

პროექტი:					
ნამახვანის ჰესის კასკადის პროექტი					
მფლობელი:					
					
გენერალური კონტრაქტორი:					
<p>სს ენმარ კონსტრაქშენის</p> <p>საქართველოს ფილიალი</p>					
კონსტრუქტორი/ქვემენარდე:					
					
კონტრაქტის ნომერი:					
GE308					
დოკუმენტის დასახელება:					
<p>გეოტექნიკური სამუშაო სტატია</p> <p>ნამახვანი-ალპანა სშემოვლით საგზაო გვირაბზე T-2</p> <p>(კმ 26+720 – კმ 26+805)</p>					
დოკუმენტის ნომერი:		GE308-203-DW-REP-GEO-00004			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>© 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 გეოლოგიური მოდელების არსი .....	6
1.2 ევოლუციის გეოდინამიკური მოდელი .....	7
1.2.1 კუნძულთა რკალის ვულკანიზმი .....	8
1.2.2 საპროექტო არეალის სტრუქტურული ევოლუცია .....	9
2. ზოგადი გეოლოგია .....	11
2.1 შუა იურული პორფირიტული სერია .....	11
2.2 მეოთხეული ფორმაციები .....	13
2.3 სტრუქტურული გეოლოგია .....	13
3. საინჟინრო გეოლოგია .....	15
3.1 ქანების მასივის მახასიათებლები .....	15
3.1.1 ქანების მასალების მახასიათებლები .....	15
3.1.2 ქანების მასური მახასიათებლები .....	16
3.2 გრუნტის წყლების პირობები .....	17
3.2.1 ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრების პირობები .....	17
3.3 ნიადაგის და ქანების მასივის საინჟინრო მახასიათებლები .....	18
3.4 ქანების მასივების კლასიფიკაციის სისტემები .....	19
3.4.1. ზოგადი მიმოხილვა .....	19
3.4.2. RMR კლასიფიკაციის სისტემა (ბიენიავსკი 1989) .....	20
3.4.3. Q-კლასიფიკაციის სისტემა (RMQ) – (ნ. ბარტონი, რ. ლიენი და ჯ. ლუნდი 1974) .....	20
3.4.4. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013) .....	21
3.4.5. GSI კლასიფიკაციის სისტემა (ე. ჰოეკი, თ. გ. კარტერი, მ.ს. დიდრიში, 2013) .....	22
3.4.6. NATM კლასიფიკაცია და პროცედურა დაპროექტებისას .....	22
3.5 გვირაბის საყრდენის ტიპების ემპირიული დაპროექტება .....	25
3.5.1 შესაყვანი მონაცემების მიწოდება .....	25
3.5.2 გვირაბის საყრდენის ემპირიული ტიპების ზოგადი განხილვა .....	26
3.5.3 ქანების მასივის კლასიფიკაციები პორტალების ადგილას .....	27
3.5.4 გვირაბის საყრდენის ემპირიულად დაპროექტებული ელემენტები .....	32
4. დასკვნები .....	34
5. წამოყენებული ლიტერატურა .....	36

## შანართები:

დანართი - 1: T-2 გვირაბის გეოლოგიური გეგმა და პროფილი

დანართი - 2: გვირაბის გავრცელებული ტიპები, რომლებიც აღჭურვილია შესაბამისი საჭირო ელემენტებით

დანართი - 3: RocLab-ის შედეგები

## 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]} .....	24
სურათი 5: შუა იურული ასაკის ქანების მასივების განზოგადებული GSI კლასიფიკაცია .	28
სურათი 6: ეკვივალენტური ზომები ქანების მასივის ხარისხთან და შესაბამის საყრდენ ელემენტებთან მიმართებაში .....	33

### ზვლევის 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. უირველი „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-2 გვირაბთან, რომელიც განისაზღვრება პიკეტაჟით:

- გვირაბი-2: კმ 26+720 – კმ 26+805 (T-2)

ეს საინჟინრო-გეოლოგიური კონკრეტული ანგარიში ძირითადად ფოკუსირებულია გადატანილი გზის გვირაბის T-2 შემდეგ გეოტექნიკურ ასპექტებზე:

- გვირაბის ზოგადი გეოლოგიური პირობების აღწერა, ძირითადად მითითებული დოკუმენტების [1&2] საფუძველზე, რეგიონული „კონცეპტუალური გეოტექნიკური მოდელის“ შესაბამისი განხილვით, რომელიც შემუშავდა გზის გადატანის პროექტის ადრეულ ეტაპზე.
- არსებობს საფეხმავლო გზა, რომელიც გადის ხშირ ტყეში და მიდის T-2 გვირაბის ჩრდილო-აღმოსავლეთ მონაკვეთთან, რომელიც იხსნება, როგორც ჩანს, პროლუვიურ დანალექებში, რის გამოც არ იძლევა ქანების გაშიშვლების საშუალებას. ხშირი მცენარეული საფარი, მეორე მხრივ, ასევე ართულებს გეოტექნიკური მონაცემების შეგროვებას.
- საკვლევი არეალის სტრუქტურული გეოლოგიის უფრო ფართო გააზრებამ, განსაკუთრებით რიონის კასკადის საბჭოთა პერიოდის გეოლოგიურმა რუკებმა (1957 [1] და საქართველოს გეოლოგიური ინსტიტუტი, საქართველო, 2008, [2] ძალზე ღირებული მონაცემები მოგვცა.
- ზემოთ ნახსენები დოკუმენტების სტრუქტურული გეოლოგიის მონაცემების საფუძველზე, ქანების გამოსვლები ზედაპირზე რიონის ხეობის გასწვრივ

გულდასმით იყო გამოკვლეული დაფენების სიბრტყეების ორიენტაცია, რამაც საბოლოოდ მიგვიყვანა „სინკლინის“ დადასტურებამდე, რომელიც მოსდევს ნამახვანის ანტიკლინს ჩრდილო-აღმოსავლეთის მიმართულებით. გვირაბის განლაგება დაპროექტებულია ამ სინკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთის განშტოებაზე, ქუთაისი-ალპანას გზიდან უფრო მაღალი ნიშნულებისკენ.

- გეოტექნიკური მონაცემების საუკეთესო ნიმუშები, გვირაბის განლაგების მიმართულებით, დაკვირვებულია შენაკადებში, რომლებზეც გადის გზა და რომლებიც ჩადიან დაბლა, რიონის ხეობაში.
- დაკვირვებები, რომლებიც გაკეთდა ამ შენაკადებში, აჩვენებს, რომ დელუვიურ-პროლუვიუმის სისქე მოიცავს დიდ ბლოკებს, წარმოქმნილს ანდეზიტური პორფირიტებისგან.

## **1. შეთოდოლოგია: კონცეპტუალური გონებრივი მოდელები**

### **1.1 გეოლოგია და კონცეპტუალური გეოლოგიური მოდელების არსი**

ძირითადი ასპექტები, რომლებიც განასხვავებს გეოლოგიას სხვა მეცნიერებებისგან, არის „დროის და სივრცის“ კონცეფცია. ზმგვარად, „გეოლოგიური დროის“ უზარმაზარი მასშტაბის გაგება, რომელიც გამოხატულია მილიონობით წლებში, „ანთროპოლოგიურ (ადამიანურ) დროსთან“ შედარებით, აუცილებელია გეოდინამიკური პროცესების გასააზრებლად, რომლებიც მონაწილეობენ დედამიწის ევოლუციაში. შსგავსად ამისა, „სივრცე“, დაწყებული მიკროსკოპული მასშტაბიდან და დამთავრებული კოსმოსური მასშტაბით, ერთნაირად მნიშვნელოვანია კონტინენტური და საოკეანო ფილების მოძრაობის და საპროექტო არეალის მიმდინარე რეგიონული და ადგილობრივი პოზიციის ვიზუალიზაციისთვის ამ აქტიურ ფილებთან მიმართებაში. ამ ყველაფრიდან გამომდინარეობს, რომ წარმატებული გადაწყვეტები, ნებისმიერ შემთხვევაში, დამოკიდებულია გეოლოგიური პირობების ზუსტ განსაზღვრაზე, რაც მოიცავს: ა) საპროექტო არეალის გეოტექტონიკურ ურთიერთქმედებას; ბ) საინჟინრო გეოლოგიას და გ) ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს. ამ რთულ და შრომატევად სამუშაოში, ჩვენ შევეცდებით არსებული ამოცანის გადაწყვეტას კონკრეტულ საფუძველზე, უკუკავშირის მარყუჟის საშუალებით, რაც ქვემოთ არის მოცემული.

#### **ა: თეორიული ასპექტები**

ეს ასპექტები უკავშირდება ფილების ტექტონიკის თეორიის, საინჟინრო გეოლოგიის, და ჰიდროგეოლოგიის საბაზისო კონცეფციებს.

#### **ბ: ექსპერიმენტული ასპექტები**

გამოცდილება ძირითადად უკავშირდება ვიზუალურ გამოსახულებებს, ემპირიულ გამოცდილებას და მეცნიერულ და ტექნიკურ ინტუიციას.

