

სადაწნო მილსადენების და ძალოვანი კვანძების მოედნების ფერდობების შეფასება და მდგრადობის უზრუნველყოფის ღონისძიებები

ბაზვი 2 ჰიდროელექტროსადგურის სქემის საპროექტო ტერიტორია მდებარეობს ოზურგეთის მუნიციპალიტეტში, კურორტ ბახმაროს ჩრდილო-დასავლეთით დაახლოებით 10 კმ-ში. გეოლოგიური თვალსაზრისით, საპროექტო ტერიტორია განლაგებულია ეოცენის ხანის ალოქტონურ ვულკანოგენურ დანალექ ქანებში (პიროკლასტური დანალექი ქანები), რომლებიც ძირითადად წარმოდგენილი არიან ტუფებითა და ბრექჩიებით. ფერდობები განლაგებულია ჭიდილის გეოლოგიურ წყებაში, რომელიც იყოფა გურიისა და ნაფოცხვარას ქვეწყებებად. ლითოლოგიურად, აღნიშნული წყებები ძირითადად აგებულია ტუფებით, ტუფო-ბრექჩიებით და ზოგჯერ მაფიური შედგენილობის ლავებით (ბაზალტური, ანდეზიტური, ტრაქიტული). კლდოვანი წარმონაქმნები ტექტონიკურად დეფორმირებულია მცირე კავკასიონის ნაოჭა-შეცოცებით სარტყელში. ძირითადი შეცოცების ზონა კვეთს საპროექტო ტერიტორიის შუაგულს.

ჩატარებული საველე სამუშაოების პროცესში განისაზღვრა საპროექტო დერეფანში წარმოდგენილი ქანებისა და ნიადაგების ტიპები, საშიში გეოდინამიკური პროცესების (მეწყერი, ეროზია, ქვათაცვენა, შვავი) გააქტიურების რისკის მქონე უბნები. კვლევის შედეგების მიხედვით შეფასებული იქნა ჰესების ნაგებობების მიმდებარე ფერდობები და მათი მდგრადობის უზრუნველყოფის მიზნით განისაზღვრა შესაბამისი რეკომენდაციები.

1. ქანებისა და ნიადაგის ტიპების შეფასება

გზის მშენებლობის და თხრილების გაყვანის მიზნით მიწის სამუშაოები განხორციელდება მაქსიმუმ 10 მ-ის სიღრმეზე. საველე დაკვირვების შედეგად გამოვლინდა ქანების და ნიადაგების შემდეგი ტიპები. კვლევის ფარგლებში გამოვყოფთ პროექტის 2ა და 2ბ სადგურების საპროექტო არეალებს (იხ. ცხრილი 1.1.).

ცხრილი 1.1.: გრუნტის მდგომარეობის შეფასება ბაზვი 2 ჰესის სქემის პროექტის ფარგლებში მიწის სამუშაოების განხორციელებისთვის

გრუნტი	ქანების/ნიადაგების მახასიათებლები (სავარაუდო) გამოფიტვის ხარისხი/ ნაპრალიანობის ხარისხი/სიმტკიცე	რაოდენობა 2ა სადგურის არეალში	რაოდენობა 2ბ სადგურის არეალში
ალუვიური ნალექი (ფსკერული ნატანი მასალა ნიაღვრებში, ღვარცოფულ ნაკადებში)	საშუალოდან მსხვილმარცვლოვნამდე ნიადაგები, ფხვიერი	15%	2%
შერეული ზომის მარცვლოვანი ნიადაგები	წვრილმარცვლოვანი და შერეული ზომის მარცვლოვანი ნიადაგები (გაფუჭებული ტუფები და ა.შ.): არაკოჰეზიური (ქვიშიანი) ან კოჰეზიური (თიხნარი/თიხა), ლოდების ჩანართებით, მტკიცე.	40%	5% 1)
ტუფი, ქვიშიანი (გამოფიტული)	გამოფიტული / დაშრევებული / დანაპრალიანებული (5-100 სმ) / სუსტი (10- 50 მპა)	- 2)	20% 2)
ტუფი, ქვიშიანი	გამოუფიტავი / დაშრევებული /	- 2)	20% 2)

