შუა იურული პერიოდის კუნძულთარკალური წარმოშობის პორფირიტის სტრუქტურები სამხრეთით მიმართული ცარცული კირქვის მასივებითაა გადაფარული. გვირაბის გაყვანასთან მიმართებით, სამხრეთით მიმართული რეგიონალური ტექტონიკური მოძრაობის მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ასპექტები შეიძლება შემდეგი სახით შევაჯამოთ:

- რიონის მთელი ხეობის გასწვრივ განლაგებული კუნძულთარკალური წარმოშობის შუა იურული პერიოდის პორფირიტულ წყებებზე ნაოჭების გამოკვეთილი განვითარება, რაც ანტიკლინებითა და სინკლინებით არის გამოხატული.
- რღვევებისა და ნასხლეტების წარმოშობა, განსაკუთრებით ცარცული პერიოდის კირქვის მასივებთან კონტაქტის სიახლოვეს, სოფელ ტვიშისა და დერჩის მიმდებარე ტერიტორიაზე



სურათი 2: რეგიონული ტექტონიკის გამარტივებული ვერსია, რომელიც აჩვენებს მთავარ სტრუქტურებს, ჩართულს დიდი კავკასიონის და რიონის აუზის ფორმირებაში; მცირე კავკასიონი მდებარეობს რიონის აუზიდან სამხრეთ-სამხრეთ-დასავლეთისკენ; ამოღებულია მითითებული დოკუმენტიდან [3].

2. ზოგადი გეოლოგია

ნამახვანის კასკადის ზოგადი გეოლოგიური მდგომარეობის შესწავლა 1938 წლიდან დაიწყო და, როგორც დოკუმენტები აჩვენებს, საბჭოთა პერიოდში, 1976 წლამდე გაგრძელდა. ამ კვლევების მიხედვით, ნამახვანის კასკადი ძირითადად შედგება: (ა) შუა იურული პერიოდის პორფირიტული სერიებისგან; და (ბ) ცარცული პერიოდის კირქვისგან.

მოცემულ დოკუმენტებში, პორფირიტული სერიების ფორმაციების ზოგადი გეოლოგიური მახასიათებლები განხილულია საცნობარო დოკუმენტში [1&2]. აქედან გამომდინარე, მკითხველის კომფორტისთვის, ქვემოთ სქემა 3-ში გამოსახული ქვე-წყებების შესახებ მხოლოდ ზოგადი სახის ინფორმაცია არის წარმოდგენილი.

2.1 შუა იურული პორფირიტული სერიები

შუა იურული პერიოდის ბაიოსური ხანის ქანოვანი ფორმაციები რიონის ხეობის გასწვრივ, სოფელ გუმათსა და ტვიშს შორის, დაახლოებით 20 კილომეტრის მანძილზეა გავრცელებული. წინა კვლევებში ამ გეოლოგიურ ფორმაციებს „პორფირიტულ სერიებად“ მოიხსენიებდნენ. აგრეთვე, ზოგ შემთხვევაში, "ვულკანურ-სედიმენტურ წარმონაქმნებს" უწოდებენ. ბაიოსი თავის მხრივ, სამ ქვეტიპად არის წარმოდგენილი, მათ შორის შორის: ქვედა ბაიოსური (J2b1), შუა ბაიოსური (J2b2) და ზედა ბაიოსური (J2b3). ამ ქვეტიპების განლაგება, მათი მოკლე აღწერილობით გამარტივებული სტრატეგრაფიული ჭრილების სახით არის წარმოდგენილი (სქემა 3).

ა: ქვედა ბაიოსური წყება (J2b1)

პროექტის ტერიტორიაზე ქვედა ბაიოსური წყების მხოლოდ უკიდურესად ზედა შრე გამოდის ზედაპირზე და ანტიკლინისა და სინკლინის სტრუქტურის მქონე საგებ ქანს წარმოქმნის. ქანის ტიპური გამოსავალი შეიძლება ვნახოთ ლეხიდარის შენაკადსა და სოფელ ბენტქოულას შორის არსებულ ზონაში, ანტიკლინის სამხრეთ ფრთაზე. ზედაპირული საველე კვლევა აჩვენებს, რომ თავდაპირვლად ეს წყება ძალიან ტიპური „ფლიშის“ ფორმაციის შთაბეჭდილებას ტოვებს. ძირითადად შედგება ღია ნაცრისფერი ტუფის, არგილიტის, მიკრობრეჩიის, ტუფოგენური ქვიშაქვისგან, ზოგ შემთხვევაში, ავგიტისა და ლაზრაღორიტის პორფირიტებით. განსაკუთრებით კარგად განვითარებული შრეებრიობის ზედაპირები გამორჩეული საშუალო ორიენტაციის მაჩვენებლებით - 225/40 . ხასიათდება. პროექტის ტერიტორიაზე ქვედა ბაიოსური წყების მხოლოდ უკიდურესად ზედა შრე გამოდის ზედაპირზე და ანტიკლინისა და სინკლინის სტრუქტურის მქონე საგებ ქანს წარმოქმნის.

ქანის ტიპური გამოსავალი შეიძლება ვნახოთ ლეხიდარის შენაკადსა და სოფელ ბენტოქოულას შორის არსებულ ზონაში, ანტიკლინის სამხრეთ ფრთაზე. ზედაპირული სავსე კვლევა აჩვენებს, რომ თავდაპირვლად ეს წყება ძალიან ტიპური „ფლიშის“ ფორმაციის შთაბეჭდილებას ტოვებს. ძირითადად შედგება ღია ნაცრისფერი ტუფის, არგილიტის, მიკრობრეჩიის, ტუფოგენური ქვიშაქვისგან, ზოგ შემთხვევაში, ავგიტისა და ლაბრადორიტის პორფირიტებით. განსაკუთრებით კარგად განვითარებული შრეებრიობის ზედაპირები გამორჩეული საშუალო ორიენტაციის მაჩვენებლებით - 225/40¹. ხასიათდება.

ბ: შუა ბაიოსური წყება (J2b2)

შუა ბაიოსურ წყებაში (J2b2) ჩართული ფორმაციები დამატებით 6 ქვე-წყებად არის დაყოფილი, რომლებიც ბუნებრივი მახასიათებლებიდან და „კუნძულთარკალური ვულკანიზმის“ მოდალური შემადგენლობიდან გამომდინარე, ძირითადად ერთმანეთთან არის შერეული. ყველა ეს ქვე-წყება ჩრდილო-დასავლეთის მიმართულებით ქუთაისი-ალპანას გზაზე არსებულ გაჭრილი ქანების რიგში გვხვდება. აქედან გამომდინარე, მშენებელი ინჟინრისთვის კარგად არის ცნობილი ამ ქანების მასივების ქცევა. ამ ექვს ქვე-წყებას შორის, მხოლოდ ორი, სახელდობრ, J2b2-5 და J2b2-6, წარმოადგენს გადასატანი გზის გვირაბების ფუძის ქანს; შესაბამისად, აქ მხოლოდ ეს წყებები იქნება აღწერილი.

ბ1: J2b2-5 ქვეწყება

ამ ქვე-წყების ტიპური გამოსავლები თვალსაჩინოდ არის წარმოდგენილი ქვედა ნამახვანის კაშხლის ტერიტორიის ქვედა და ზედა ბიეფებზე. შენაკადებზე ჩატარებული კვლევების თანახმად, იქ, სადაც გამოფიტული შრეები ეროზირებულია, ვაკვირდებით, რომ ფორმაცია შედგება ტუფური ქვიშაქვისგან, ადგილებში თიხაფიქალის შრეების ჩანართებით.

ბ2: J2b2-6 ქვეწყება

ამ ფორმაციისგან შედგება ქვედა ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილოეთ ტოტზე განლაგებული ნამახვანის კაშხლის ტერიტორია. ტიპური გამოსავლები გვხვდება როგორც არსებულ ქუთაისი-ალპანას გზაზე, ისე რუსულ პერიოდში გაჭრილ საკვლევ გალერეებში. აღნიშნული გამოსავლები ქანის მასალისა და ქანის მასური მახასიათებლების საუკეთესო ნიმუშებს გვაძლევს. შესაბამისად, ფორმაცია ძირითადად შედგება ანდეზიტური პორფირიტებისგან - როგორც თხელი კვეთის ანალიზის დროს აღინიშნა, - და, ზოგადად, მასიური ტექსტურა გააჩნია. ანდეზიტურ პორფირიტებს რიგ შემთხვევაში ახლავს

¹ აღნიშნავს დაქანების მიმართულებასა და დაქანების სიდიდეს

მსხვილმარცვლოვანი ბრექჩიები, რაც ვულკანური ამოფრქვევის შედეგია. J2b2-6 ქვე-წყების კიდევ ერთი გამოსავალის უბანი მდებარეობს რიონის კასკადის სათავეში, ლეხიდარის შენაკადის ჩრდილოეთ ნაწილში, და მდინარე რიონის ორივე სანაპიროს სტრუქტურას შეადგენს.

2.2 მეოთხეული პერიოდის ფორმაციები

პროექტის ახლგაზრდა ფორმაციები ძირითადად წარმოდგენილია პროლუვიურ-დილუვიური, კოლუვიური და ალუვიური ნალექებით. ამ ნალექებს შორის, პროლუვიურ-დილუვიური ნალექები, რომლებიც გვირაბის მარშრუტის განსაზღვრულ ნაწილში გამოდის, მნიშვნელოვანია შემდეგი მიზეზების გამო: (ა) მათ შესაძლოა შექმნან მნიშვნელოვანი გვირაბსზედა საფარი და ამით შეამცირონ გადამფარავი ქანების სიმძლავრე და (ბ) ისინი წყალშემცველი ჰორიზონტის ფუნქციას ასრულებენ, უზრუნველყოფენ რა გვირაბში წყლის მიწოდებას.