#### **გ: მექანიკური ასპექტები**

კლდოვან გრუნტში „მექანიკური ასპექტები“ ჩვეულებრივ მიუთითებს ზედაპირის ქვეშ კვლევის განხორციელებაზე, განსაკუთრებით, სვეტოვანი (კერნების ამოღებით) ბურღვის საშუალებით. ამ კონტექსტში, ჩვენი პირადი გამოცდილება ამტკიცებს, რომ როგორც ეროვნულ, ისე საერთაშორისო დონეზე, გეოლოგიური ინჟინრების და ინჟინერ-

კონსტრუქტორების უმეტესობა აფუძნებს თავიანთ მუშა მოდელს სვეტოვანი ბურღვის საფუძველზე. თუმცა, ჩვენი მიდგომა, „მოდელირების“ განსაზღვრებასთან დაკავშირებით, მდგომარეობს იმაში, რომ გამოვიყენოთ ზედაპირის ქვეშ ბურღვით მიღებული მონაცემები, ზოგადი ტენდენციის საპირისპიროდ, ჩვენი კონცეპტუალური გეოტექნიკური, საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მოდელების დასადასტურებლად.

რა თქმა უნდა, ჩვენ მხარს ვუჭერთ კერნების ბურღვას და ნიმუშების ამოღებას, იმ პირობით, თუ ტერიტორია და ტოპოგრაფიული პირობები ხელს უწყობს ამგვარი კვლევის ჩატარებას. მაგრამ ეს არ ნიშნავს აუცილებლად იმას, რომ კერნებიდან მიღებული მონაცემების არარსებობა, რაც გამოწვეულია მძიმე პირობების და წვდომის სირთულით, დიდად აზარალებს პროექტს. ეს ძირითადად იმიტომ ხდება, რომ ჩვენ განვიხილავთ ამოღებულ ნიმუშებს გეოტექტონიკური, საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური მონაცემების „შემცირებულ პროდუქტად“, შესაბამისად, ჩვენ, ინჟინრებმა, ჯერ უნდა ვიცოდეთ, თუ რას ვამცირებთ.

## 1.2 ევოლუციის გეოდინამიკური მოდელი

წილების ტექტონიკის თეორიის თვალსაზრისით, დედამიწა არის დინამიური პლანეტა მისი მუდმივად მოძრავი კონტინენტებით, და ტექტონიკური ფილების საზღვრების შემდეგი ტიპებით: დივერგენტული (ფილები ერთმანეთს შორდება), კონვერგენტული (ფილები ერთმანეთს უახლოვდება), და ტრანსფორმირების (ნეიტრალური, ფილები ერთმანეთის გასწვრივ მოძრაობს). ეს ტექტონიკური პროცესები, რომლებიც მუდმივად ხდება დედამიწის ქერქში, ძალზე რთულია და მათზე პირდაპირი დაკვირვება შეუძლებელია. ჩვენა ერთი გზა დედამიწის სირთულის გასაგებად: ვიფიქროთ მასზე, როგორც „სისტემაზე“. ღმ შემთხვევაში სისტემა განისაზღვრება, როგორც „დაკავშირებული ნაწილების ერთობლიობა, რომლებიც ურთიერთქმედებენ ორგანიზებული სახით“. ჭაგრამ სისტემას სჭირდება „ინტერფეისი“ (მაკავშირებელი), რომელიც დაგვეხმარება გავიგოთ მისი მუშაობა, რომ დავაფუძნოთ ის კონკრეტულ საფუძველზე. ეს ინტერფეისი არის „გეოდინამიკური მოდელი“, რომელიც წარმოადგენს სისტემის პროცესებს, რომლებიც გამოყენებულია „მოვლენების“ აღწერის და განმარტებისთვის, არაპირდაპირი მტკიცებულებების საშუალებით. ამ მიზნით ნაგულისხმევია „ფილების ტექტონიკური თეორიის“ გამოყენება, რომელიც საშუალებას გვაძლევს მოვახდინოთ სისტემის შესაბამისი ნაწილების ინტეგრაცია. წილების ტექტონიკური თეორია შემუშავებული იყო ამომწურავი „მაღალი დონის აბსტრაქტული აზროვნების“ საშუალებით. შესაბამისად, თეორიის



გამოყენება აუცილებლად მოითხოვს „ვიზუალურ გამოსახულებებს, ემპირიულ გამოცდილებას და მეცნიერულ ინტუიციას“.

რეგიონული ან გლობალური თვალსაზრისით, კავკასიონის სტრუქტურა და გეოლოგიური ისტორია ძირითადად განსაზღვრულია მისი პოზიციით ევრაზიულ და აფრიკა-არაბეთის ლითოსფეროს ფილებს შორის, რომლებიც კვლავაც ერთმანეთისკენ მოძრაობენ, კონტინენტური შეჯახების ფართო ზონაში. გვიან პალეოზოურ და ადრეულ კაინოზოურ ერას შორის, რეგიონი ეკუთვნოდა თეტიისის ოკეანეს და მის ევრაზიულ და აფრიკა-არაბეთის საზღვრებს, სადაც არსებობდა კუნძულთა რკალის, რკალთაშორისი რღვევების, რკალმიღმა აუზების სისტემა, დამახასიათებელი რეგიონის ევოლუციის დაჯახებამდე ეპოქისა [4]. ფილების ტექტონიკის თეორიის თვალსაზრისით, საპროექტო არეალი მდებარეობს ტრანსკავკასიურ მასივში, რომელიც არის პალეოზოურ-ადრეული კაინოზოური კუნძულთა რკალის ოროგენი. დიდი კავკასიონი, მეორე მხრივ, წარმოადგენს კონტინენტთაშორის ნაოჭა-შეცოცებათა სამთო სისტემას, წარმოშობილს დაჯახებამდე არსებული რკალმიღმა აუზიდან, აფრიკა-არაბეთის და ევრაზიის ფილების დაახლოების შედეგად. გვირაბის პროექტის ამ კონკრეტული თვალთახედვიდან, გეოტექტონიკური ევოლუციის ორი ასპექტია მნიშვნელოვანი, როგორც ქვემოთ არის განხილული.

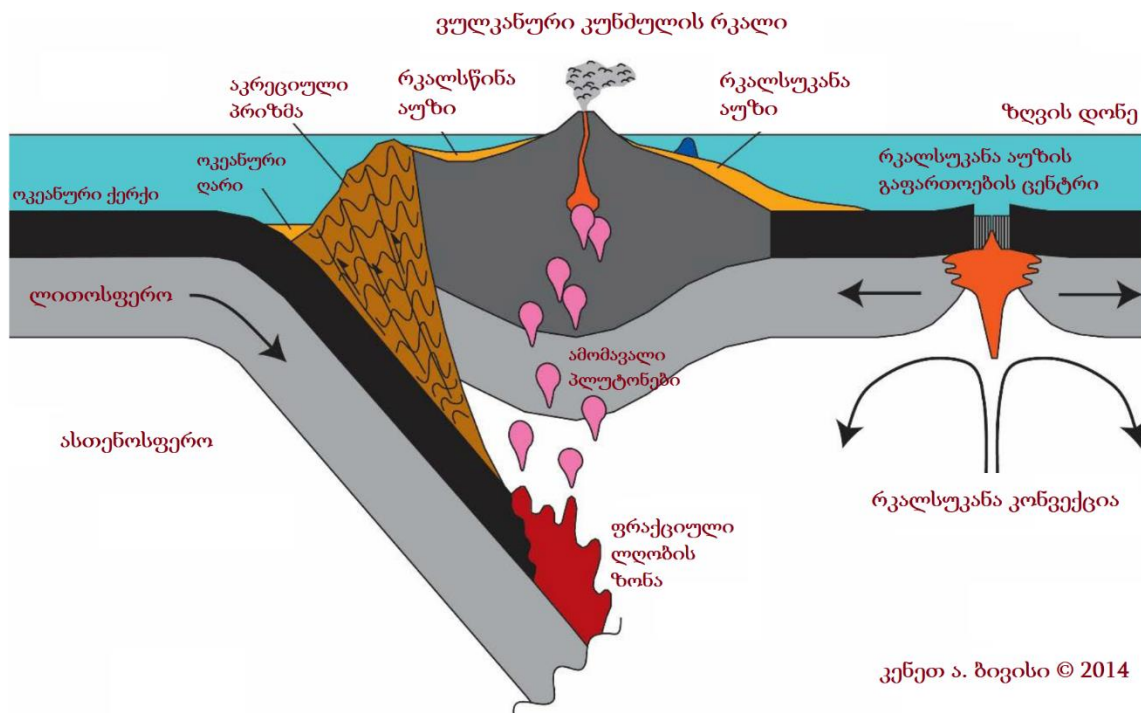
### 1.2.1 კუნძულთა რკალის ვულკანიზმი

კუნძულთა რკალები წარმოიქმნება, როდესაც ორი საოკეანო ფილა ერთმანეთს უახლოვდება (კონვერგენცია, ოკეანე-ოკეანე, სუბდუქცია), რაც წარმოქმნის ვულკანური კუნძულების მწკრივს ზემოთ მყოფი ფილის თავზე. სუბდუქციის პროცესში მყოფი ფილა - ოკეანის ფილის წამყვანი კიდე - იწყებს დნობას, რადგან ის იძულებულია ჩავიდეს დაბლა ქერქში და ზედა მანტიაში, კუმშვის გამო, რაც გამოწვეულია ოკეანის გადანაცვლებული ფსკერით, რომელიც უკან რჩება. ეს გეოდინამიკური პროცესი, ჩვენს კონკრეტულ შემთხვევაში, მოხდა პალეოთეტიის ოკეანის რღვევის ზონაში, როდესაც ოკეანის ფილის სამხრეთმა კიდე დაიწყო ჩრდილოეთის მიმართულებით ჩაძირვა, სუბდუქცია ჩრდილოეთის საოკეანო ფილის ქვეშ. კუნძულთა რკალი, რომელიც წარმოიქმნა ფილების კონვერგენციის ამ აქტივობით, ამჟამად წარმოდგენილია - დასავლეთიდან აღმოსავლეთისკენ - პონტოს მთების აღმოსავლეთ ნაწილი თურქეთში, ტრანსკავკასია საქართველოში და ირანის ბლოკი აღმოსავლეთით. სუბდუქციის ამ პროცესის საბოლოო პროდუქტი არის ქვემო ნამახვანის ჰესის კაშხლის ადგილას შუა იურული ასაკის პორფირიტული სერიის (ვულკანოგენურ-დანალექი ქანები) და მისი კუთვნილი