(გამოუფიტავი)	დანაპრალიანებული (20-150 სმ) / საშუალოდ მტკიცე (30-80 მპა)		
ტუფი, მსხვილმარცვლოვანი (გამოფიტული)	გამოფიტული / კლდოვანი / ოდნავ დანაპრალიანებული (50-200 სმ) / სუსტიდან საშუალომდე სიმტკიცის (10-70 მპა)	10% ²⁾	15% ²⁾
ტუფი, მსხვილმარცვლოვანი (გამოუფიტავი)	გამოუფიტავი / კლდოვანი / მჭიდრო (>150 სმ) / საშუალოდან ძლიერამდე სიმტკიცის (30-150 მპა)	20% ²⁾	15% ²⁾
ბაზალტური ლავა / შრეები, დაიკები, ლახარები (გამოფიტული)	გამოფიტული/დაშრევებული ან კლდოვანი / დანაპრალიანებული (50- 200სმ) / საშუალოდან ძლიერამდე სიმტკიცის (50-150 მპა)	3 ³⁾	5% ³⁾
ბაზალტური ლავა / შრეები, დაიკები, ლახარები (გამოუფიტავი)	გამოუფიტავი / დაშრევებული ან კლდოვანი / დანაპრალიანებულიდან მჭიდრომდე (>150 სმ) / ძლიერიდან ძალიან ძლიერამდე სიმტკიცის (80-250 მპა)	2 ²⁾	10%
დანაპრალიანებული ქანები	ტუფები და ვულკანური ქანები მაღალი ხარისხის ზხარების / რღვევის ზონებით	10%	8%

1) პირდაპირ არ არის გამოვლენილი

2) გამოვლენილია ორივე ტუფის ტიპი. დანართ N1-ში აღწერილია დომინანტური ტიპი.

3) დროდადრო შესაძლოა გამოვლინდეს ვულკანური წარმოშობის ქედები

2. ქანებისა და ნიადაგების პარამეტრები

სამომავლო საპროექტო სამუშაოების მიზნით, შეფასდა ნიადაგების (იხ. ცხრილი 2.1.) და ქანების (იხ. ცხრილი 2.2.) შემდეგი გეოტექნიკური პარამეტრები. თუმცა, აღნიშნული პარამეტრები შეფასებულია მხოლოდ ჩვენს გამოცდილებაზე დაყრდნობით და არა რაიმე ლაბორატორიული კვლევების შედეგების საფუძველზე.

ცხრილი 2.1.: ნიადაგებისთვის დამახასიათებელი გეოტექნიკური პარამეტრების შეფასება

აღწერა	ალუვიური ნალექი (ფსკერული ნატანი მასალა ნიაღვრებში, ღვარცოფულ ნაკადებში)	შერეული ზომის მარცვლოვანი ნიადაგები (დეგრადირებული ქანები, ფერდობის შერეული ზომის მარცვლოვანი ჩამონაშალი)
ნიადაგის სიმჭიდროვე γ ,	21-23	22-24
γ_k [კნ/მ ³]	22	23
ნიადაგის სიმჭიდროვე შეწონილ მდგომარეობაში γ' ,	11-13	12-14
γ'_k [კნ/მ ³]	12	13

ხახუნის კუთხე ϕ' ,	30-35	30-40
$\phi'k$ [°]	32,5	35
შეჭიდულობა c ,	0-5	0-15
ck , [კნ/მ ²]	0	10
არა დრენირებული შეჭიდულობა c_u , $c_{u,k}$ [კნ/მ ²]	-	-

ქვემოთ მოყვანილ ცხრილებში პარამეტრები მოცემულია ემპირიული მნიშვნელობებით და გამოყოფილია ქანების და კლდოვანი ქანების მასივის პარამეტრები. ეს უკანასკნელი ასევე ითვალისწინებს წყვეტილობის მახასიათებლებს და მათ გავლენას. აღნიშნული პარამეტრები მიღებულია პროგრამული უზრუნველყოფით RSDData (Rocscience), ჩვენს მიერ გაანგარიშებული ცალღერძა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარის გათვალისწინებით. რღვევის ზონები, რომლებშიც ქანები ძლიერ დაშლილია და მნიშვნელოვნად დაბალი სიმტკიცით ხასიათდებიან, არ არის გამოკვლეული.