2.3 სტრუქტურული გეოლოგია

როგორც ზემოთ არის ნახსენები, პროექტის ტერიტორია ქვეცოცებასთან დაკავშირებული, ჯერ კიდევ მიმდინარე ტექტონიკური აქტივობის კუმშვითი ძაბვის ზემოქმედების ქვეშ იმყოფება. ამას ერთვის დიდ კავკასიონზე სტრუქტურული ინვერსიით გამოწვეული სამხრეთ მიმართულების რეგიონალური მოძრაობა, რამაც ზურგის შეცოცების ფორმირება გამოიწვია. ამ სტრუქტურებს შორის, განსაკუთრებით აღსანიშნავი „ნაოჭები“, რომლებიც წარმოდგენილია „ანტიკლინებითა და სინკლინებით“, გადამწყვეტ გავლენას ახდენს გვირაბის მარშრუტის გრუნტის პირობებსა და სტაბილურობაზე. ეს საკითხი მოგვიანებით დაწვრილებით იქნება განხილული ანგარიშში.

PERIOD პერიოდი	FORMATION ფორმაცია	LITHOLOGY ლითოლოგია	DESCRIPTION აღწერა
QUATERNARY მეოთხეული			ალუვიონი
			მდინარეული ნალექები
			კოლუვიუმი
MIDDLE JURASSIC შუა იურული	UPPER BAJOCIAN (J2b3) ზედა ბაიოსური		ფერადი ტუფი, ქვიშაქვა- გაქვავებული თიხის მონაცვლეობა
	MIDDLE BAJOCIAN (J2b2) შუა ბაიოსური (J2b2)	J2b2-6	მასიური, ავგიტ- ლაბრადორიტის პორფირიტები
		J2b2-5	საშუალოდ ან წვრილად დაშრეხებული, ტუფოგენური ქვიშაქვა, ადგილებში ბრექჩიით
		J2b2-4	სქლად ან საშუალოდ დაშრეხებული, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩიით
		J2b2-3	საშუალოდ ან წვრილად დაშრეხებული, წვრიმარცვლოვანი ტუფოგენური ალევროლიტი, ადგილებში მიკრობრექჩიით
		J2b2-2	მასიური, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩიით
		J2b2-1	საშუალოდ და წვრილად დაშრეხებული, წვრიმარცვლოვანი ტუფური ქვიშაქვა, ადგილებში თიხაფიქალით
	LOWER BAJOCIAN (J2b1) ქვედა ბაიოსური		ტუფი, არგილიტი, მიკრობრექჩია, ტუფოგენური ქვიშაქვა, ადგილებში ავგიტ-ლაბრადორის პორფირიტებით

სურათი 3: საპროექტო არეალის შუა იურული ქანების სვეტოვანი გეოლოგიური ჭრილი

3. საინჟინრო გეოლოგია

ქანის მასივების საინჟინრო გეოლოგიურ ქცევას ძირითადად განაპირობებს (ა) ქანის მასივის მახასიათებლები და (ბ) გრუნტის წყლები. ეს ტერმინები მოკლედ არის განმარტებული ქვემოთ, ქანების მასივების ემპირიული კლასიფიკაციისთვის საჭირო სტრუქტურული საფუძვლის შექმნის მიზნით.

3.1 ქანის მასივის მახასიათებლები

გადასატანი გზის გვირაბის საინჟინრო გეოლოგიური კვლევები „ქანების მასივების მახასიათებლების“ კონცეფციას ეფუძნება. ეს არის ცნება, რომელიც განისაზღვრება, როგორც „ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მონაცემების შეგროვებისა და ანალიზის პროცესი, რომელიც ქანების მასივის გეომეტრიული და მექანიკური მახასიათებლების ინდიკატორებსა და აღწერით ცნებებს განსაზღვრავს“.

ქანის მასივი არის მატრიცა, რომელიც შედგება ქანის მასალისა და ქანის სტრუქტურის რღვევებისგან. ქანის მასალის თვისებები გაზომვას და/ან აღწერას ექვემდებარება ლითოლოგიური თვისებების აღწერის გზით, რაც ქანის ნიმუშების შეფასებით ან ლაბორატორიული ცდების საფუძველზე ხორციელდება. ქანის მასივის თვისებას დაუზიანებელი ქანების მასალების თვისებები და ასევე ქანის სტრუქტურაში განვითარებული რღვევები განსაზღვრავს. აქედან გამომდინარე, სწორედ ქანებში გაჩენილი ნაპრალები და სხვა რღვევები თამაშობს წამყვან როლს ქანების მასივების ქცევასა და თვისებებში. ამ კონტექსტში, ნაპრალთა რაოდენობა, ორიენტაცია, ნაპრალთა შორის დაშორება, აპერტურა, ზედაპირის უსწორმასწორობა და გამოფიტვისა და სახეცვლილების მდგომარეობა წარმოადგენს ქანის მასივის პარამეტრების ძირითად ნიშან-თვისებებს. აღნიშნული მახასიათებლები, ქვემოთ მოკლედ არის აღწერილი, ქანების მასების ემპირიული კლასიფიკაციის სტრუქტურული საფუძვლის შექმნის მიზნით.

3.1.1 ჭანების მასალათა თვისებები

„გეოტექნიკურ ინჟინერიაში, “დაურღვეველი ქანი” აღნიშნავს შტუფს ან ქანის სვეტს, რომელსაც რაიმე სახის რღვევა არ აღენიშნება. ოქედან გამომდინარე, გეოტექნიკური ინჟინერიის კუთხით, შემდეგ ხარისხობრივ და რაოდენობრივ მახასიათებლებს ენიჭება პრიორიტეტი:

ა: ხარისხობრივი მახასიათებლები

ეს თვისებები ძირითადად მოიცავს ქანის ტიპს, პირველად ფორიანობასა და გამოფიტვის ხარისხს. თუმცა, ამათ შორის, ქანის ტიპი და გამოფიტვის ხარისხი განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებს GSI ქანების კლასიფიკაციის სისტემაში. ამ კონტექსტში, ხაზი უნდა გაესვას, რომ დაუზიანებელი ქანის გამოფიტვის ხარისხი განისაზღვრება დარღვეული ზედაპირების მდგომარეობით; აქედან გამომდინარე, GSI-ს ცხრილების გამოყენებისას, ეს ხარისხობრივი მახასიათებელი შესაბამისობაში უნდა მოდიოდეს ქვემოთ ნახსენებ რაოდენობრივ მაჩვენებელთან - ქანის მასალის სიმტკიცის ზღვართან ერთდერძა კუმშვაზე.

ბ: რაოდენობრივი მახასიათებლები

ქანის მასალის პარამეტრებიდან ყველაზე მნიშვნელოვანია სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე და დეფორმაციის მოდულები (Ed). თუმცა, როგორც ზემოთ არის ახსნილი, დაუზიანებელი ქანის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე განისაზღვრება დარღვეული ზედაპირების მდგომარეობით; აქედან გამომდინარე, ეს პირდაპირ არის დაკავშირებული ქანის მასურ თვისებებთან.

3.1.2 ჭანის მასური თვისებები

მასური თვისებების საერთო სპექტრში, არაერთგვაროვნებებს უპირატესი წილი უჭირავს და ქანის მასივების გეომეტრიული თვისებების მთავარ ნაწილს წარმოადგენს. ამ თვისებათა შორის, რაოდენობრივი მახასიათებლები ხარისხობრივთან შედარებით პრიორიტეტულია, როგორც ქვემოთ არის წარმოდგენილი.

ა: ხარისხობრივი მახასიათებლები

ამ სფეროს შეიძლება მივაკუთვნოთ „შემცველი ქანის“ აღწერილობა, როგორც ნაპრალის ანალიზის ნაწილი და „შემთხვევითი ნაპრალები“.

ბ: რაოდენობრივი თვისებები

ყველა ეს თვისება დაკავშირებულია „რღვევებთან“ და სტრუქტურებთან, რომლებიც ქვემოთ არის დახასიათებული:

- გავრცობა და დახრილობა, განსაკუთრებით შრეებიობის ზედაპირებისა და ნაპრალების. თუმცა, ასევე არ არის გამორიცხული სხვა რღვევები, როგორიცაა ნაპრალი და ნაწევის სიბრტყე.

- ნაპრაღის ანალიზი: ინტერვალი, ორიენტაცია, განშრევება.
- ნაპრაღის სიმჭიდროვე.

გაბატონებული გეოლოგიური პირობების შესაბამისად, ქანის მასალისა და ქანის მასური თვისებების აღწერისას გამოყენებულია “BS5930:1999, ISRM: 2014 და ქანების კლასიფიკაციის უნიფიცირებული სისტემა: 1984”.

3.2 გრუნტის წყლების პირობები

3.2.1 ჰიდროგეოლოგიური ტერმინები

გვირაბის ტრასის შემადგენელი ქანების ფორმაციების გრუნტის წყლების მდგომარეობა განხილული იქნება შემდეგი ჰიდროგეოლოგიური ტერმინების გამოყენებით: „აკვიფერი, აკვიტარდი, აკვიკლუდი და აკვიფუჯი“. ამ ეტაპზე კი, საჭიროებისამებრ, ქანების ფორმაციებთან მიმართებაში გამოვიყენებთ პირველადი და მეორადი შეღწევადობის ცნებებს. თუმცა, თავდაპირველად, საჭიროა, გავიხსენოთ ისეთი ცნებები, როგორებიცაა „ფორები და შეღწევადობა“, რომლებიც გადამწყვეტ როლს თამაშობს გრუნტის წყლების მოძრაობაში.