სტრუქტურების ფორმირება. ამ ტექტონიკური პროცესის დროს ქანების ფორმირების ეპიზოდები ქვემოთ არის მოცემული:

- პორფირიტული სერიის ვულკანური ქანები წარმოადგენს კუნძულთა რკალის ვულკანიზმის საწყის პროდუქტებს, რაც მოიცავს პიროკლასტურ ქანებს ლავის ხშირი ნაკადებით.
- ვულკანიზმის მიმდინების პერიოდებში, პირველ პლანზე გამოდის ეროზიის აგენტების ზემოქმედება, რომლებიც სხვადასხვა ზომის ნაწილებს აძრობენ წინათ ჩამოყალიბებულ ვულკანურ მასებს, რაც საბოლოო ჯამში იწვევს ნალექი ქანების დალექვას.
- კუნძულთა რკალის არეალში, ეს ორი პროცესი მონაცვლეობით ხდება, რაც სრულდება ვულკანური და დანალექი ქანების დალექვით.



**სურათი 1:** ტექტონიკური ფორმირების 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.

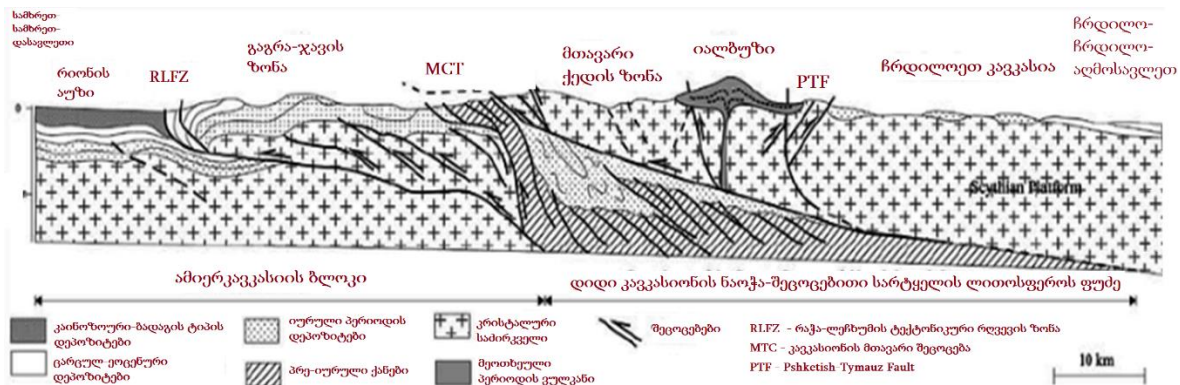
### 1.2.2 საპროექტო არეალის სტრუქტურული ევოლუცია

რიონის აუზი, რომელიც მდებარეობს დიდ და მცირე კავკასიონს შორის, მიმდინარე ინვერსიული ტექტონიკის შესანიშნავი მაგალითია. რეგიონული კუთხით, სტრუქტურულმა ინვერსიამ ხელი შეუწყო კრისტალური ფუნდამენტის აუზის

მაკონტროლებელ სამხრეთ-ვერგენტულ მოძრაობას კუმშვითი ტექტონიკის პერიოდში. შედეგად ინდივიდუალურმა ნასხლეტებმა სიღრმეში შეინარჩუნეს გაფართოება და ზედა მხარეში ანტიკლინურ ზრდასთან დაკავშირებული შეკუმშვა აჩვენეს. რეგიონულ დონეზე ეს საწინააღმდეგო მოძრაობები წარმოდგენილია მთავარი კავკასიური შეცოცებით (MCT) და რაჭა-ლეჩხანის ნასხლეტების ზონით (RLFZ). პროექტის არეალი მდებარეობს ჯავა-გაგრის ზონაში, ლიტერატურაში ცნობილი, როგორც „გონის მასივი“, სადაც სამხრეთ-ვერგენტული ცარცული კირქვის მასებიფარავს კუნძულთა რკალებისგან წარმოშობილ შუა იურულ პორფირულწყებებს.

ამ სამხრეთ-ვერგენტული რეგიონული ტექტონიკური მოძრაობის მნიშვნელოვანი სტრუქტურული ასპექტები, გვირაბის გაყვანის თვალსაზრისით, შეიძლება შემდეგნაირად ჩამოყალიბდეს:

- განსაკუთრებით, ნაოჭების განვითარება ანტიკლინების და სინკლინების თვალსაზრისით კუნძულთა რკალიდან წარმოშობილ შუა იურულ პორფირიტულ სერიაში რიონის მთელი ხეობის გასწვრივ.
- გვირაბი მდებარეობს სინკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ განშტოებაზე, ნამახვანის ცნობილი ანტიკლინის შემდეგ.



დიდი კავკასიონის ცენტრალური ნაწილის ჭრილი აჩვენებს სამხრეთ-ვერგენტულ მთელ სარტყელს და სარტყელის მთავარ შეცოცხებას ტრანსკავკასიაზე (დოტლევი, 1987). (ჭრილის მდებარეობა ნაჩვენებია სურათზე 2.)

**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

კვლევები ნამახვანის კასკადის ზოგადი გეოლოგიური პირობების შესახებ იწყება 1938 წლიდან და გრძელდება დოკუმენტირებული სახით 1976 წლამდე საბჭოთა პერიოდის განმავლობაში. პორფირიტული სერიის ფორმაციების ზოგადი გეოლოგიური მახასიათებლები, რომლებიც ქმნიან საძირკვლის ქანებს გადატანილი გზის გვირაბებისთვის, შემუშავებულია მითითებულ დოკუმენტში [1&2]. შესაბამისად, მკითხველის კომფორტისთვის, აქ მოყვანილი იქნება მხოლოდ შესავალი ინფორმაცია ქვეწყებების შესახებ სურათზე 3.

### 2.1 შუა იურული პორფირიტული სერია

შუა იურული პერიოდის, ბაიოსური ასაკის ქანების ფორმაციები მდებარეობს რიონის ხეობის გასწვრივ გუმათის და ტვიშის სოფლებს შორის, დაახლოებით 20 კმ-ის მანძილზე. წინა კვლევებში, ეს გეოლოგიური ფორმაციები წარმოდგენილია, როგორც პორფირიტული სერია. მათ ასევე მოიხსენიებენ, როგორც ვულკანოგენურ-დანალექ ფორმაციებს ზოგიერთ შემთხვევაში.

ბაიოსური ასაკი დაყოფილია სამ ქვედანაყოფად: ქვედა ბაიოსური (J2b1), შუა ბაიოსური (J2b2) და ზედა ბაიოსური (J2b3). ამ ქვედანაყოფების მდებარეობა მათ მოკლე აღწერასთან ერთად ნაჩვენებია გამარტივებულ სვეტოვან ჭრილში (სურ. 3).

#### ა: ქვედა ბაიოსური წყება (J2b1)

ქვედა ბაიოსური წყების მხოლოდ ზედა ნაწილი გამოდის ზედაპირზე საპროექტო არეალში, შეადგენს რა ფუნდამენტის ქანს ანტიკლინური და სინკლინური სტრუქტურებით. ეს ერთეული არ გამოდის ზედაპირზე რიონის კასკადის ქვედა ზონებში, მაგალითად, ქვემო ნამახვანის ჰესის პროექტის მიმდევანი გვირაბის (HRT) გასწვრივ. ტიპური გაშიშვლებები ჩანს ლეხიდარის შენაკადსა და სოფელ ბენტკოულას შორის, ანტიკლინის სამხრეთ განშტოების ზედაპირზე. ზედაპირული საველე კვლევები აჩვენებს, რომ პირველ რიგში, ეს წყება ქმნის ძალიან ჩვეულებრივი „ფლიშის“ ფორმაციის შთაბეჭდილებას. ის ძირითადად შექმნილია ღია ნაცრისფერი ტუფებით, არგილიტებით, მიკრობრექჩიით, ტუფოგენური ქვიშაქვებით, ალაგ-ალაგ ავგიტ-ლაბრადორიტი პორფირიტებით. განსაკუთრებით კარგად განვითარებული დაფენების სიბრტყეები

გამორჩეულია მათი გასაშუალოებული ორიენტაციით 225/40<sup>1</sup>. ხაზი უნდა გავუსვათ, რომ წყება J2b1 შეადგენს ნამახვანის ანტიკლინის ბირთვის, რომელიც სტრუქტურულად გადამწყვეტ როლს თამაშობს მიმყვანი გვირაბის გეოტექნიკურ შეფასებებში.