ცხრილი 2.2.: ტუფის ქანების და კლდოვანი ქანების მასივის დამახასიათებელი გეოტექნიკური პარამეტრები

აღწერა	ტუფი, ქვიშიანი გამოფიტული ¹⁾ , გამოუფიტავი ²⁾		ტუფი, მსხვილმარცვლოვანი გამოფიტული ¹⁾ , გამოუფიტავი ²⁾	
	კლდოვანი ქანის მასივი	ქანი	კლდოვანი ქანის მასივი	ქანი
ნიადაგის სიმჭიდროვე γ , γ_k [კნ/მ ³]	23-30 24 ¹⁾ , 28 ²⁾		23-30 24 ¹⁾ , 28 ²⁾	
ნიადაგის სიმჭიდროვე შეწონილ მდგომარეობაში γ' , γ'_k [კნ/მ ³]	13-20 14 ¹⁾ , 18 ²⁾		13-20 14 ¹⁾ , 18 ²⁾	
ხახუნის კუთხე ϕ' , $\phi'k$ [°]	25-40 30 ¹⁾ , 37,5 ²⁾	-	25-45 32,5 ¹⁾ , 40 ²⁾	-
შეჭიდულობა c , ck , [კნ/მ ²]	60-250 100 ¹⁾ , 200 ²⁾	-	60-350 100 ¹⁾ , 300 ²⁾	-
ერთღერძა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი σ_u , σ_{uk} [მპა]	-	10-80 30 ¹⁾ , 50 ²⁾	-	10-150 25 ¹⁾ , 90 ²⁾
გეოლოგიური სიმტკიცის მაჩვენებელი GSI [U 5]	40 ¹⁾ , 65 ²⁾	-	40 ¹⁾ , 65 ²⁾	-
წყვეტების რაოდენობრივი აღწერა [U 4]	<ul style="list-style-type: none"> ძირითადად გვხვდება შემთხვევითი მიმართულების მქონე ნაპრალები, საშუალო ან ძალიან ფართო დაცილების მანძილით (20 სმ-დან >200 სმ-მდე) და 1 მ-დან 10 მ-მდე პერსისტენტულობით. ძირითადად ხორკლიანი და ერთ სიბრტყეზე განლაგებული. 		<ul style="list-style-type: none"> ძირითადად გვხვდება შემთხვევითი მიმართულების მქონე ნაპრალები, საშუალო ან ძალიან ფართო დაცილების მანძილით (20 სმ-დან >200 სმ-მდე) და 1 მ-დან 10 მ-მდე პერსისტენტულობით. ძირითადად ხორკლიანი და ერთ სიბრტყეზე განლაგებული. მრავალწახნაგოვანი ან 	

	<ul style="list-style-type: none"> • მრავალწახნაგოვანი ან დაშრევებული ფორმები 	დაშრევებული ფორმები
--	--	---------------------

1) გამოფიტული

2) გამოუფიტავი

ცხრილი 2.3.: ვულკანური და დანაპრალიანებული ქანების და კლდოვანი ქანების მასივის დამახასიათებელი გეოტექნიკური პარამეტრები