„შეღწევადობა“ ეწოდება ქანების მასივის მიერ წყლის გატარების უნარს. ეს პარამეტრი დამოკიდებულია არა მარტო ფორიანობაზე, არამედ ფორების ზომებზე ან რღვევებზე და მათ ურთიერთკავშირზე. ამ თვალსაზრისით, საკითხის არსი მდგომარეობს „ფორების ურთიერთკავშირში“, რომელიც მოიცავს დაურღვეველი ქანის ფორებს და ქანის მასივის რღვევებს, დაწყებული შრეებრიობის სიბრტყითა და ნაპრალებით და დამთავრებული უთანაბრო ნაპრალებით, რომლებიც საბოლოოდ დიდი ზომის სტრუქტურებს მოიცავს, როგორებიცაა ნაოჭები და ნაწევები. ამ წინაპირობების საფუძველზე, ზემოთ ჩამოთვლილი ჰიდროლოგიური ტერმინები მოკლედ არის განმარტებული.

Aquifer/აკვიფერი: ფოროვანი და გამტარი ფენა, რომელიც წყლის მნიშვნელოვანი რაოდენობას ატარებს (მაგ. ქვიშა / ხრეშოვანი დარღვეული ქანები).

Aquiclude/აკვიკლუდი: გაუმტარი ფენა, რომელსაც არ შეუძლია მნიშვნელოვანი რაოდენობით წყლის გატარება (მაგ., მკვრივმარცვლოვანი ალევროლიტურ-თიხიანი ქანები, კრისტალური დაურღვეველი ქანები).

Aquitard/აკვიტარდი: ფენა, რომელიც აკავებს, მაგრამ ხელს არ უშლის წყლის გასვლას მომიჯნავე აკვიფერიდან ან აკვიფერში.

ჩვენ მიერ განსახილველი საგზაო გვირაბების გრუნტის წყლების მდგომარეობა ამ ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრების მიხედვით უნდა განისაზღვროს.

3.3 ქანების მასივების კლასიფიკაციის სისტემები

3.3.1. ზოგადი მოსაზრებები

ქანების მასის კომპლექსურობა (ა) მათი ფორმირების ტიპის (ბ) შემდგომი ტექტონიკური აქტივობების; (გ) არსებული წყვეტების და (დ) მიწისქვეშა პირობების გამო „ქანების მასივის დახასიათებისადმი“ განსხვავებული მიდგომები იქმნება. ჯოგორც წინა თავებში იყო აღნიშნული, ქანების მასივის დახასიათების საკვანძო ტერმინები არის ქანების მასივების „ხარისხობრივი და რაოდენობრივი“ ასპექტები. ყველა ამ მოხსენებადან ნათლად ჩანს, რომ ქანების მასივი არ არის „შერეული აგებულების ლაბორატორიული პროდუქტი“ მისი ხშირად ცვალებადი საინჟინრო თვისებების გამო, რომლებიც ძირითადად იმართება ზემოთხსენებული გეოტექნიკური ასპექტების მიერ. ზმ გაგებით, გარდაუვალი იყო გარკვეული საშუალების შექმნა ქანების მასივის ემპირიული საინჟინრო მახასიათებლების წარმოსადგენად მიწისქვეშა გათხრებისას ნაპოვნი საინჟინრო სტრუქტურებისთვის.

დიდი ხანია, საერთაშორისო დონეზე მიწისქვეშა გათხრების ემპირიულ საყრდენ გეგმაში გამოიყენება ქანების ძირითადად ორი რაოდენობრივი კლასიფიკაცია, კერძოდ: ბზარიანი ქანების მასივის გეომექანიკური კლასიფიკაცია (RMR-Bieniawski, 1989) და ქანების მასივის საინჟინრო კლასიფიკაცია გვირაბის საყრდენი გეგმისთვის (RMQ)-N. Barton, R. Lien, and J. Lunde).

გვირაბის გათხრის ახალ ავსტრიულ მეთოდში (NATM) „ხარისხობრივი ასპექტები“ და ისეთი გავლენის მომხდენი ფაქტორების შეფასება, როგორიცაა პირველადი ძაბვები და კინემატიკა, უფრო მნიშვნელოვანი ხდება, ვიდრე „რაოდენობრივი ასპექტები“, შესაბამისად მშენებლობისას საჭიროებს „საზომი ხელსაწყოების უწყვეტ გამოყენებას“. ამ გაგებით NATM არ არის „ემპირიული საყრდენი გეგმის კლასიფიკაცია“, არამედ გვირაბის გათხრის „დააპროექტე, როგორც მართავ“ მეთოდი [12].

შეორე მხრივ, GSI კლასიფიკაციაში ქანების მასივის „წყვეტების სტრუქტურა და პირობები“ იძლევა გრაფიკულ გამოსახულებებს, რაც მოითხოვს ვიზუალურ გამოსახულებებს ქანების მასივის რიცხვობრივი კლასიფიკაციების საფუძველზე. შაგრამ GSI კლასიფიკაციის გადამწყვეტი გეოტექნიკური ასპექტი არის ის, რომ ის არასდროს ყოფილა გამიზნული, როგორც RMR და Q სისტემების ჩამნაცვლებელი, რადგან მას არ გააჩნია ქანების მასივის

გამლიერების ან საყრდენი გეგმის შესაძლებლობა. GSI გამოიყენება ჰოეკ-ბრაუნის მეთოდში მიწისქვეშა ან ზედაპირული გათხრების რიცხვობრივი ანალიზისთვის საჭირო პარამეტრების შეფასებისთვის ქანებში. წამოყენებადი ხდება კლასიფიკაციის საბოლოო ვერსია [13].

ყველა გვირაბის ემპირიულ საყრდენ გეგმაში გამოყენებული უნდა იყოს RMR და Q კლასიფიკაციები, ხოლო GSI-ის გამოყენება ხდება ქანების მასის ძალის პარამეტრების მოპოვებისას, როცა საჭიროა. ზმგვარად, RMR და Q მოკლედ იქნება აღწერილი და RMR&Q-GSI კავშირი დაწვრილებით განიხილება. შეორე მხრივ, NATM მეთოდი გამოყენებული უნდა იყოს ინტენსიურად, როცა „დაპროექტების პერიოდის პროცედურა“ დეტალურად არის აღწერილი.

3.3.2. RMR კლასიფიკაციის სისტემა (ბიენიაფსკი 1989)

RMR კლასიფიკაცია, როგორც ცნობილია, შემუშავებულია ძირითადად სამთო შტოლნებისთვის; შესაბამისად, რეკომენდაციები საყრდენთან დაკავშირებით შეზღუდულია მიწისქვეშა ექსკავაციისთვის 10 მ სიგანით. ზოეკ-ბრაუნის მეთოდის შემუშავებამდე, ეს კლასიფიკაცია გამოყენებული იყო ქანის სიმტკიცის პარამეტრების მისაღებად შეჭიდულობის (c) და ხახუნის შიდა კუთხის (ϕ) თვალსაზრისით, რომლებიც მოცემულია შემდეგი კავშირის საშუალებით:

$$c = 5 \text{ RMR (kPa)}; \phi = 0.5 \text{ RMR} + 5 (^{\circ})$$

შეფორმაციის მოდულისთვის E_d , შემდეგი მაგალითი არის კორელაცია RocLab-ის შედეგების მონაცემებთან:

$$E_d = 10^{(RMR-10)/40} \text{ (სერაფიმი და პერეირა, 1983; RMR < 60)}$$

RMR კლასიფიკაციის სისტემა ასევე იძლევა საყრდენის გარეშე მდგრადი დგომის დროს, რაც ემპირიულად გვეხმარება ავწონოთ მაქსიმალურად გრძელი მალი ხელმისაწვდომ დროსთან ერთად საყრდენებისთვის. შაგრამ თავის დროზე, ამ სფეროს და სოციალური მოთხოვნების განვითარებასთან ერთად, RMR კლასიფიკაცია არ პასუხობდა მოთხოვნებს დიდი ზომის მალეების მქონე მიწისქვეშა ექსკავაციებისთვის.

3.3.3. Q-კლასიფიკაციის სისტემა (RMQ) – (ნ. ბარტონი, რ. ლიენი და ჯ. ლუნდი 1974)

Q-კლასიფიკაციის ყველაზე მიმზიდველი ასპექტი არის ის, რომ მას შეუძლია საყრდენის უზრუნველყოფა დიდი სიგრძის მალეების მქონე მიწისქვეშა ექსკავაციებისთვის. ჭუმცა Q-

კლასიფიკაცია ძლიერია საყრდენის რეკომენდაციების მოცემაში მანძილების დიდ დიაპაზონში, ის სუსტია საყრდენის გარეშე მდგრადი დგომის დროის პროგნოზირებაში ექსკავაციისთვის, რომელსაც არ აქვს საყრდენი.