### **ბ: შუა ბაიოსური წყება (J2b2)**

ფორმაციები, რომლებიც მონაწილეობენ შუა ბაიოსურ წყებაში (J2b2), თავის მხრივ იყოფა 6 ქვეწყებად, რომლებიც ძირითადად ერთმანეთში არეულია ბუნებრივი მახასიათებლების და კუნძულთა რკალის ვულკანიზმის გამო. ყველა ეს ქვეწყება გამოდის ზედაპირზე მიმყვანი გვირაბის განლაგების გასწვრივ და დაკვირვების საგანია ქუთაისი-ალპანას არსებული გზის ქანების ამოღებების მიმდევრობაში, რომელიც გარს ერტყმის მიმყვან გვირაბს ჩრდილო-დასავლეთიდან. შესაბამისად, კონტრაქტორის ინჟინერი კარგად იცნობს ამ ქანის მასივების საინჟინრო ყოფაქცევას. ამ ექვს ქვეწყებას შორის, მხოლოდ ორი, კერძოდ J2b2-5 და J2b2-6, როგორც დაკვირვება გვაჩვენებს, ქმნის გადატანის გვირაბების სამიწკვლის ქანებს, რომლებიც შუა ბაიოსურ წყებებში გადიან; შემდგომ ტექსტში მხოლოდ ეს ორი ქვეწყება იქნება აღწერილი.

#### **ბ1: J2b2-5 ქვეწყება**

ან ქვეწყების ტიპური გაშიშვლებები აშკარად ჩანს ქვემო ნამახვანის კაშხლის უშუალო სიახლოვეს აღმა და დაღმა მიმართულებით. ადგილზე კვლევების თანახმად, რომლებიც შესრულებულია შენაკადებში, სადაც გამოფიტულმა ფენებმა ეროზია განიცადეს, ფორმაცია შედგება ტუფოგენური ქვიშაქვებისგან, რომლებშიც ალაგ-ალაგ ჩართულია ფიქლები.

#### **ბ2: J2b2-6 ქვეწყება**

ეს ფორმაცია შეადგენს ქვემო ნამახვანის კაშხლის ადგილს, რომელიც მდებარეობს ნამახვანის ანტიკლინის ჩრდილოეთ განშტოებაზე. ტიპური გაშიშვლებები ჩანს ქუთაისი-ალპანას არსებულ გზაზე და საკვლევ შტოლნებში, რომლებიც გახსნილია საბჭოთა პერიოდში. ეს გაშიშვლებები ავლენს ქანის მასალის და მასური მახასიათებლების საუკეთესო ნიმუშებს. ამის თანახმად, ფორმაცია ძირითადად შედგება ანდეზიტური პორფირიტებისგან, როგორც დადგინდა შლიფის ანალიზით და ზოგადად აქვს მასიური სტრუქტურა. ანდეზიტურ პორფირიტებს ალაგ-ალაგ ახლავს უხეში ბრექჩიები, რომლებიც არის ვულკანური ზემოქმედების პროდუქტი. J2b2-6 ქვეწყების სხვა გაშიშვლებები

<sup>1</sup> აღნიშნავს, შესაბამისად, დაქანების მიმართულებას და მნიშვნელობას

მდებარეობს რიონის კასკადის ზედა მონაკვეთებში, ლეხიდარის შენაკადის ჩრდილოეთით, და შეადგენს მდინარე რიონის ორივე ნაპირს.

## 2.2 მეოთხეული ფორმაციები

საპროექტო არეალის ახალგაზრდა ფორმაციები ძირითადად წარმოდგენილია პროლოვიურ/დელუვიური და კოლივიურ/ალუვიური ნალექებით. ამ ნალექებს შორის, დელუვიურ-პროლოვიურ დანალექებს, რომლებიც ზედაპირზე გამოდიან გვირაბის განლაგების ცალკეულ ნაწილებში, მნიშვნელობა აქვთ შემდეგი მიზეზის გამო: ა) მათ შეუძლიათ შეადგინონ არსებითი საფარი გვირაბის ზემოთ, რაც შეამცირებს ქანის გადატვირთულ სისქეს და ბ) მათ შეუძლიათ იმოქმედონ, როგორც წყალშემცველმა ფენამ, რომელიც წყალს აწოდებს გვირაბს.

## 2.3 სტრუქტურული გეოლოგია

როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, საპროექტო არეალი არის სუბდუქციასთან დაკავშირებულ კვლავ მიმდინარე ტექტონიკური აქტივობის შეკუმშვის ძაბვის ქვეშ, ამას ემატება სამხრეთ-ვერგენტული მოძრაობები დიდ კავკასიონში სტრუქტურული ინვერსიის გამო, რაც იწვევს უკუ-შეცოცების ფორმირებას. ყველა ეს ტექტონიკური აქტივობა იწვევს ნაოჭების განვითარებას და ლოკალურ რღვევებს რიონის კასკადის გასწვრივ. ამ სტრუქტურებს შორის, განსაკუთრებით ნაოჭები, წარმოდგენილი ანტიკლინების და სინკლინების მიერ, თამაშობენ გადამწყვეტ როლს გრუნტის პირობებში და განსაზღვრავს გვირაბების განლაგებების სტაბილურობაში. ეს თემა განვითარებული იქნება შესაბამის დროს 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 დამრეცხული, ტუფოგენური ქვიშაქვა, ადგილებში ბრექჩით
		J2b2-4	სქლად ან საშუალოდ დამრეცხული, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩით
		J2b2-3	საშუალოდ ან წვრილად დამრეცხული, წვრილმარცვლოვანი ტუფოგენური ალევროლიტი, ადგილებში მიკრობრექჩით
		J2b2-2	მასიური, ტუფოგენური ქვიშაქვა ბრექჩით
		J2b2-1	საშუალოდ და წვრილად დამრეცხული, წვრილმარცვლოვანი 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**

ქანების მასივების საინჟინრო-გეოლოგიური ქცევა ძირითადად განპირობებულია: ა) ქანის მასივის მახასიათებლებით და ბ) გრუნტის წყლებით. ეს ტერმინები მოკლედ არის აღწერილი ქვემოთ, რომ დავადგინოთ ინფრასტრუქტურა ქანის მასივის ემპირიული კლასიფიკაციისთვის.

#### **3.1 .ქანების მასივის მახასიათებლები**

„გადატანილი გზის გვირაბების“ საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევები ეფუძნება ქანების მასივის მახასიათებლების კონცეფციას, რომელიც განსაზღვრულია, როგორც „ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მონაცემების შეგროვების და ანალიზის პროცესი, რომელიც იძლევა მნიშვნელობებს და აღწერის ტერმინებს ქანების მასივის გეომეტრიული და მექანიკური მახასიათებლებისთვის“.

ქანების მასივი არის მატრიცა, რომელიც შედგება ქანების მასალისგან და ქანების წყვეტებისგან. ქანების მასალის მახასიათებლები გაზომვადია და/ან აღწერადია ლითოლოგიურ მახასიათებლებში, რომლებიც შეიძლება შეფასდეს ხელის ზომის ნიმუშებით ან ტესტირება ჩაუტარდეს ლაბორატორიაში. ქანების მასივის მახასიათებელს განსაზღვრავს დაუზიანებელი ქანების მასალის მახასიათებლები და წყვეტები, რომლებიც განვითარებულია ქანში.

შესაბამისად, ქანების ნაპრალები და სხვა წყვეტები წამყვან როლს თამაშობს ქანების მასივის ქცევაში და მახასიათებლებში. ამ თვალსაზრისით, ნაპრალების სისტემები, ორიენტაცია, დამორება, აპერტურა, ზედაპირის სიმქისე და გამოფიტვის და მონაცვლეობის მდგომარეობა წარმოადგენს ქანების მასივის პარამეტრების ძირითად მახასიათებლებს. ქვემოთ ეს მახასიათებლები მოკლედ არის აღწერილი, რომ შევქმნათ ქანების მასივების ემპირიული კლასიფიკაციის ინფრასტრუქტურა.

#### **3.1.1 ქანების მასალების მახასიათებლები**

გეოტექნიკურ ინჟინერიაში, „დაუზიანებელი ქანი“ მიუთითებს ან ხელის ზომის ნიმუშზე ან კერნის ნიმუშზე, რომელსაც საერთოდ არ აქვს „წყვეტები“. შესაბამისად, საინჟინრო-გეოტექნიკური აზრით, პრიორიტეტულია შემდეგი ხარისხობრივი და რაოდენობრივი მახასიათებლები:

**ა: ხარისხობრივი მახასიათებლები**

ეს თვისებები ძირითადად წარმოდგენილია ქანის ტიპით, პირველადი შეღწევადობით და გამოფიტვის ხარისხით. ამათ შორის ქანის ტიპი და გამოფიტვის მდგომარეობა იმსახურებს სპეციალურ ყურადღებას GSI ქანების კლასიფიკაციის სისტემაში. ამ კონტექსტში, ხაზი უნდა გავუსვათ, რომ დაუზიანებელი ქანის გამოფიტვის მდგომარეობა განისაზღვრება წყვეტის ზედაპირების მდგომარეობით; შესაბამისად, როდესაც ვიყენებთ GSI ცხრილებს, ეს ხარისხობრივი მახასიათებელი უნდა შეესაბამებოდეს ქანის მასალის ერთდერძა კუმშვის სიმტკიცის ზღვარის ქვემოთ ნახსენებ რაოდენობრივ მახასიათებელს.

### **ბ: რაოდენობრივი მახასიათებლები**

ქანის მასალის ყველაზე მნიშვნელოვანი პარამეტრები არის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას (კუმშვის მიმართ წინაღობა) და დეფორმაციის მოდული. მაგრამ, როგორც ზემოთ იყო განმარტებული, დაუზიანებელი ქანის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვისას განისაზღვრება პირობებით წყვეტების ზედაპირებზე; ამგვარად, მას აქვს პირდაპირი კავშირი ქანის მასალის მახასიათებლებთან.