აღწერა	ბაზალტური ლავა / შრეები, დაიკები, ლახარები გამოფიტული ¹⁾ , გამოუფიტავი ²⁾		დანაპრალიანებული ქანები	
	კლდოვანი ქანის მასივი	ქანი	კლდოვანი ქანის მასივი	ქანი
ნიადაგის სიმჭიდროვე γ , γ_k [კნ/მ ³]	26-32 28¹⁾, 30²⁾		23-30 25	
ნიადაგის სიმჭიდროვე შეწონილ მდგომარეობაში γ' , γ'_k [კნ/მ ³]	16-22 18¹⁾, 20²⁾		13-20 15	
ხახუნის კუთხე ϕ' , ϕ'_k [°]	25-42,5 32,5¹⁾, 40²⁾	-	22,5-35 27,5	-
შეჭიდულობა c , c_k [კნ/მ ²]	100-1.000 200¹⁾, 500²⁾	-	50-120 80, 50³⁾	-
ერთლერძა კუმშვაზე სიმტკიცის ზღვარი σ_u , σ_{uk} [მპა]	-	50-250 100¹⁾, 150²⁾	-	10-150 50
გეოლოგიური სიმტკიცის მაჩვენებელი GSI [U 5]	35¹⁾, 55²⁾	-	20	-
წყვეტების რაოდენობრივი აღწერა ISO 14698:2017-12	<ul style="list-style-type: none"> • ძირითადად გვხვდება ორთოგონალურად ან ჰექსაგონალურად ორიენტირებული ნაპრალები, საშუალო ან ფართო დაცილების მანძილით (20 სმ-დან >200 სმ-მდე) და 1 მ-დან 200 მ-მდე პერსისტენტულობით. • ძირითადად გლუვი და ერთ სიბრტყეზე ან საფეხურებრივად განლაგებული. • პრიზმატული ან სვეტოვანი ფორმები 		<ul style="list-style-type: none"> • ძირითადად გვხვდება შემთხვევითი მიმართულების მქონე ნაპრალები, ახლო ან ძალიან ახლო დაცილების მანძილით (2 სმ-დან 6 სმ-მდე) და რამდენიმე სანტიმეტრის პერსისტენტულობით. ძირითადად ხორკლიანი და ერთ სიბრტყეზე განლაგებული. • რომბოიდული ფორმები 	

1) გამოფიტული





2) გამოუფიტავი

3) "კრიტიკულ ზონაში 1", ცალკეული წყვეტების არახელსაყრელი გეომეტრიული ფორმის გამო

3. ფერდობის გასამაგრებელი სტანდარტული საყრდენი კონსტრუქცია

არსებული გამოცდილების, სამეცნიერო ლიტერატურის და საპროექტო ტერიტორიაზე გეოლოგიური გარემოს გეოტექნიკური ინტერპრეტაციის საფუძველზე შემუშავებულ იქნა მშენებლობის ეტაპზე მოსაწყობი სტანდარტული ხელოვნური ფერდობების პროექტი.

ცხრილი 3.1.: რეკომენდაციები ფერდობის დაპროექტებისთვის, ფერდობის სიმაღლისა და მიწისქვეშა პირობების გათვალისწინებით

ფერდობის სიმაღლე	ფერდობის ჩამონაშალი / დეგრადირებული ქანი	დანაპრალიანებული ქანი	ტუფი, ქვიშიანი/ მსხვილმარცვლოვანი / კლდოვანი ქანის მასივი	ტუფი, ქვიშიანი/ მსხვილმარცვლოვანი / დაშრევებული ვულკანური
				
<5 მ	45° დაიფარება ბრეჯენტის საფარით, მშენებლობის შემდეგ ტერიტორია დაიფარება მცენარეული საფარით	ინდივიდუალური შეფასება, გადაკვეთა არ არის რეკომენდებული, ეროზიისგან დაცვა სავალდებულოა	80°, არ საჭიროებს სტაბილიზაციას	80° კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება
	60° დაიფარება ბადით და ლურსმნებით, შემდეგ მცენარეული საფარით			
5 მ -10 მ	60° დაიფარება ბადით და ლურსმნებით, შემდეგ მცენარეული საფარით		80°, არ საჭიროებს სტაბილიზაციას; საჭიროების შემთხვევაში კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება	70° კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება
10 მ -15 მ	ინდივიდუალური შეფასება		70° მოეწყობა ბერმები; საჭიროების შემთხვევაში კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება	70° მოეწყობა ბერმები; საჭიროების შემთხვევაში კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება
>15 მ	ინდივიდუალური შეფასება			

4. შერჩეული სადგურების არეალის კომპლექსური შეფასება

4.1 ბაზვი 2ა სადგური

გეოლოგიური თვალსაზრისით, ბაზვი 2ა სადგურის საპროექტო ტერიტორიის ფარგლებში ძირითადად გვხვდება შერეული ზომის მარცვლოვანი ნიადაგები და მსხვილმარცვლოვანი ტუფები, ზოგან ვულკანური ქანები. მსხვილმარცვლოვანი ტუფების ფორმაციებში ასევე გვხვდება ქვიშიანი ტუფი. არააქტიური მეწყერის მონაკვეთზე, ფერდობების ტოპოგრაფია და მორფოლოგია მიგვანიშნებს ქანების ძლიერ გამოფიტულობაზე/დეგრადაციაზე.