სოვე-ბრაუნის მეთოდის შემუშავებამდე, ეს კლასიფიკაცია გამოყენებული იყო ქანის სიმტკიცის პარამეტრების მისაღებად შეჭიდულობის (c) და ხახუნის შიდა კუთხის (\emptyset) თვალსაზრისით, რომლებიც მოცემულია შემდეგი კავშირის საშუალებით:

$$c = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{UCS}{100} \right) \times \left(\frac{1}{SRF} \right)$$

$$\emptyset = \tan^{-1} \left(\frac{J_r}{J_a} \times J_w \right)$$

3.3.4. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოევი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013)

1980-იან წლებში, ჰოევი და ბრაუნმა გამოიყენეს RMR კლასიფიკაცია ქანის სიმტკიცის პარამეტრების მისაღებად. თუმცა, ამ პროცესში, მათ აღმოაჩინეს, რომ RMR კლასიფიკაცია არ ფარავს ქანის ყველა ტიპს, მაგალითად, ფენოვან ან დამრულ ქანებს და შესაბამისად, მათ შეიმუშავეს მათი საკუთარი გეოლოგიური სიმტკიცის ინდექსი (GSI) ქანების ნაპრალებიანი მასივისთვის. ეს ემპირიული კლასიფიკაციის სისტემა ეფუძნება წყვეტების სტრუქტურის და ზედაპირის პირობებს. კლასიფიკაციის ბოლო ვერსია მოცემულია გამოყენებისთვის (ჰოევი, კარტერი, დიდერიხსი, 2013). GSI კლასიფიკაცია ეფუძნება ქანების მასივის სტრუქტურაზე ვიზუალურ ანაბეჭდს და იძლევა სისტემას ქანების მასივის სიმტკიცის შესუსტების შესაფასებლად სხვადასხვა გეოლოგიურ პირობებში.

სერიოზული გაუმჯობესება ამ კლასიფიკაციაში უკავშირდება დარღვევის კოეფიციენტს (D), პრევენციის ღონისძიებას აფეთქების წინააღმდეგ. ქანების ემპირიული კლასიფიკაციის სისტემების მიმოხილვა აჩვენებს, რომ აფეთქების მნიშვნელობა მხოლოდ არც ისე დიდი ხნის წინ იქნა აღიარებული; ამგვარად, ეს საკითხი მოითხოვს რამდენიმე სიტყვას ქანის დარღვევის შესახებ, რაც პირდაპირ ზემოქმედებს ქანების მასივის დეფორმაციის მოდულზე. პირველ რიგში, მყისიერი უზარმაზარი ენერგია, რომელიც არის აფეთქებაში, ძალიან დამანგრეველია, თუ არ იქნა გაკონტროლებული „ფრთხილი აფეთქების“ საშუალებით, რომელსაც ეწოდება „მდორე აფეთქება“ გვირაბების გაყვანის საქმეში. დაყოვნებული მოქმედების დეტონატორების საკმარისი რაოდენობის გამოყენების და აფეთქების საჭირო თანმიმდევრობის გარეშე - როგორც ეს ხდება ჩვეულებრივი აფეთქების დროს - დამანგრეველი ზემოქმედება ქანების მასივზე იმდენად დიდია, რომ პირველი

კლასის (TYPE-I) საყრდენი შეიძლება გადაიქცეს მესამე კლასის (TYPE-III) ან კიდევ უფრო დაბალი დონის საყრდენად.

გარდა აფეთქების გვერდითი მოვლენების გათვალისწინებისა, GSI კლასიფიკაციას პრიორიტეტი აქვს RMR და Q კლასიფიკაციებზე შემდეგთან დაკავშირებით:

- ის აგებულია მუდმივად განვითარებად RMR და Q კლასიფიკაციებზე, ამგვარად, აუმჯობესებს თავის თავს, რომ ჰქონდეს პრიორიტეტი ორ სხვა კლასიფიკაციის სისტემაზე;
- კლასიფიკაციის სისტემა ჩართულია RocLab პროგრამაში, რაც იძლევა ქანის სიმტკიცის პარამეტრებზე მიყენებული დატვირთვების ვიზუალური დანახვის შესაძლებლობას.

3.3.5. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013)

ჰოეკის და ბრაუნის (1977) თანახმად, გამძლე ქანების მასივებისთვის ($GSI > 25$, $RMR > 23$) GSI-ს მნიშვნელობა ქანის სისქის მახასიათებლის (RMR) მნიშვნელობიდან შეიძლება მივიღოთ:

$$GSI = RMR_{89} - 5$$

ამ კორელაციაში RMR_{89} ძირითადი ქსი მნიშვნელობაა (ბიენიავსკი, 1989. გრუნტის წყლების კოეფიციენტი 15 და ერთიანი ორიენტაციის ნაკრების 0 (სასურველია)). დაბალხარისხიანი ქანებისთვის (ქსი < 25) GSI-ს შორის კორელაცია აღარ არის საიმედო. ამიტომ, ქსი კლასიფიკაცია არ გამოიყენება ასეთ ქანების GSI მნიშვნელობის შესაფასებლად (ჰოეკი და ბრაუნი, 1997) [13].

დაბალხარისხიანი ქანისთვის GSI შეიძლება Q მნიშვნელობებით შევაფასოთ (ბარტონი და სხვ., 1974), შემდეგი ფარდობით:

$$GSI = 9 \ln(Q') + 44 \text{ (სინგი და გეოლი, 1999) სადაც}$$

$Q' =$ გვირაბის გაყვანის ხარისხის მოდიფიცირებული ინდექსი

$$Q' = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \quad [14].$$

3.3.6. NATM კლასიფიკაცია და პროცედურა დაპროექტებისას

საბაზისო პროცედურის შეჯამება პირდაპირ ციტირებულია მითითებული დოკუმენტიდან [12], რომელიც შედგება 5 ზოგადი ნაბიჯისგან, რომ შემუშავებული იყოს ქვემოთ მოცემული გეოტექნიკური პროექტი.

ნაბიჯი 1 - ქანების მასივის ტიპის (RMT) განსაზღვრა

პირველი ნაბიჯი იწყება ძირითადი გეოლოგიური არქიტექტურის აღწერით და გრუნტის თითოეული ტიპის შესაბამისი საკვანძო პარამეტრების გეოტექნიკური განსაზღვრით გრძელდება. საკვანძო პარამეტრები და განაწილებები განისაზღვრება „არსებული ინფორმაციიდან და/ან პროექტირებითა და გეოლოგიური განხილვით შეფასდება“. მნიშვნელობები მუდამ განახლდება ინფორმაციის შესაბამისად. ქანების ტიპი მათი საკვანძო პარამეტრების შესაბამისად განისაზღვრება. ქანის ტიპების რაოდენობა დამოკიდებულია საპროექტო გეოლოგიურ პირობებზე და პროექტირების სტადიაზე. ფიზიკური და ჰიდრავლიკური პარამეტრები თითოეული ქანის ტიპისთვის დგინდება [12].

ნაბიჯი 2 - ქანების მასივის ქცევის ტიპების განსაზღვრა (BT):

მეორე ნაბიჯი ქანების პოტენციური ქცევის ტიპის შეფასებას მოიცავს. ამისათვის განიხილება თითოეული ქანის ტიპი და ადგილობრივი გავლენის ფაქტორები, მათ შორის, ექსკავაციის მიმართებაში წყვეტების ორიენტაცია, გრუნტის წყლების პირობები, დაჭიმულობა და ა.შ. (ფედერი, 1978; ჰოეკი, 1999). ამ პროცესის შედეგია საპროექტო ქცევის ტიპების დადგენა. ქანის ქცევა მთელი განივი კვეთისთვის ფასდება; არ განიხილება მოდიფიკაციები, მათ შორის, ექსკავაციის მეთოდი, მიმდევრობა და საყრდენი ან სხვა დამატებითი ზომები. 11 ზოგადი კატეგორია მოცემულია 1-ელ ცხრილში. ერთ-ერთ ზოგად კატეგორიაში ერთზე მეტი ქცევის ტიპის დადგენა ქვეტიპების შემოღებას გულისხმობს [12].

ნაბიჯი 3 - ექსკავაციისა და საყრდენის განსაზღვრა

საპროექტო ქცევის ტიპების საფუძველზე ფასდება ექსკავაციისა და საყრდენების ზომები და განისაზღვრება შესაბამისი მეთოდები. სისტემის ქცევა (სც) არის ქანის ქცევისა და ექსკავაციისა და საყრდენების სქემის ურთიერთქმედების შედეგი. სისტემის შეფასებული ქცევა დადგენილ მოთხოვნებს უნდა შევადაროთ. თუ სისტემის ქცევა მოთხოვნებს არ შეესაბამება, ექსკავაციისა და საყრდენების სქემა უნდა ვცვალოთ, სანამ შესაბამისობას არ მივაღწევთ [12].

ნაბიჯი 4 - გეოტექნიკური მოხსენება - საბაზისო სამშენებლო გეგმა

1 – 3 ნაბიჯებიდან გამომდინარე ორიენტაცია იყოფა „ჰომოგენურ“ ნაწილებად, რომლებში ექსკავაციისა და საყრდენების ერთნაირი მოთხოვნები ვრცელდება. საბაზისო სამშენებლო გეგმა უთითებს თითოეული რეგიონის ექსკავაციისა და საყრდენების მეთოდს და ადგილზე შესაძლო ცვლილებების ზღვრებსა და კრიტერიუმებს აჩვენებს. გეგმა

გეოტექნიკურ პროექტს აჯამებს. ის უნდა შეიცავდეს ინფორმაციას გეოლოგიურ პირობებზე, შესაბამის გეოტექნიკურ თვისებებზე, შეზღუდვებზე (მაგ., გარშემო დასახლებები, აფეთქებით გამოწვეული ვიბრაციები და სხვ.), ასევე, გაფრთხილების კრიტერიუმებსა და მაკორექტირებელ ზომებს.