### **3.1.2 ქანების მასური მახასიათებლები**

მასური მახასიათებლების ზოგად სპექტრში, წყვეტებს დომინანტური ადგილი უკავიათ და შეადგენენ ქანების მასივების გეომეტრიული მახასიათებლების ძირითად ნაწილებს. ამ მახასიათებლებს შორის, რაოდენობრივ აღწერებს უპირატესობა აქვთ ხარისხობრივ აღწერებზე, როგორც ეს მოცემულია ქვემოთ.

### **ა: ხარისხობრივი მახასიათებლები**

ამ სფეროს შეიძლება მივაკუთვნოთ „გვერდითი ქანის“ აღწერა, ნაპრალების ანალიზის ნაწილი და „შემთხვევითი ნაპრალები“.

### **ბ: რაოდენობრივი მახასიათებლები**

ყველა ეს მახასიათებელი უკავშირდება „წყვეტებს“ და სტრუქტურებს, რომლებიც მოცემულია ქვემოთ:

- ცალკეული დაფენილი სიბრტყეების და ნაპრალების მიმართება და დაქანება, მაგრამ სხვა წყვეტები, როგორიც არის რღვევა და ძვრის სიბრტყეები, არ არის გამორიცხული
- ნაპრალების ანალიზი: დამორება, ორიენტაცია, განცალკევება
- ნაპრალის დაძაბულობა.

ქანის მასალის და ქანების მასივის მახასიათებლების აღწერისას, “BS5930:1999, ISRM: 2014 და ქანების კლასიფიკაციის გაერთიანებული სისტემა“ იყო გამოყენებული, გავრცელებული გეოლოგიური პირობების მიხედვით.

### 3.2 გრუნტის წყლების პირობები

#### 3.2.1 ჰიდროგეოლოგიური პარამეტრების პირობები

ქანების ფორმირების მიწისქვეშა პირობები, რომლებიც გვირაბის მოწყობას განსაზღვრავენ, განხილული იქნება ჰიდროლოგიური მოწყობის ტერმინების „წყლიანი ჰორიზონტი, აკვიტარდი, აკვიკლუდი და აკვიფუჟი“ ფარგლებში. იმავდროულად, პირველადი და მეორეული გამტარობის ცნება თითოეული ქანის ფორმირებისთვის ნახსენები იქნება იქ, სადაც საჭიროება მოითხოვს. მაგრამ წინასწარ საჭიროა მეხსიერების გამოცოცხლება „ფორებისა და გამტარობის“ ცნებებისთვის, რომლებიც მიწისქვეშა მოძრაობისთვის გადამწყვეტია.

სიტუაციების გადატანისთვის ქანის მასის ტევადობა არის „გამტარობა“. ეს პარამეტრი დამოკიდებულია არამარტო ფორიანობაზე, არამედ ფორებისა და ნახეთქების ზომაზე და მათ ურთიერთკავშირზე. ამ გაგებით, საკითხის მთავარი არსი არის „ფორების ურთიერთკავშირი“, რომელიც მოიცავს დაუზიანებელი ქანის ფორებს და ქანების მასივის წყვეტებს, ქანის ფენებიდან ბზარებამდე და უსწორმასწორო ნახეთქებამდე, რაც საბოლოოდ ფარავს მსხვილმასშტაბიან სტრუქტურებს, როგორიცაა ნაოჭები და ნახსლეტები. ამ წინაპირობების საფუძველზე მოკლედ აღიწერება შემო მოცემული ჰიდროლოგიური მოწყობის ტერმინები.

**Aquifer/აკვიფერი:** (აკვიფერი): ფორივანი და შეღწევდი ფენა, რომელსაც შეუძლია წყლის არსებითი მოცულობის გატარება (მაგ. ქვიშის/ხრემის დახეთქილი ქანები).

**Aquiclude/აკვიკლუდი:** წყალშეუღწევი ფენა, რომელსაც არ შეუძლია წყლის არსებითი მოცულობის გატარება (მაგ. მკვრივად შეკუმშული თიხიანი ქანები, კრისტალური დაუბზარავი ქანები).

**Aquitard/აკვიტარდი:** ფენა, რომელიც აფერხებს, მაგრამ არ აღმოფხვრის წყლის დინებას მომიჯნავე აკვიფერიდან და აკვიფერისკენ.

„ნახსილველი საგზაო გვირაბების მიწისქვეშა პირობების განმარტება დაეფუძნება ამ ჰიდროგეოლოგიურ მოწყობებს.

### 3.3 ნიადაგის და ქანების მასივის საინჟინრო მახასიათებლები

T-2 გვირაბის განლაგების გეოტექნიკური პირობები, ინტერპრეტირებული ზემოთ ნახსენები ქანების მასივის მახასიათებლების და გრუნტის წყლების პირობების თვალსაზრისით, იწვევს შემდეგ შედეგებს:

- გვირაბის მარშრუტი მდებარეობს სინკლინის ჩრდილო-აღმოსავლეთ განშტოებაზე, შედგება ტუფოგენური ქვიშაქვისგან, რომელშიც ჩართულია ფიქლები. ქანების ამ ფენის ქვეშ მდებარეობს სინკლინის ანდეზიტური პორფირიტები, რომლებიც ქუთაისი-ალპანას არსებული გზის ზედაპირზე გამოდიან, როგორც შვერილები.
- მორფოლოგიურად, გვირაბის მარშრუტი მდებარეობს სუსტის ქანის დეპრესიაში (ქვაბულში), რომელსაც სამხრეთ-დასავლეთიდან და ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან გარს ერტყმის ანდეზიტური პორფირიტის უფრო კომპეტენტური ქანი, რომელიც ზედაპირზე გამოდის შვერილების სახით გვირაბის მარშრუტის გასწვრივ. ტუფოგენური ქვიშაქვის მკვეთრ საზღვრებზე, ანდეზიტური პორფირიტები დამსხვრეული ჩანს და იძლევა დიდი ზომის ქანის ნაწილაკებს, რაც, სავარაუდოდ, დანაოჭების შედეგია. ამ არგუმენტის მტკიცებულება კარგად ჩანს შენაკადებში, სქელი პროლუვიური დანალექების შექმნით, რომლებიც ჩამორეცხილია უფრო მაღალი ადგილებიდან.
- პროლუვიურ/დელუვიური სისქე, რომელიც ნახაზებზე დაახლოებით 5.0 მ არის აღნიშნული, ეფუძნება კვლევას, რომელიც ჩატარდა შენაკადების დაბალ ზონებში. ეს სისქე გაცილებით მეტი შეიძლება იყოს უფრო მაღალ სიმაღლეებზე, განსაკუთრებით სინკლინური მორფოლოგიის შედარებით დამრეც ფერდობებზე.
- მორფოლოგიური ფაქტი, რომ მაქსიმალური დატვირთვა გვირაბზე არის დაახლოებით 30 მ: გარდა ქანების ცუდი მდგომარეობისა, პროლუვიური ფენის ცვალებადმა სისქემ შეიძლება ხელი შეუშალოს გვირაბის გეოტექნიკურ მიზანშეწონილობას. გარდა ამისა, უფრო სქელი პროლუვიური საფარის შესაძლებლობა დანამდვილებით შექმნის სერიოზულ პრობლემებს სტაბილურობის თვალსაზრისით როგორც პორტალის სათავისზე, ასევე მიწისქვეშა ექსკავაციის „პორტალის მონაკვეთზე“.

ქვემოთ მოცემული T-2 გვირაბის დეტალები მთლიანად დაფუძნებული უნდა იყოს ზემოთ ნახსენებ გეოტექნიკურ მონაცემებზე, რომ დავინახოთ გეოტექნიკური შედეგები რიცხვების საფუძველზე.

### 3.4 ქანების მასივების კლასიფიკაციის სისტემები

#### 3.4.1. ზოგადი მიმოხილვა

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 არისქანების 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:ზხარიანი ქანების მასივის გეომექანიკური კლასიფიკაცია (RMR-Bieniawski, 1989) დაქანების 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].

ჟეორე მხრივ, GSI კლასიფიკაციაში ქანების მასივის „წყვეტების სტრუქტურა და პირობები“ იძლევა გრაფიკულ გამოსახულებებს, რაც მოითხოვს ვიზუალურ გამოსახულებებს ქანების მასივის რიცხვობრივი კლასიფიკაციების საფუძველზე. ჟაგრამ GSI კლასიფიკაციის გადაწყვეტი გეოტექნიკური ასპექტი არის ის, რომ ის არასდროს ყოფილა გამიზნული, როგორც RMR და Q სისტემების ჩამნაცვლებელი, რადგან მას არ გააჩნია ქანების მასივის გაძლიერების ან საყრდენი გეგმის შესაძლებლობა. GSI გამოიყენება ჰოეკ-ბრაუნის მეთოდში მიწისქვეშა ან ზედაპირული გათხრების რიცხვობრივი ანალიზისთვის საჭირო

პარამეტრების შეფასებისთვის ქანებში. უამოყენებადი ხდებაკლასიფიკაციის 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. შუორე მხრივ, NATM მეთოდი გამოყენებული უნდა იყოს ინტენსიურად, როცა „დაპროექტების პერიოდის პროცედურა“ დეტალურად არის აღწერილი.

### 3.4.2. RMR კლასიფიკაციის სისტემა (ბიენიავსკი 1989)

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

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

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.

### 3.4.3. 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. ღუმცა Q-კლასიფიკაცია ძლიერია საყრდენის რეკომენდაციების მოცემაში მანძილების დიდ



დიაპაზონში, ის სუსტია საყრდენის გარეშე მდგრადი დგომის დროის პროგნოზირებაში ექსკავაციისთვის, რომელსაც არ აქვს საყრდენი.