აღნიშნული არეალი კვეთს შედარებით მცირე რაოდენობის შენაკადებს და მშრალ ხევებს, რომლებიც მიდრეკილია ხაზოვანი ეროზიისკენ და ხასიათდება უწყვეტი და მუდმივი ეროზიული და ღვარცოფული პროცესებით. მეორე მხრივ, სირთულეები ასევე მოსალოდნელია არააქტიური მეწყერის უბანზეც, სადაც შესაძლოა წარმოდგენილი იყოს მცირე ხევები, ჭარბტენიანი ტერიტორიები და ჭაობები.

თუმცა, „გეოლოგიური სირთულის მქონე უბანი 1“ არის ადგილი, რომელიც მოითხოვს ყველაზე დიდ ყურადღებას, რადგან აღნიშნული ტერიტორია ხასიათდება ყველაზე ხშირი ქვათაცვენის და ფერდობის ჩამოშლის პროცესებით. ფერდობი მეტასტაბილურ მდგომარეობაშია და კატეგორიულად დაუშვებელია მისი ჩამოჭრა, რადგან ამან შესაძლოა გამოიწვიოს ფერდობის მდგრადობის მნიშვნელოვნად დარღვევა. რეკომენდაციაა ფერდობის ძირის გამაგრების შესაბამისი ზომების მიღება, რათა თავიდან იქნას აცილებული მდინარის მიერ მისი წარეცხვა. ფერდობის მეტასტაბილური მდგომარეობა მაქსიმალურად უნდა შენარჩუნდეს. სამუშაო პროცესში აუცილებლად უნდა იყოს დაცული ყველა უსაფრთხოების წესი. „გეოლოგიური სირთულის მქონე უბანი 1“-ის გადაკვეთის ერთ-ერთი მიდგომაა, მდინარის კალაპოტში გალერეის მოწყობა, რომელიც უზრუნველყოფს სადაწნეო მილსადენის დაცვას, რის შედეგადაც აღარ იქნება საჭირო ფერდობის ჩამოჭრა. უსაფრთხოების დაცვა შესაძლებელი იქნება დროებითი დამბების ან ფოლადის კონსტრუქციების მოწყობით და მონიტორინგით.

4.2 ბაზვი 2ბ სადგური

გეოლოგიური თვალსაზრისით საყურადღებოა, რომ ბაზვი 2ბ სადგურის საპროექტო არეალი კვეთს რღვევის (შეცოცების) ზონას. უნდა აღინიშნოს, რომ აღნიშნული რღვევის ზონა არ არის მკაფიოდ გამოხატული ან შესამჩნევი ტოპოგრაფიით ან მორფოლოგიით და ის არც განხორციელებული საველე დაკვირვების დროს დადასტურებულა, რის გამოც გაურკვეველია მისი ზუსტი ადგილმდებარეობა, მასშტაბი და განვითარება. მიუხედავად ამისა, უნდა ვივარაუდოთ, რომ რღვევის ზონის მიმდებარედ შესაძლოა გამოვლინდეს დანაპრალიანებული ქანები, რამაც შესაძლოა გამოიწვიოს გაუთვალისწინებელი არასტაბილურობა, წყლის გაჟონვა და ა.შ. საპროექტო ტერიტორიის დანარჩენი მონაკვეთები ძირითადად შედგება როგორც ქვიშიანი, ასევე მსხვილმარცვლოვანი ტუფებისგან. საპროექტო არეალში ასევე შესაძლებელია გამოვლინდეს ვულკანური წარმოშობის ქედები, განსაკუთრებით რღვევის ზონის აღმოსავლეთით.