ნაბიჯი 5 - ექსკავაციის კლასების განსაზღვრა

პროექტირების პროცესის ბოლო ეტაპზე, გეოტექნიკური პროექტი უნდა გარდაიქმნას ხარჯთაღრიცხვად და განხორციელების დროის შეფასებად სატენდერო პროცესისთვის. ექსკავაციის კლასები განისაზღვრება ექსკავაციის და საყრდენის ღონისძიებების შეფასების საფუძველზე.

ამ კონკრეტული ანგარიშის შესაბამის ეტაპზე, NATM-ის ძლიერი მხარეები გამოყენებული იქნება ქანების მასივის ქცევის ტიპების გამოკვლევით სურათზე 4 (სქემა 1 ამოღებულია მითითებული დოკუმენტიდან [12]), გვირაბის განლაგებასთან ერთად

ცხრ. 1 ქანის ქცევის ტიპების ზოგადი კატეგორიები

ქცევი ტიპი
1 - სტაბილური
2 - წყვეტით კონტროლირებადი ბლოკების ჩამოშლა
3 - მცირე ძაბვით გამოწვეული ჩამოშლა
4 - ღრმა ძაბვით გამოწვეული ჩამოშლა
5 - ქანის გახეთქვა
6 - ღუნვით ჩამოშლა
7 - გრძივი ჩამოშლა
8 - გასუფთავება
9 - გასწორება
10 - შეშუპება
11 - ხშირად ცვალებადი ქცევა

სურათი 4: [ამოღებული მითითებული დოკუმენტიდან [12]]

3.4 გვირაბის გამაგრების ტიპების ემპირიული დიზაინი

3.4.1 საწყისი მონაცემების უზრუნველყოფა

კონცეპტუალური მოდელების შემუშავებისთვის გაწეული მთელი შრომატევადი სამუშაო, დაწყებული გეოდინამიკური ევოლუციით და დასრულებული საინჟინრო გეოლოგიითა და ჰიდროლოგიით, მიზნად ისახავს „ქანების მასივის ემპირიული კლასიფიკაციის სისტემის“ გამოყენებით, T-3 გვირაბის თვითოეული მონაკვეთისთვის ემპირიული გამაგრების ტიპების გააზრებულ პროგნოზირებას. ამ კონტექსტში, ძირითადად „ქანების მასივის ემპირიული კლასიფიკაციის“ ოთხივე - Q, RMR, GSI, და NATM - ძლიერი ასპექტების კომბინაცია იქნა გამოყენებული და შესაბამისად, საწყისი მონაცემების მისაღებად შემდეგი გეოტექნიკური პროცედურები იქნა გატარებული:

- თვითოეული გამაგრების ტიპის საშუალო ინტერვალის განსაზღვრისთვის GSI სქემის საბოლოო ვერსია იქნა გამოყენებული (სქემა 5).
- NATM გამოყენებულია ქანის მასივის ტიპისა და ქანის მასივის ქცევის ტიპისთვის, მშენებლობის მიმდინარეობის ეტაპზე მდგრადობის პირობების შეფასების მიზნით.
- GSI სქემის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი, თუმცა, როგორც წესი, ყურადღების მიღმა დარჩენილი ასპექტი ის არის, რომ ის ასევე მოიაზრებს ქანის მასალის „დარღვეული ქანის სიმკვრივეს“, რისთვისაც „რღვევების რაოდენობრივი აღწერის სავარაუდო მეთოდების“ ირიბ მონაცემებს იყენებს. GSI სქემაში ამ ასპექტს ქანის მასალის „ზედაპირის მდგომარეობა“ ეწოდება. ჩვენ ის „ადგილზე ქანის სიმკვრივის“ განსასაზღვრად გამოვიყენეთ. ამას გარდა, ქანის მასალის (დაურღვეველი ქანის) სიმტკიცის ზღვარი ერთდერმა კუმშვაზე დამოუკიდებლად განისაზღვრება მშენებლობის ადგილზე ქანების კლასიფიკაციის უნიფიცირებული სისტემის პროცედურების გამოყენებით. აღნიშნული მონაცემი არსებული ქანების მსგავსი ქანური გამოსავლებისთვის ისაზღვრება. შემდეგ ეს მიღებული მნიშვნელობები გვირაბის დონეზე აისახება, ემპირიული გამოცდილების საფუძველზე.
- Q, GSI და RMR კლასიფიკაციებს შორის გარდაქმნა შემდეგი ფორმულებით გამოისახება:

$$(ა) RMR_{89} = GSI + 5$$

$$(ბ) RMR_{89} = 9 \ln (Q') + 44 \text{ რაც გარდაქმნით გვაძლევს}$$

$$(g) Q' = e^{(RMR-44)/9}$$

- გეოტექნიკური სამუშაოების გამაგრების ემპირიული ტიპების ინტერვალების განსაზღვრისას ყველა გათვლა ეფუძნება ვარაუდს, რომ ღია და მიწისქვეშა გათხრები ხორციელდება „კონტურული ბურღვის და რბილი აფეთქების“ ტექნოლოგიების გამოყენებით; შესაბამისად, RocLab პროგრამაში ქანის მასივის დაშლის კოეფიციენტი $D=0.2$ -ია გამოყენებული.

3.4.2 გვირაბის საყრდენის ემპირიული ტიპების ზოგადი განხილვა

ჰესის გვირაბის მარშრუტის ყოველ კონკრეტულ ინეტრვალზე, NATM, RMR, GSI and Q ბაზაზე გვირაბის გამაგრების ტიპების ემპირიული პროექტირებისას შემდეგი თანმიმდევრობა იქნება დაცული:

- ქანის მასივის ტიპები (RMT) [NATM]
- ქანის მასივის ქცევის ტიპები (BT) [NATM]
- გამაგრების ტიპების პარამეტრების განსაზღვრა [RMR, GSI, Q]
- RocLab პროგრამაში მხოლოდ GSI მნიშვნელობათა და ქანის მასისა და მასალის პარამეტრების დამუშავება

კიდევ ერთხელ უნდა აღინიშნოს, რომ გვირაბის მარშრუტის გეოტექნიკური მონაცემების შეგროვების პროცესი შემდეგ საფეხურებს მოიცავდა:

- პირველ ყოვლისა, T-3 გვირაბზე ჩასატარებელი გეოტექნიკური სამუშაოების ყველა ასპექტი პროექტის ტერიტორიის გეოტექტონიკურ კონცეპტუალურ სამუშაო მოდელს ეფუძნება, რომელიც გლობალური და რეგიონალური გეოდინამიკიდან გამომდინარე შეიქმნა.
- თვითოეული სპეციფიკური ქანის თვისებასთან დაკავშირებული მონაცემები ძირითადად ზედაპირული დაკვირვებების საფუძველზე შეგროვდა, რომლებიც ვაწარმოეთ მაღალმთიანი რეგიონების სოფლებთან დამაკავშირებელ ქუთაისი-ალპანას არსებულ გზაზე. ხშირი ტყის საფარმა მხოლოდ ანდეზიტური პორფირიტის გამოსავალს (J2b2) შეუშალა ხელი, რომელიც სავარაუდოდ გვირაბის მარშრუტის ქვედა ნაწილის შემადგენელი ქანია.

ყველა გეოტექნიკური გათვლა წარმოებულ იქნა იმ პირობით, რომ (ა) რბილი აფეთქების ტექნოლოგია იქნება გამოყენებული კონტურული ხვრელებისთვის, ხოლო (ბ) ვიბრაციის სიჩქარე გაკონტროლდება თანმიმდევრულად დაგეგმილი „შენელებული მოქმედების

დეტონატორების“ საკმარისი რაოდენობის გამოყენებით საექსპლუატაციო ჭაბურღილებისთვის.

3.4.3 ჭანის მასივების კლასიფიკაცია და გამაგრების შემოთავაზებული ემპირიული ტიპები

გვირაბმშენებლობის ინჟინერიაში, პორტალები პროექტირების ყველაზე კრიტიკულ მონაკვეთად არის მიჩნეული, რამდენადაც გეოტექნიკური მიზეზებიდან გამომდინარე, ორივე პორტალი გვირაბის ყველაზე სუსტ მონაკვეთს წარმოადგენს, ღრმა გამოფიტვებისა და რელიეფური შეზღუდვების პირობებში. შესაბამისად, გვირაბის პორტალის სექცია განსაკუთრებულ სიფრთხილეს მოითხოვს პორტალის „პირის ჭრის“ მისამზადებელი მიწისზედა და მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოებისას

ა) პორტალის პირის ჭრის მომზადება

„გვირაბის პირის ჭრის“ პროექტირება და მშენებლობა უსაფრთხოების მიზეზებიდან გამომდინარე, ემპირიული გამოცდილების საფუძველზე ხდება, პროექტის ეკონომიკური შეზღუდვის პირობების გათვალისწინებით. ზოგადად, პორტალის პირის დახრილობა 1:5 (H.V) სიდიდით განისაზღვრა, რამდენადაც ჭანის პირობები იძლევა მშენებლობის განხორციელების შესაძლებლობას. თუმცა, არამდგრადი ჭანის შემთხვევაში, სტანდარტული სამშენებლო მიზეზებიდან გამომდინარე, პირის დახრილობა უნდა იყოს სულ მცირე 1:3 (H.V). სხვა შემთხვევაში, პროექტირების ალტერნატიული მეთოდების, მათ შორის ბეტონის კონსტრუქციების გამოყენება შეიძლება გახდეს აუცილებელი, რაც მოკლე გვირაბებისთვის არ არის გამოსადეგი. ამ კონკრეტულ პროექტში პორტალის პირის დახრილობა განისაზღვრა 1:5 (H:V) სიდიდით, ქვემოთ ჩამოთვლილი გამაგრებების ელემენტების გამოყენებით:

- დაცემენტებული $\varnothing=26$, მცირე მოჭერის სისტემატური ბოლტი $L=6.0$ და $s=1.5 \times 1.5$ მ პარამეტრებით;
- ტორკეტბეტონის ორი ფენა (7.5სმ+5.0სმ), ფოლადის ბადით, ან 54 მმ-იანი ორი მაკრო სინთეზური ბოჭკოთი;
- აუცილებლობის შემთხვევაში, შესაძლებელია ბეტონის კონსტრუქციის აგება;
- სადაც ღია დამუშავების გათხრები მოითხოვს, ფრთხილი აფეთქების მეთოდი უნდა იქნას გამოყენებული.