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

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

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

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

1980-იან წლებში, ჰოეკმა 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 (ჰოეკი, 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.

### 3.4.5. 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

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

### 3.4.6. 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]]

### 3.5 გვირაბის საყრდენის ტიპების ემპირიული დაპროექტება

#### 3.5.1 შესაყვანი მონაცემების მიწოდება

ყველა შრომატევადი სამუშაო კონცეპტუალური მოდელის დასადგენად, გეოდინამიკური ევოლუციიდან საინჟინრო გეოლოგიამდე და ჰიდროგეოლოგიამდე, მიმართულია საყრდენის ემპირიული ტიპების გააზრებული პროგნოზირებისკენ T-2 გვირაბის თითოეული კონკრეტული მონაკვეთისთვის, ქანების მასივის ემპირიული კლასიფიკაციის სისტემის საშუალებით. ამ კონტექსტში, ძირითადად გამოყენებულია ოთხივე ემპირიული მოდელის, კერძოდ: Q, RMR, GSI და NATM-ის ძლიერი ასპექტები და შესაბამისად, შემდეგი გეოტექნიკური პროცედურები იქნა გამოყენებული შესაყვანი მონაცემების მიწოდებისთვის.

- „საყრდენის ემპირიული ტიპების“ ინტერვალები ეფუძნება RMR და Q კლასიფიკაციის სისტემების კომბინაციას, ძირითადად იმიტომ, რომ RMR-ის გამოყენება ადვილია სავსე პირობებში, ხოლო Q კლასიფიკაცია იძლევა საყრდენის შესახებ ემპირიულ რეკომენდაციებს გვირაბის მალეების ფართო დიაპაზონისთვის.
- GSI ცხრილის საბოლოო ვერსია არის გამოყენებული თითოეული კონკრეტული საყრდენის ტიპის საშუალო ინტერვალისთვის (სურ. 5).
- NATM გამოყენებულია ქანების მასივის ტიპის და ქანების მასივის ქცევის ტიპებისთვის, რომ შეფასდეს სტაბილურობის პირობები მშენებლობის ეტაპზე.
- GSI ცხრილის ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი, მაგრამ, როგორც წესი, შეუმჩნეველი ასპექტი არის ის, რომ ის ასევე მოიცავს ქანის მასალის „დაუზიანებელი ქანის სიმტკიცეს“ „წყვეტების რაოდენობრივი აღწერის შეთავაზებული მეთოდების“ არაპირდაპირ მტკიცებულებასთან ერთად, სადაც გამოფიტვა წარმოადგენს წყვეტებს „ქანის მასალის“ გამოფიტვასთან დაკავშირებით. GSI ცხრილში ეს ასპექტი განსაზღვრულია ქანის მასალის „ზედაპირულ პირობებში“, რომელიც ჩვენ გამოვიყენეთ ქანის მასალის „ადგილზე ქანის სიმტკიცის“ განსაზღვრისთვის. გარდა ამისა, ქანის მასალის (დაუზიანებელი ქანის) სიმტკიცის ზღვარი ერთდერძა კუმშვაზე ცალკე იყო დადგენილი ადგილზე, ქანების კლასიფიკაციის ერთიანი სისტემის პროცედურების გამოყენებით მსგავსი ქანების გაშიშვლებაზე, არსებულ გზაზე და შემდეგ ამ მნიშვნელობის პროექტირებით გვირაბის დონეზე, ემპირიული გამოცდილების საფუძველზე.

- Q, GSI და RMR კლასიფიკაციებს შორის გარდაქმნა შემდეგი ფორმულებით გამოისახება:

$$(ა) RMR_{89} = GSI + 5$$

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

$$(გ) Q' = e^{(RMR-44)/9}$$

### 3.5.2 გვირაბის საყრდენის ემპირიული ტიპების ზოგადი განხილვა

შემდეგი მიმდევრობა იქნება დაცული გვირაბის საყრდენის ტიპების ემპირიული პროექტირების დროს, NATM, RMR, GSI და Q-ის საფუძველზე, რაც მოსალოდნელია შეგვხვდეს მიმდევარი გვირაბის ყველა კონკრეტული მონაკვეთის გასწვრივ:

- ქანების მასივის ტიპები (RMT) [NATM]
- ქანების მასივის ქცევის ტიპები (BT) [NATM]
- საყრდენის ტიპის პარამეტრების განსაზღვრა [RMR, GSI, Q]
- RocLab-ში გატარება მხოლოდ GSI მნიშვნელობებით და ქანის მასივის და მასალის შესაბამისი პარამეტრებით.

კიდევ ერთხელ უნდა აღინიშნოს, რომ გვირაბის მარშრუტის გეოტექნიკური მონაცემების შეგროვების პროცესი მოიცავს შემდეგ ეტაპებს:

- პირველ რიგში, T-2 გვირაბის გეოტექნიკური სამუშაოების ყველა ასპექტი დაფუძნებულია საპროექტო არეალის კონცეპტუალურ გეოტექტონიკურ სამუშაო მოდელზე, რომელიც შექმნილია გლობალურ და რეგიონულ გეოდინამიკასთან დაკავშირებით.
- მონაცემები თითოეული კონკრეტული ქანის ხარისხთან დაკავშირებით ძირითადად ეფუძნება ზედაპირზე დაკვირვებებს, რომლებიც შესრულებულია ქანების არსებულ ამოღებებში მარჯვენა ნაპირზე, რელიეფის რთული პირობების გამო. გარდა ამისა, ხშირი ტყის საფარი ფარავს ქანების გაშიშვლებებს.

ქანების საუკეთესო გამოსვლები ზედაპირზე, რომლებიც, როგორც მოსალოდნელია, ადგენენ გვირაბის მარშრუტს, ჩანს შენაკადებში, რომლებიც გამოდის გვირაბის მარშრუტის სიახლოვეს და მიედინება დაბლა ქუთაისი-ალპანას არსებული გზისკენ.



### 3.5.3 ქანების მასივის კლასიფიკაციები პორტალების ადგილას

გვირაბების ინჟინერიაში, პორტალების მონაკვეთები, რომლებიც მოიცავს როგორც გვირაბის სათავისის ღია ექსკავაციას, ასევე მიწისქვეშა ექსკავაციას, სადაც გვირაბის სიმაღლეზე სამჯერ მეტი მანძილი არის მიღწეული, ითვლება პროექტის ყველაზე კრიტიკულად მნიშვნელოვან ნაწილად. ეს ძირითადად არის გეოტექნიკური მიზეზების გამო, რადგან გვირაბის ორივე პორტალი წარმოადგენს გვირაბის ყველაზე სუსტ ნაწილს გამოფიტვის და სხვა ატმოსფერული აგენტების უარყოფითი მოქმედების გამო. ამგვარად, გვირაბის პორტალის მონაკვეთი მოითხოვს დიდ სიფრთხილეს როგორც პორტალისთვის ღია გრუნტის ამოღების მომზადების, ასევე მიწისქვეშა ნაწილის თვალსაზრისით. შესაბამისად, დასაწყისში აუცილებელია ქანების მასივის ემპირიული კლასიფიკაციის ჩატარება პორტალების მონაკვეთებისთვის. ამასთან დაკავშირებით, წინასწარ უნდა აღინიშნოს, რომ პორტალის მონაკვეთების ადგილას, გვირაბის სათავისი და მიწისქვეშა ექსკავაცია მუშაობს ურთიერთკავშირში; შესაბამისად, ქანების მასივის კლასიფიკაცია, რომელიც ქვემოთ არის მოცემული, სამართლიანია ორივე შემთხვევაში.

ქანების კლასიფიკაციის სისტემებში მხოლოდ  $Q$  კლასიფიკაცია ითვალისწინებს გეოტექნიკურ დეფექტებსა და უსაფრთხოების ზომებს, ზემოთ მოცემული ფორმულით. ამგვარად, ქანების კლასიფიკაციის საფუძველია მოდიფიცირებული  $Q' = \left(\frac{RQD}{2 \times J_n}\right) \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)$ . შესაბამისად, პორტალებს მიეკუთვნება შემდეგი პარამეტრები:

$$RQD = 15 (\%) \text{ (საშუალო)}$$

$$2 \times J_n = 2 \times 12 = 24 \text{ (ნაპრაღთა სამი სისტემა პლუს შემთხვევითი)}$$

$$J_r = 1.0$$

$$J_a = 4.0 \text{ (საშუალო)}$$

$$Q' = \left(\frac{RQD}{2 \times J_n}\right) \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right) = \left(\frac{15}{2 \times 12}\right) \times \left(\frac{1}{4}\right) = 0.16$$

$$RMR = 9 \ln(Q') + 44 = 9 \ln(0.16) + 44 = 28$$

მკითხველის ყურადღებას მივაპყრობთ  $RMR_{89}=28$  პოზიციაზე, რომელიც მოცემულია

$$GSI = 28 - RMR_{89} = 23$$

თან დაკავშირებით. ეს RMR<sub>89</sub> მნიშვნელობა ინტერპრეტირებული იქნება თავის დროზე ანგარიშში, გვირაბის პორტალის სათავისის სტაბილურობასთან და მისი მიწისქვეშა მონაკვეთისთვის.