საპროექტო ტერიტორიის ფარგლებში გვხვდება ხაზოვანი ეროზიისადმი მიდრეკილი რამდენიმე შენაკადის არხი და ხევი, სადაც მიმდინარეობს უწყვეტი და მუდმივი ეროზიის პროცესები და ხდება ღვარცოფული საფრთხის შემცველი უბნების გადაკვეთა. აღნიშნული საკითხი გასათვალისწინებელია, რადგან ყოველი გადაკვეთა საჭიროებს გარკვეულ ზომების გატარებას, რათა თავიდან იქნას აცილებული სადაწნეო მილსადენზე ეროზიით და ღვარცოფული მოვლენებით გამოწვეული უარყოფითი ზემოქმედება. ქვათაცვენის, ფერდობის ჩამოშლის და ღვარცოფული პროცესები უმეტესად გავლენას ახდენს მხოლოდ ნატანის

დატვირთვაზე მდინარის კალაპოტში და სადაწნეო მილსადენის ტრასაზე პირდაპირი ზემოქმედება მოსალოდნელი არ არის.

4.3 რეკომენდაციები





გამომდინარე იქიდან, რომ საპროექტო ტერიტორიის დიდი ნაწილი პრაქტიკულად მიუდგომელია, რეკომენდებულია გეოლოგიურ-გეოტექნიკური და გეომორფოლოგიური პირობების სათანადო ზედამხედველობა და სამშენებლო ღონისძიებების მონიტორინგი.

პროექტის შემდგომ ეტაპზე და სამშენებლო სამუშაოების დროს, რეკომენდებულია მოსალოდნელი საფრთხეების ხელახლა შეფასება და ნებისმიერი დინამიკა უნდა იყოს ყურადღებით დაკვირვებული და დოკუმენტირებული. სადაწნეო მილსადენის და მისასვლელი გზების მოწყობისთვის, რელიეფის მოჭრისას მხედველობაში უნდა იქნას მიღებული არსებული საფრთხის პოტენციალის შესაძლო ზრდა, ისევე როგორც ახალი საფრთხის წყაროების განვითარება.

5. რეკომენდაციები ფერდობის მდგრადობის უზრუნველყოფისათვის

არსებული გამოცდილების, სამეცნიერო ლიტერატურის და საპროექტო ტერიტორიაზე გეოლოგიური გარემოს გეოტექნიკური ინტერპრეტაციის საფუძველზე შემუშავებულ იქნა მშენებლობის ეტაპზე მოსაწყობი სტანდარტული ხელოვნური ფერდობების პროექტი.

ცხრილი 5.1.: რეკომენდაციები ფერდობის დაპროექტებისთვის, ფერდობის სიმაღლისა და მიწისქვეშა პირობების გათვალისწინებით

ფერდობის სიმაღლე	ფერდობის ჩამონაშალი / დეგრადირებული ქანი	დანაპრალიანებული ქანი	ტუფი, ქვიშიანი / მსხვილმარცვლოვანი / კლდოვანი ქანის მასივი	ტუფი, ქვიშიანი / მსხვილმარცვლოვანი / დაშრეველი ვულკანური
				
<5 მ	45° დაიფარება ბრეჩენტის საფარით, მშენებლობის შემდეგ ტერიტორია დაიფარება მცენარეული საფარით 60° დაიფარება ბადით და ლურსმნებით, შემდეგ მცენარეული საფარით	ინდივიდუალური შეფასება, გადაკვეთა არ არის რეკომენდებული, ეროზიისგან დაცვა სავალდებულოა	80°, არ საჭიროებს სტაბილიზაციას	80° კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება
5 მ -10 მ	60° დაიფარება ბადით და ლურსმნებით, შემდეგ მცენარეული საფარით		80°, არ საჭიროებს სტაბილიზაციას; საჭიროების შემთხვევაში კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული	70° კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება

			ბლოკების დამაგრება	
10 მ -15 მ	ინდივიდუალური შეფასება		70° მოეწყობა ბერმები; საჭიროების შემთხვევაში კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება	70° მოეწყობა ბერმები; საჭიროების შემთხვევაში კლდის ზედაპირის გაწმენდა, ცალკეული ბლოკების დამაგრება
>15 მ	ინდივიდუალური შეფასება			