ბ) მიწისქვეშა გათხრების გამაგრების ემპირიული პროექტირება

ბ1) პორტალის სექციები

ზემოთ ნახსენები გეოტექნიკური და ტოპოგრაფიული მიზეზები გამოხატულია განტოლებით

$$RMR_P = 9 \ln (Q' \div 2) + 44$$

გვირაბების პორტალური ნაწილების ფორმულის საფუძველზე:

$$Q' = \left(\frac{RQD}{2 \times J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)$$

საფუძველზე. ამ თვალსაზრისით, გვირაბის პორტალის სექციის თავზე გადამფარავი ქანების სიმძლავრემ, სულ მცირე, 3-ჯერ ან ზოგ შემთხვევებში, ქანის პირობების მიხედვით, მეტადაც უნდა გადააჭარბოს გვირაბის სიმაღლეს. დაახლოებით 139მ სიგრძის T-3 გვირაბის გამაგრების საპროექტო ემპირიული კვლევისას, პორტალის სექციის თავზე ნაყარი მასალის სიმაღლე გვირაბის სიმაღლეს სამჯერ აღემატება და „გამაგრების ტიპის სიგრძეებიც“ ამის შესაბამისად განისაზღვრა.

ქანის კლასიფიკაციის სისტემებიდან მხოლოდ “Q’-კლასიფიკაცია” განიხილავს გეოტექნიკურ ხარვეზებს და უსაფრთხოების ზომებს ზემოთ მოცემული ფორმულით; ამგვარად, ქანის მასივების კლასიფიკაცია დაფუძნებული იქნება მოდიფიცირებულ

$$Q' = \left(\frac{RQD}{2 \times J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)$$

. ფორმულაზე. შესაბამისად, პორტალს შემდეგი პარამეტრები განესაზღვრა:

$$RQD = 45 \sim 60 (\%) \text{ (ქვედა და ზედა ზღვრები)}$$

$$2 \times J_n = 2 \times 9 = 18$$

$$J_r = 1.0$$

$$J_a = 3.0 \sim 2.0 \text{ (ქვედა და ზედა ზღვრები)}$$

როდესაც ეს მნიშვნელობები ჩაისმება მოდიფიცირებულ

$$Q' = \left(\frac{RQD}{2 \times J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)$$

, ში, შედეგად მიიღება: $Q' = -0.83 - 1.66$. მე-6 სურათში ეს Q მნიშვნელობები რჩება „მაღიან ცუდი ქანის“ ზედა ზღვრის ზედა რიგში და „დაბალხარისხიანი“ ქანის ქვედა ზღვარში. მოდიფიცირებული Q მნიშვნელობების $RMR = 9 \ln (Q') + 44$, ში ჩასმის შედეგად ვიღებთ $RMR_{89} = 42 - 48$. მიუხედავად იმისა, რომ ბინიავსკის ეს RMR_{89} მნიშვნელობები

ქვემოთ განსაზღვრულ გამაგრების ტიპების მნიშვნელობებთან შედარებით უკეთესი ხარისხისაა, პორტალის უსაფრთხოებიდან გამომდინარე ტიპი-V გამაგრების ტიპი იქნება გამოყენებული.

ტიპი-V: $30 < GSI \leq 40 \rightarrow 35 < RMR_{89} \leq 45$ ($0.37 \leq Q < 1.12$) [მოწინავე ზედა შტოლნი+ საფეხურებრივი ამოღება]

A: ქანის მასივების ტიპები

- ძალიან ტიპიური „ფლიშის“ ფორმაცია (J2b1) ძირითადად შედგება ღია ნაცრისფერი ტუფის, არგილიტის, მიკრობრეჩიის, ტუფური ქვიშაქვისგან, ადგილებში ავგიტ-ლაბრადორიტის პორფირიტების ჩანართებით.
- ანდეზიტური პორფირიტები (J2b2-6) მეჩხერად განლაგებული განწევრების სიბრტყეებით
- საშუალოდ გამოფიტული; საშუალოდ მძლავრი (25-50MPa)

B: ქანის მასივების ქცევის ტიპები

- სხლეტიითი რღვევა დაბალი სამთო წნევით გამოწვეული (ეფექტური) დაძაბულობის ქვეშ
- დაბალი დაძაბულობით გამოწვეული რღვევა
- ამოზურცვითი რღვევა
- ჩამოშლა

C: გრუნტის წყლების პირობები

- მნიშვნელოვანი დენადობა და ადგილებში ჩამორეცხილი განწევრების სიბრტყეები
- მნიშვნელოვანი წყლის წნევა ნაპრალში
- საჭიროებს მუდმივ სადრენაჟო ღონისძიებებს

D: საწყისი მონაცემები (RocLab-ისთვის)

- გამოყენებული იქნება $30 < GSI \leq 40$ -ის საშუალო
- გამოყენებული იქნება ერთდერძა კუმშვაზე სიმტკიცის ($U_{cs}=25-50$ MPa) ქვედა ზღვრული მნიშვნელობა

ბ2) გვირაბის სექციები

გვირაბის სექციების გამაგრების ემპირიული პროექტი, როგორც წესი, იწყება პორტალის სექციის გამაგრების კლასიდან (TYPE-V) 30მ (TYPE-IV) მანძილის დაშორებით ამ კონკრეტული პროექტისთვის. გამაგრების შემდომი ტიპები მიყვება ადრე განსაზღვრულ

ზოგად თანმიმდევრობას. სხვა სიტყვებით, მშენებლობის ტერიტორიასთან დაკავშირებული სპეციფიკური გეოტექნიკური ინფორმაციის გამოკლებით, დანარჩენი ნაწილი ცვლილების გარეშე იქნება გადმოღებული (დაკოპირებული).

ტიპი-IV: $40 < GSI \leq 50 \rightarrow 45 < RMR_{89} \leq 55 \rightarrow (1.12 \leq Q < 3.40)$ [სრული პროფილით გაყვანა და/ან მოწინავე ზედა შტოლნი+საფეხური]

A: ქანის მასივების ტიპები

- ძალიან ტიპიური „ფლიშის“ ფორმაცია (J2b1) ძირითადად შედგება ღია ნაცრისფერი ტუფის, არგილიტის, მიკრობრექჩიის, ტუფური ქვიშაქვისგან, ადგილებში ავგიტ-ლაბრადორიტის პორფირიტების ჩანართებით.
- ანდეზიტური პორფირიტები (J2b2-6) მეჩხერად განლაგებული განწევრების სიბრტყეებით
- საშუალოდ გამოფიტული; საშუალოდ მძლავრი (25-50MPa)

B: ქანის მასივების ქცევის ტიპები (ყველა ტიპის ქანური მასივებისთვის)

- სხლეთითი რღვევა დაბალი სამთო წნევით გამოწვეული (ეფექტური) დამაბულობის ქვეშ
- დაბალი დამაბულობით გაჩენილი რღვევა

C: გრუნტის წყლების პირობები

- ადგილობრივი წყლის მნიშვნელოვანი გაჟონვა განწევრების სიბრტყეებიდან
- წყლის საშუალო წნევა ნაპრაღში
- საჭიროებს ადგილობრივ სადრენაჟო ღონისძიებებს

D: საწყისი მონაცემები (RocLab-ისთვის)

- გამოყენებული იქნება $40 < GSI \leq 50$ -ის საშუალო
- გამოყენებული იქნება ერთდერძა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვრის ($U_{cs}=25-50$ MPa) საშუალო მნიშვნელობა

ტიპი-III: $50 < GSI \leq 60 \rightarrow 55 < RMR_{89} \leq 65 (3.40 \leq Q < 10.30)$ [სრული პროფილით გაყვანა]

A: ქანის მასივების ტიპები

- (J2b2-6) მეჩხერად განლაგებული განწევრების სიბრტყეებით
- მცირედ და საშუალოდ გამოფიტული; საშუალოდ მძლავრი (50-100 MPa)

B: ქანის მასივების ქცევის ტიპები (ყველა ქანის მასივის ტიპებისთვის)