## 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 ქვიშაქვა + 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/გრუნტს)

**სურათი 5:** შუა იურული ასაკის ქანების მასივების განზოგადებული GSI კლასიფიკაცია

### A: პორტალის სათავისისთვის ღია გრუნტის ამოჭრა

ჩვეულებრივ გარემოებებში, პორტალის სათავისის დაპროექტება ხდება მინიმუმ 15 მ სიმაღლით, 1:3 (H:V)-დან 1:5 (H:V)-მდე დაქანების კოეფიციენტით, ქანის ხარისხის მიხედვით. ამ კონკრეტულ პროექტში, ფერდობი დაპროექტებულია 1:3 (H:V) პროპორციით, ქანის ცუდი ხარისხის გამო. თუმცა, დაქანების კოეფიციენტის დაპროექტების ემპირიული მიდგომები, RMR კლასიფიკაციის საფუძველზე, აჩვენებს, რომ ტუფოგენური ქვიშაქვა 15 მ ფერდობის სიმაღლით შეიძლება ამოითხაროს 1:1 (H:V) დაქანების კოეფიციენტით, გრუნტის წყლების ეფექტის გამო, რაიმე საყრდენის გარეშე. ეს ნიშნავს, რომ საყრდენის ძალიან სპეციფიკური პროექტი უნდა მომზადდეს, რომ უზრუნველყოფილი იყოს პორტალის სათავისის მდგრადობა. თუმცა, ემპირიული გამოცდილება ასევე აჩვენებს, რომ თუნდაც ამგვარი სპეციალური პრევენციული დამხმარე ღონისძიებები განხორციელებული იყოს, კუმშვის ძაბვის არეალებში არ არსებობს გარანტია პორტალის სათავისის მომავალი მდგრადობისთვის, ღია და მიწისქვეშა ექსკავაციას შორის ურთიერთკავშირის გამო.

ამ შემთხვევაში, გეოტექნიკურმა ინჟინრებმა შეიძლება თქვან, რომ გადატანილი გზის „ყუთის ფორმის“ ექსკავაცია დაპროექტებული იყო დაქანების კოეფიციენტით 1:3. ეს მართალია, მაგრამ როდესაც საქმე ეხება ღია გრუნტის ამოღებას, კოეფიციენტები არსებითად იცვლება 2:3-ზე (H:V), როგორც ქვემოთ არის ახსნილი.

$J_n = 12$  (ნაპრაღთა სამი სისტემა პლუს შემთხვევითი)

$J_r = 1.0$

$J_a = 4.0$  (საშუალო)

$$Q' = \left( \frac{RQD}{J_n} \right) \times \left( \frac{J_r}{J_a} \right) = \left( \frac{15}{12} \right) \times \left( \frac{1}{4} \right) = 0.31$$

$$RMR = 9 \ln(Q') + 44 = 9 \ln(0.31) + 44 = 33$$

მკითხველის ყურადღებას მივაპყრობთ  $RMR_{89}=28$  პოზიციაზე, რომელიც მოცემულია

$$GSI = 28 - RMR_{89} = 23$$

ქანის მასივის ამ ხარისხისთვის, გზის ღია გრუნტის ექსკავაციები, რომლებიც თავისუფალია მიწისქვეშა ექსკავაციების ძაბვებისგან, შეიძლება შენარჩუნებული იყოს შემდეგი პრევენციული ღონისძიებების გამოყენებით:

- ჩაცემენტებული,  $\varnothing=26$ , დაუძაბავი სისტემური დამაგრება ჭანჭიკებით  $L=6.0$  და  $s=1.5 \times 1.5$  მ
- ტორკრეტ-ბეტონის ორი ფენა ( $7.5\text{მ}+5.0\text{მ}$ ) ფოლადის ბადით ან არმირებული ფოლადის ბოჭკოებით 54მმ.
- თუ საჭიროა, შეიძლება აშენდეს საყრდენი კედლებიც
- გამოყენებული უნდა იყოს აფეთქების ფრთხილი ტექნიკა, სადაც საჭიროა ღია გრუნტის ექსკავაცია

### **B: მიწისქვეშა ექსკავაცია საყრდენის ემპირიული დაპროექტებისთვის**

#### **B-1: პორტალის მონაკვეთები**

T-2 გვირაბის პორტალის მიწისქვეშა მონაკვეთი მოითხოვს RMR89 მნიშვნელობის შეფასებას  $Q' = 0.31$  მნიშვნელობის ღია შეფასების საფუძველზე, ფორმულის საშუალებით:

$$RMR_{89} = 9 \ln (Q' \div 2) + 44$$

იმისთვის, რომ ვნახოთ მისი ადგილი GSI ცხრილზე, რომელიც მოცემულია სურათზე 5.

$$RMR_{89} = 9 \ln (Q' \div 2) + 44 = 9 \ln (0.31 \div 2) + 44$$

$$RMR_{89} = 27$$

$$GSI = RMR_{89} - 5 = 22$$

როდესაც  $GSI = 22$  მნიშვნელობის პოზიცია სურათზე 5 არის გამოკვლეული, გვირაბის ქანების კლასიფიკაციის გათვალისწინებით, ხარისხობრივად ის მიეკუთვნება ზონას „არ გამოიყენება ნაპრალებიანი ქანების მასივისთვის (დამახასიათებელია გაჟღენთილი და წარეცხილი გრუნტისთვის)“, გვირაბის პორტალის მიწისქვეშა მონაკვეთისთვის. შესაბამისად, გეოტექტონიკური მონაცემები, რომლებიც მოვიდა ქანების კლასიფიკაციის ემპირიული სისტემის საშუალებით, ადასტურებს, რომ T-2-ის პორტალის მიწისქვეშა მონაკვეთების მშენებლობა გეოტექნიკურად მიზანშეწონილი არ არის V ტიპის საყრდენი ელემენტებით, შესაბამისად, ის მოითხოვს VI ტიპის სპეციალურ კლასს.

„სანცხადება პირდაპირ გულისხმობს, რომ გვირაბის პროექტი ამგვარ პირობებში მოითხოვს ძალზე სპეციფიკურ ღონისძიებებს ქანების კლასიფიკაციის ემპირიული სისტემის მიღმა. წმასთან დაკავშირებით, გრუნტის პირობები, T-2 გვირაბის პორტალის მიწისქვეშა მონაკვეთებში, ექვემდებარება გამოკვლევას კერნების ამოღების საშუალებით, სანამ პროექტის სამშენებლო აქტივობები დაიწყება.

## **B-2: გვირაბის ჭრილები**

ღვირაბის მონაკვეთების საყრდენების ემპირიული დაპროექტება ჩვეულებრივ იწყება პორტალის საყრდენის კლასის განსაზღვრიდან (ტიპი VI), რასაც მიჰყვება რუკაზე დატანებადი გონივრული მანძილის განსაზღვრა, რომელიც აღებულია 12 მ-ის ტოლად ამ კონკრეტულ შემთხვევაში (ტიპი V). შაგრამ ამ კონკრეტულ შემთხვევაში, გვირაბის მთელი მონაკვეთი გეოტექნიკურად განიხილება როგორც V და IV ტიპის გრუნტების არადიფერენცირებული კომბინაცია. ზვემოთ გრუნტის ეს ტიპები გეოტექნიკურად არის დამუშავებული.

**ტიპი-V:**  $30 < GSI \leq 40 \rightarrow 35 < RMR_{89} \leq 45$  ( $0.37 \leq Q < 1.12$ ) [TOP HEADING+BENCH]

### **A: ქანების მასივების ტიპები**

- საშუალოდ ან თხლად დაფენილი ტუფოგენური ქვიშაქვა, ალაგ-ალაგ ჩართული ფიქლებით (J2b2-5); მოსალოდნელია ანდეზიტური პორფირიტების შეხვედრა (J2b2-6) დიდი დამორებით განლაგებული შენაწევრების სიბრტყეებით
- ზომიერად გამოფიტული, ზომიერად ძლიერი (25-50 მპა)

### **B: ქანების მასივის ქცევის ტიპები**

- ძვრის ჩამოშლა დაბალი შემკუმშავი ძაბვის პირობებში
- მცირე ჩაღრმავების ძაბვით გამოწვეული ჩამოშლა
- გრძივი ღუნვის ჩამოშლა
- დაშლა

### **C: გრუნტის წყლების პირობები**

- შენაწევრების სიბრტყეებში მნიშვნელოვანი შემოდინება და ალაგ-ალაგ გამორეცხვა
- მნიშვნელოვანი წნევა შენაწევრების ადგილებში
- საჭიროა მუდმივი დრენაჟის ღონისძიებები

### **D: შესაყვანი მონაცემები (For RocLab)**

- გამოყენებული იქნება 30<GSI≤40-ის საშუალო
- გამოყენებული იქნება ერთდერძა შეკუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი ( $U_{cs}=25-50$  მპა)



**TYPE-IV:**  $40 < \text{GSI} \leq 50 \rightarrow 45 < \text{RMR} 89 \leq 55 \rightarrow (1.12 \leq Q < 3.40)$  [ამოსაღები ზედაპირის სრულ ფართობზე ექსკავაცია და/ან საფეხურებიანი ექსკავაცია ზედა შტოლნის საშუალებით]

**A: ქანების მასივების ტიპები**

- საშუალოდ ან თხლად დაფენილი ტუფოგენური ქვიშაქვა, ალაგ-ალაგ ჩართული ფიქლებით (J2b2-5); მოსალოდნელია ანდეზიტური პორფირიტების შეხვედრა (J2b2-6) დიდი დაშორებით განლაგებული შენაწევრების სიბრტყეებით
- ზომიერად გამოფიტული, ზომიერად ძლიერი (25-50 მპა)

**B: ქანების მასივის ქცევის ტიპები (ყველა ტიპის ქანების მასივისთვის)**

- ძვრის ჩამოშლა დაბალი შემკუმშავი ძაბვის პირობებში
- მცირე ჩაღრმავების ძაბვით გამოწვეული ჩამოშლა

**C: გრუნტის წყლების პირობები**

- წყლის მნიშვნელოვანი ადგილობრივი გაჟონვა შენაწევრების სიბრტყეებიდან
- ზომიერი წნევა შენაწევრების ადგილებში
- საჭიროა ადგილობრივი დრენაჟის ღონისძიებები

**D: შესაყვანი მონაცემები (For RocLab)**

- გამოყენებული იქნება  $40 < \text{GSI} \leq 50$  -ის საშუალო
- გამოყენებული იქნება ერთდერძა შეკუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი ( $U_{cs}=25-50$  მპა)

**3.5.4 გვირაბის საყრდენის ემპირიულად დაპროექტებული ელემენტები**

ქვემოთ მოცემულია საყრდენის ტიპების ელემენტები, რომლებიც მოსალოდნელია შეგვხვდეს T-2 გზის გვირაბის გასწვრივ, გვირაბის პროექტის არსებითი ელემენტი, როგორც ტექნიკური, ასევე ეკონომიკური თვალსაზრისით. ამ საყრდენი ელემენტების დეტალები ნაჩვენებია APP-2-ზე, მაშინ როცა RocLab-ის შედეგები ნაჩვენებია APP-3-ზე.