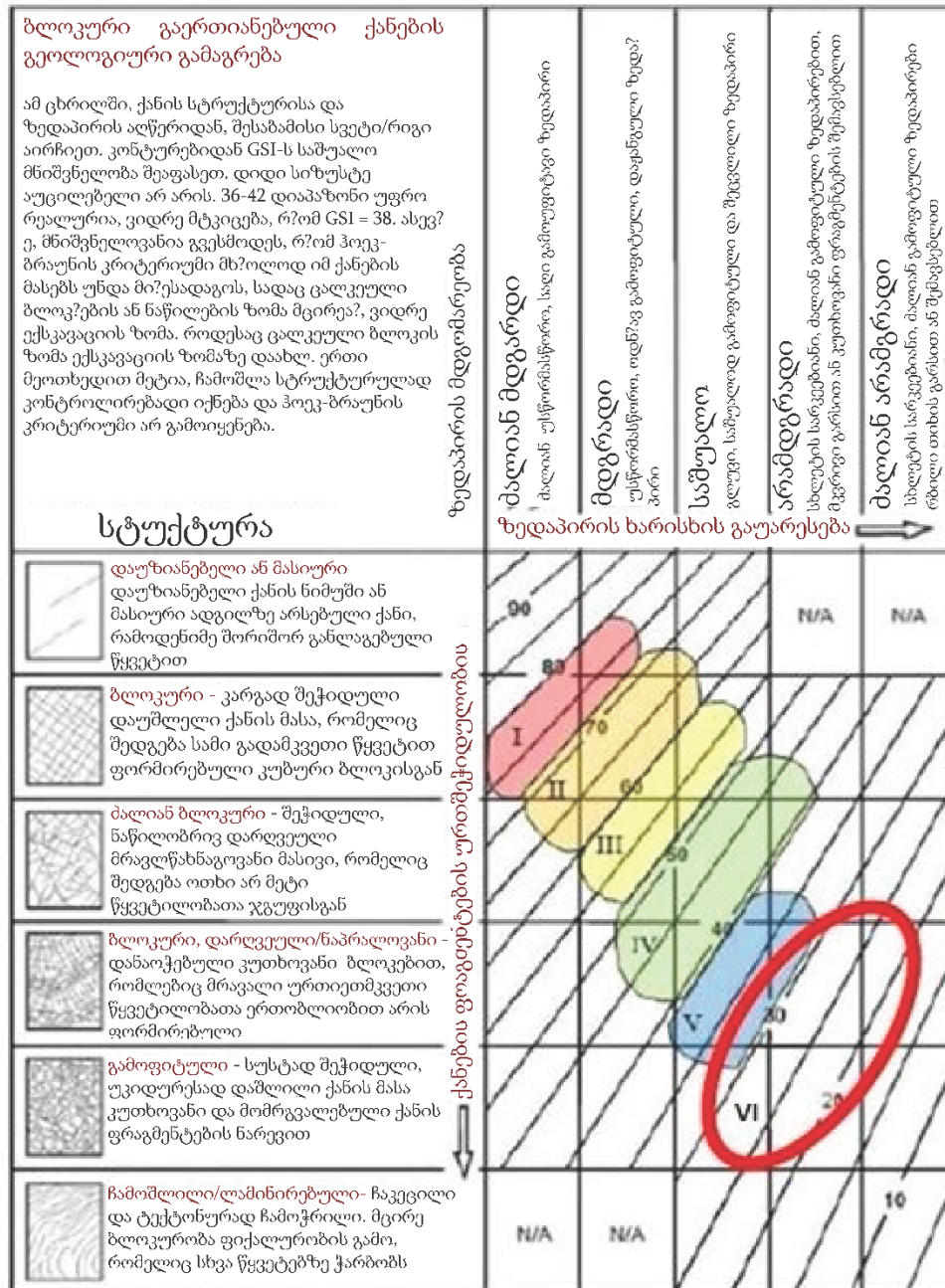
- უთანაბრობით გამოწვეული ბლოკური რღვევა

C: გრუნტის წყლების პირობები

- ადგილობრივი წყლის მნიშვნელოვანი გაჟონვა განწევრების სიბრტყეებიდან
- წყლის წნევა ნაპრაღში
- შესაძლოა დასჭირდეს ადგილობრივი სადრენაჟო ღონისძიებები

D: საწყისი მონაცემები (RocLab-ისთვის)

- გამოყენებული იქნება $50 < GSI \leq 60$ -ის საშუალო
- გამოყენებული იქნება ერთდერძა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარის ($U_{cs}=50-100 \text{ MPa}$) საშუალო მნიშვნელობა



ლეგენდა

ტიპი I: პორფირიტი და მასიური ტუფური ქვიშაქვა

ტიპი II: პორფირიტი, ტუფური ქვიშაქვა, ტუფური ალევრიტი + ბრეშია და მასიური ტუფური ქვიშაქვა

ტიპი III: პორფირიტი, ტუფური ქვიშაქვა, ტუფური ქვიშაქვა + ბრეშია, ტუფური ალევრიტი + ბრეშია, მასიური ტუფური ქვიშაქვა და ტუფური ალევრიტი + ფიქალი

ტიპი IV: პორფირიტი, ტუფური ქვიშაქვა, ტუფური ქვისქვა + ბრეშია, ტუფური ალევრიტი + ბრეშია, მასიური ტუფური ქვიშაქვა და ტუფური ალევრიტი + ფიქალი

ტიპი V: პორფირიტი, ტუფური ქვიშაქვა, ტუფური ალევრიტი + ბრეშია, მასიური ტუფური ქვიშაქვა და ტუფური ალევრიტი + ფიქალი

ტიპი VI: არ გამოიყენება გაერთიანებული ქანის მასებისთვის (ახასიათებს შემუშავებულ და მოძრავ მიწას/გრუნტი)

სურათი 5: შუა იურული პერიოდის ქანების განზოგადებული GSI კლასიფიკაცია

3.4.4 უმპირიულად დაპროექტებული გვირაბის საყრდენების ელემენტები

ქვემოთ მოცემულია გვირაბის გამაგრების ტიპების ელემენტები, რომლებსაც სავარაუდოდ T-3 გვირაბის მარშრუტზე შევხდებით. ეს ელემენტები პროექტირების საკვანძო კომპონენტს წარმოადგენს, როგორც ტექნოლოგიური, ისე ეკონომიკური თვალსაზრისით. გამაგრების ამ ელემენტების დეტალები ნაჩვენებია დანართ-2-ში, ხოლო RocLab შედეგები წარმოდგენილია დანართ-2-ში.

ტიპი-III: $50 \leq \text{GSI} < 60 \rightarrow (55 \leq \text{RMR} < 65) \rightarrow$ (სრული პროფილით გაყვანა)

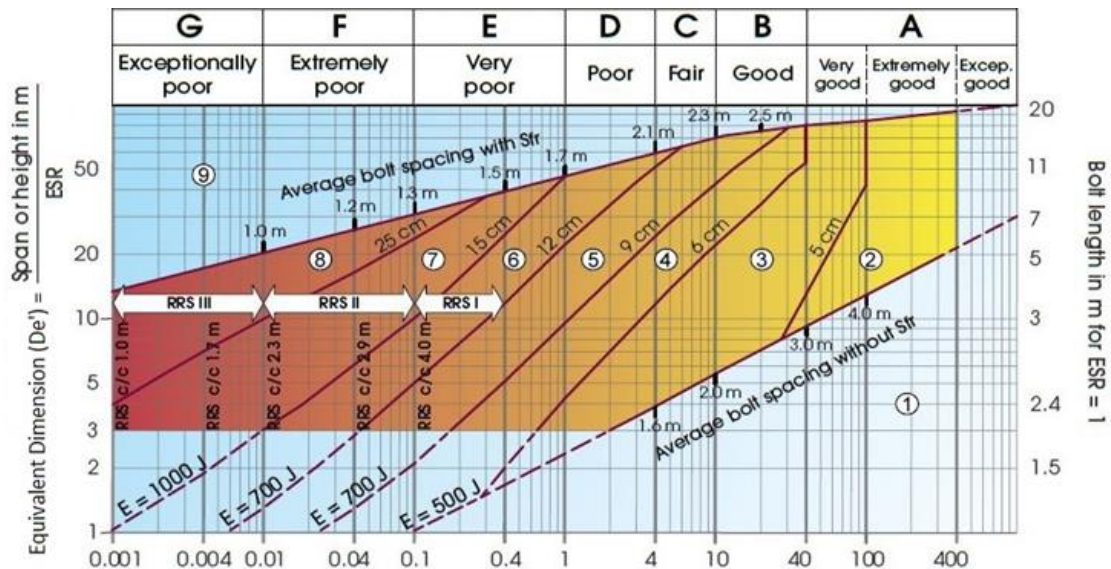
სახურავი: (სადრენაჟო ხვრელები: $\varnothing=60\text{mm}$ #3 L=2@3 საჭიროებისამებრ)

- ტორკეტბეტონის ორი ფენა (5.0+5.0სმ) ფოლადის ბადით (1xQ131) / პოლიმერული ბოჭკოთი
- s=1.5x1.5მ, L=4.0მ, $\varnothing=26$, დაცემენტებული სუსტი მოჭერის სისტემური ბოლტი

კედელი:

- ტორკეტბეტონის ორი ფენა (5.0+2.5სმ), ფოლადის ბადით, ან ფოლადის/პოლიმერული ბოჭკოთი
- s=2.0x2.0მ, L=4.0მ, $\varnothing=26$, დაცემენტებული სუსტი მოჭერის სისტემური ბოლტი

ქანის ხარისხი და ქანის საყრდენი



$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

სურათი 6: ექვივალენტური ზომა და ქანის ხარისხი და შესაბამის საყრდენის ელემენტები

ტიპი-IV: $40 \leq GSI < 50 \rightarrow 50 \leq RMR < 55 \rightarrow$ [სრული პროფილით გაყვანა და/ან მოწინავე ზედა შტოლნი+საფეხური]