**ტიპი-IV:**  $40 \leq \text{GSI} < 50 \rightarrow 50 \leq \text{RMR} 89 < 55 \rightarrow$  [ამოსაღები ზედაპირის სრულ ფართობზე ექსკავაცია და/ან საფეხურებიანი ექსკავაცია ზედა შტოლნის საშუალებით]

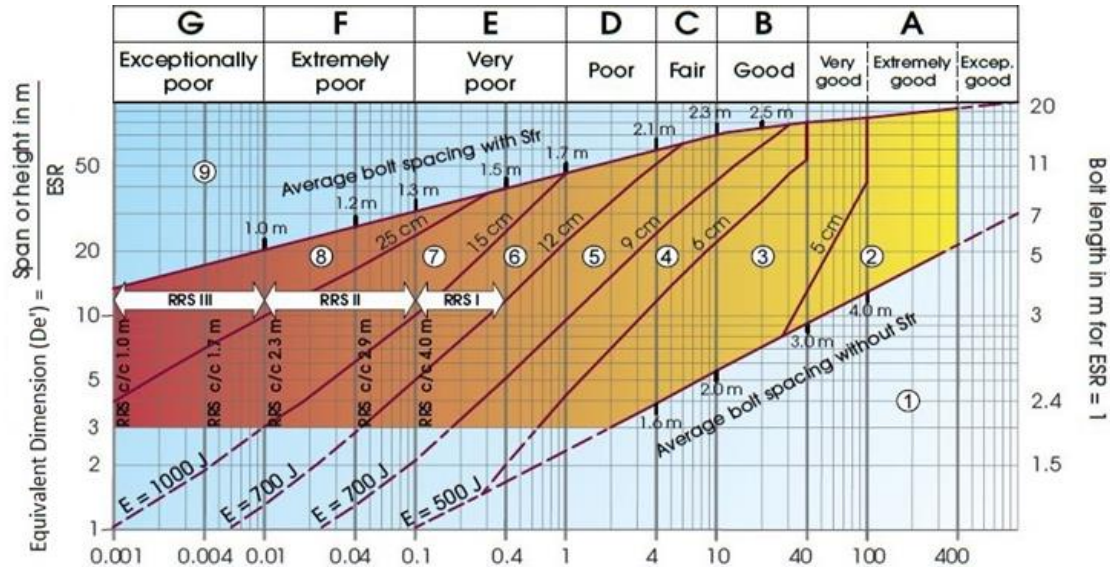
**ჭერი + კედელი:** (დრენაჟის ხვრელები ჭერში:  $\varnothing=60$  მმ #3 L=2@3 როგორც საჭიროა)

- ტორკრეტ-ბეტონის სამი ფენა 7.5სმ+7.5სმ+5.0სმ ფოლადის ბადის 2 ფენით (2xQ189) ან ფოლადის ბოჭკოებით
- s=1.0x1.5 მ (a),(a= წინსწრების მანძილი) L=4.0 მ,  $\varnothing=26$ , ჩაცემენტებული, დაუძაბავი სისტემური დამაგრება ჭანჭიკებით



- $s=1.5$  მ, INP100 ფოლადის რკალი ან ცხაურა წამწე P115-30-36 (როგორც საჭიროა)
- ტორკრეტ-ბეტონის მიფრქვევა 50 მ-ით სათავისის შიგნით

ქანის ხარისხი და ქანის საყრდენი



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

**სურათი 6:** ეკვივალენტური ზომები ქანების მასივის ხარისხთან და შესაბამის საყრდენ ელემენტებთან მიმართებაში

**ტიპი-V:**  $30 \leq GSI < 40 \rightarrow 35 \leq RMR_{89} < 45 \rightarrow$  (TOP HEADING + BENCH)

**სახურავი+კედელი:** (სადრენაჟო ხვრელები სახურავში:  $\varnothing=60$ მ #3 L=2@3 or #5 L=5@3 მოთხოვნის შესაბამისად)

- ტორკრეტ-ბეტონის სამი ფენა (10.0+10.0+5.0მ) ორი ფენა ფოლადის ცხაურით (2xQ189) ან ფოლადის ბოჭკოთი
- $s=1.0 \times 1.5$ მ (a) (a=მომატებული სიგრძე) L=6.0მ);  $\varnothing=26$ , თხელი დაუძაბავი სისტემატური ჭანჭიკური დამაგრებით.
- $s=1.5$ მ, INP=100 ფოლადის არკა ან ცხაური კოჭი P115-30-36.
- სრულად მოთხევადდუღებული IBO ჭანჭიკები  $\varnothing=32$ მმ ანხიმინჯები სახურავში (c/c 30სმ)
- კადრი ინვერსია 50 მეტრის უკან პირისპირ

#### 4. დასკვნები

- რელიეფის მძიმე პირობები და ხშირი მცენარეულობა ქმნის სერიოზულ სირთულეებს გვირაბის მთელი მარშრუტის გასწვრივ გეოტექნიკური მონაცემების პირდაპირი შეგროვებისთვის. შესაბამისად, საჭირო გეოტექნიკური მონაცემების მნიშვნელოვანი ნაწილი შეგროვებულია არაპირდაპირი გზით, ზედაპირული გეოტექნიკური კვლევების შემდეგი მეთოდების საშუალებით:
- განსაკუთრებით 1:50 000 და 1:25 000 მასშტაბის რიონის კასკადის გეოლოგიური რუკები, მოცემული მითითებულ დოკუმენტებში [1&2] ძალიან სასარგებლო აღმოჩნდა საპროექტო არეალის ზოგადი გეოლოგიის და ტექტონიკის გასაგებად კონცეპტუალური გეოტექტონიკური სამუშაო მოდელის თვალსაზრისით.
- არსებული ქუთაისი-ალპანას გზა, რომელიც მიჰყვება რიონის ხეობას მარჯვენა ნაპირზე გამოყენებულია, როგორც ლაბორატორია გეოტექნიკური მონაცემების შეგროვებისთვის. ამასთან დაკავშირებით, განსაკუთრებით გეოლოგიური მონაცემები, რომლებიც დაკვირვებულია შენაკადებში, რომლებიც აღწევენ გვირაბის მარშრუტამდე, მაღალ ნიშნულებზე იძლევა ფასეულ გეოტექტონიკურ მონაცემებს. გეოტექტონიკური კვლევის ეს ნაწილი მოიცავს: ვიზუალურ გამოსახულებებს, ინტუიციას და ემპირიულ გამოცდილებას პროექტის დაკვირვებული მონაცემების მიმართ გვირაბის მაღალ ადგილებამდე.
- T-2 გვირაბის მარშრუტი მდებარეობს სინკლინის ჩრდილოეთ განშტოებაზე, რომელიც მოსდევს ნამახვანის ანტიკლინს, სადაც დაფენების სიბრტყეების საშუალო ორიენტაცია იზომება, როგორც 220/40, დაქანება სამხრეთ აღმოსავლეთი.
- ყველა ემპირიული მონაცემები, შეგროვებული ზემოთ ნახსენები მეთოდების საშუალებით, იძლევა ვარაუდის საშუალებას, რომ T-2 გვირაბის პორტალის მიწისქვეშა მონაკვეთები ხვდება ზონაში ტიპი VI, როგორც ნაჩვენებია სურათზე 5, რომელიც გეოტექნიკურად განისაზღვრება, როგორც „არ გამოიყენება ნაპრალებიანი ქანების მასივისთვის (დამახასიათებელია გაჟღენთილი და წარეცხილი გრუნტისთვის)“.
- ეს კონკრეტული შემთხვევა შეესაბამება ქანების „ძალიან ცუდ“ პირობებს და მოითხოვს პროექტირების და მშენებლობის ძალზე სპეციფიკურ მეთოდებს, გვირაბების ჩვეულებრივი სამშენებლო მეთოდების მიღმა. ამგვარად, T-2 გვირაბის

ორივე პორტალის სამშენებლო სამუშაოების დაწყებამდე, საჭიროა ზედაპირის ქვეშ  
საველე კვლევების ჩატარება ქანების კერნების ამოღებით საბოლოო  
გადაწყვეტილების მისაღებად.

## 5. წამოყენებული ლიტერატურა

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 <sup>2</sup>), 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.