სახურავი+კედელი: (სადრენაჟო ხვრელი სახურავზე: $\varnothing=60\text{მმ}$ #3 L=2@3 ნ or #5 L=5@3 საჭიროებისამებრ)

- ტორკეტბეტონის სამი ფენა (7.5+7.5+5.0სმ), ფოლადის ბადის 2 ფენით (2xQ189), ან ფოლადის ბოჭკოთი
- $s=1.0 \times 1.5\text{მ}$ (a),(a=წინწევის სიგრძე) L=4.0მ, $\varnothing=26$, დაცემენტებული მცირედ მოჭერილი სისტემატური ბოლტი
- $s=1.5\text{მ}$, INP100 ბადისებრი ფოლადის თაღი P115-30-36 (საჭიროებისამებრ)
- ტორკეტბეტონის საფუძველი ზედაპირის უკან 50მ-ში

ტიპი-V: $30 \leq GSI < 40 \rightarrow 35 \leq RMR < 45 \rightarrow$ (მოწინავე ზედა შტოლნი+საფეხური)

სახურავი+კედელი: (სადრენაჟო ხვრელი სახურავზე: $\varnothing=60\text{მმ}$ #3 L=2@3 ან #5 L=5@3 საჭიროებისამებრ)

- ტორკეტბეტონის სამი ფენა (10.0+10.0+5.0სმ), ფოლადის ბადის 2 ფენით (2xQ189),
- $s=1.0 \times 1.5\text{მ}$ (a),(a=წინწევის სიგრძე) L=6.0მ; $\varnothing=26$, დაცემენტებული, სუსტი მოჭერის სისტემატური ბოლტი
- $s=1.5\text{მ}$, INP100 ბადისებრი ფოლადის თაღი P115-30-36
- სრულად დაცემენტებული IBO ბოლტები $\varnothing=32\text{მმ}$ ან სამაგრები ჭერზე (c/c 30სმ)
- ტორკეტბეტონის საფუძველი ზედაპირის უკან 50მ-ში

4. შასკვნები

მკაცრმა რელიეფურმა პირობებმა და უხვმა მცენარეულმა საფარმა გაართულა გვირაბის მარშრუტზე გავლა და გეოტექნიკური მონაცემების მოპოვება, თუმცა, სოფლის გზა ვერტიკალურად კვეთს (J2b1) ფორმაციის ტიპურ გამოსავლებს და გეოტექნიკური მონაცემები, რომლებიც (J2b1)-ისთვის არის საჭირო, ამ გზაზე იქნა შეკრებილი, ხოლო (J2b2-6) ფორმაციის მონაცემების შეგროვება გარემოებების მიხედვით მოხდა. თუმცა, ორივე შემთხვევაში, ზოგადად კვლევის შემდეგი მეთოდები იქნა გამოყენებული:

- 1:50 000 და 1:25 000 მასშტაბების რიონის კასკადის გეოლოგიური რუკები, რომლებიც მოცემულია საცნობარო დოკუმენტებში [1&2], განსაკუთრებით დაგვებმარა პროექტის ტერიტორიის ზოგადი გეოლოგიისა და ტექტონიკის შესწავლაში, „კონცეპტუალური გეოტექტონიკური სამუშაო მოდელის“ ქრილში.
- T-3 გვირაბის მარშრუტი გადის დინების საწინააღმდეგოდ, ნამახვანის ანტიკლინის გაგრძელებაზე არსებულ სინკლინსა და სოფელ ბენტქოულას ჩრდილოეთ ნაწილში განლაგებული ანტიკლინების სერიებს შორის.
- საველე დაკვირვებებმა გამოავლინა, რომ T-3 გვირაბის მარშრუტის ქვედა ნაწილი (J2b2-6) ფორმაციის არის, ძირითადად შედგება მასიური ანდეზიტის პორფირიტებისგან, რომელსაც ენაცვლება მსხვილმარცვლოვანი ბრექჩია და ტუფური ქვიშაქვა. ამ ფორმაციების კონტაქტი J2b1-სთან ტყის საფარის ქვეშ არის დამალული. ამ თვალსაზრისით, არსებული ქუთაისი-ალპანას გზა ლაბორატორიის ფუნქციას ასრულებს და საჭირო გეოტექნიკური მონაცემების შეგროვებას ემსახურება.
- T-3-ის ზედა ნაწილი (J2b1)-ისგან შედგება, ძალიან ტიპური, ფლიშის მსგავსი ფორმაციისგან, კარგად განვითარებული მონაცვლეობითი შრეებრიობის ზედაპირებით, რომელიც სამხრეთ-დასავლეთით, საშუალოდ 25 გრადუსიანი (245/25) კუთხით არის გადახრილი. შრეებრიობის ზედაპირების ეს ორიენტაცია სავარაუდოდ გარკვეულ პრობლემებს გამოიწვევს როგორცაა პორტალის შესასვლელში ქანების ჩამოშლა, რამაც შესაძლოა გამაგრების ღონისძიებების დაუყოვნებლივი გატარება გახადოს აუცილებელი.
- კონტურული ბურღვის და რბილი აფეთქების მეთოდები გამოყენებულ უნდა იქნეს ღია და მიწისქვეშა გათხრებისთვის შესაბამისად.

- ყველა ეს ემპირიული მონაცემი გვაძლევს საფუძველს მივიჩნიოთ, რომ T-3 გვირაბი ზოგადად ტექნიკურად განხორციელებადია, თუ გავითვალისწინებთ შედარებით პლასტიკური J2b2-6 და მყიფე J2b1 ფორმაციებთან კონტაქტისას „ტიპი VI“ გრუნტის სავარაუდო გამოვლენის ალბათობას.

5. გამოყენებული მასალა

პროექტის ტერიტორიის კონცეპტუალური გეოტექნიკური სამუშაო მოდელის აგებისა და გვირაბის გამაგრების ტიპებისა და მათთან დაკავშირებული გამაგრების ელემენტების ემპირიული პროექტირებისას დიდწილად შემდეგ მასალა იქნა გამოყენებული:

[1] რიონის კასკადის გეოლოგიური რუკა ნახ. N4001-3-13 თარიღი 1957 (მასშტაბი 1:2500).

[2] ნამახვანის ჰესების კასკადის გეოლოგიური რუკა, მასშტაბი: 50 000, ალექსანდრე ჯანელიძის გეოლოგიის ინსტიტუტი, დ. ზაქარაია, ი. შველიძე, 2008.

[3] სტრუქტურული გეოლოგიის ჟურნალი, აქტიური ტექტონიკური ინვერსია, სუფთა სხლეტის დანაოჭება და ზურგის შეცოცება რიონის აუზში, საქართველო, მ. ნოდია და სხვ., გეოფიზიკის ინსტიტუტი, მ. ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი, 2017.

[4] კავკასიონის გეოლოგია: მიმოხილვა, შოთა ადამია, გურამ ზაქარიძე, თამარ ჩხოტუა, ნინო სადრაძე, ნინო წერეთელი, ალექსანდრე ჭაბუკიანი და ალექსანდრე გვენეტაძე, აპრილი 2011.

[5] პროექტი: ნამახვანის ჰესების კასკადის გეოლოგიური ანალიზი; ანგარიში No: 3; ანგარიშის სათაური: გეოლოგიური, გეოფიზიკური და გეოტექნიკური კვლევები; სათაური: საბოლოო ანგარიში, E.C Hydroprojekt International Limited (თარიღის გარეშე).

[6] ფაზა 2A – პროექტის მთავარი გეოლოგიური ანგარიში, ივლისი, 2015, SP Studio Pietrangeli Consulting Engineers.

[7] შპს გეოინჟინერია. საქართველოს ნამახვანის ჰესის საინჟინრო კვლევა, პროექტირება, მშენებლობა, გეოტექნიკური ანალიზი; ტექნიკური ანგარიში, თბილისი, საქართველო 2014.

[8] ნამახვანის ჰესის კასკადის პროექტი, დონე-I პროექტის გეოლოგიური ანგარიში GE308-200-DW-REP-GEO-00003, ENKA/Temelsu, 01/07/2018.

[9] ბრიტანული სტანდარტი, BS 5930: 1999.

[10] ქანის მასების საინჟინრო კლასიფიკაცია გვირაბის გამაგრების პროექტირებისთვის, ნ. ბარტონი, რ.ლინი, ჯ.ლუნდე, 1974.

[11] ქანის მასივის რეიტინგის (RMR) სისტემა (გეომექანიკური კლასიფიკაცია) საინჟინრო პრაქტიკაში, ბინიავსკი. ზ.ტ., 1989.

[12] რთული ქანის მასივების პირობებში გვირაბის პროექტირებისა და მშენებლობის უახლესი მიღწევები, ა. გორიკი, უ.შუბერტი, გ.რიდმიულერი, 3G Gruppe Geotechnik Graz ZT Ges.m.b.H. goricki@3-g.at ²⁾, გრაცის ტექნოლოგიის უნივერსიტეტი, schubert@tugraz.at

[13] დარღვეული ბლოკური ქანის მასივის გეოლოგიური სიმკვრივის ინდექსი (GSI), (ჰოუკი, ე., კარტერი, ტ.ჯ., დიდერიქსი, მ.ს., 2013)

[14] ქანის მასივის კლასიფიკაციის სისტემები, საიდ მუნთაზირ აბასი, პაშავარის უნივერსიტეტი; იანვარი 2017.

[15] RocLab 1.0, 2007, Rocscience Inc.