

საქართველოს იუნესკოს საქმეთა ეროვნული კომისია  
UNESCO Georgian National Commission

**ა(ა)იპ გარემოს დაცვის ეკოცენტრი**  
გაეროს ეკონომიკური და სოციალური საბჭოს  
(ECOSOC) საკონსულტაციო სტატუსის  
ორგანიზაცია

**ECOCENTER FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION**  
**The Organization in Category of Consultative Status with**  
**the Economic and Social Council (ECOSOC) of UN**



The Organization in Category of  
Consultative Status with the  
Economic and Social Council  
(ECOSOC) of UN

**ბუნებრივი კატასტროფების პროგნოზირება და  
რისკების შემცირების ინოვაციური ღონისძიებები**

**სტიქიის შედეგად მიყენებული ზარალის შეფასება,  
აღრიცხვა და დაზარალებული მოსახლეობის  
სარეაბილიტაციო გეგმის დამუშავება-ანალიზი და  
მდგრადობა**

**პროექტის ხელმძღვანელი:**

**გივი გავარდაშვილი**

*საქართველოს მეცნიერებათა ეროვნული აკადემიის  
აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი,  
პროფესორი*

**თბილისი - 2023**

UDC (უაკ) 551.515.9  
ს-84

საქართველოს იუნესკოს საქმეთა ეროვნული კომისია  
UNESCO Georgian National Commission

**ა(ა)იპ გარემოს დაცვის ეკოცენტრი**  
გაეროს ეკონომიკური და სოციალური საბჭოს  
(ECOSOC) საკონსულტაციო სტატუსის  
ორგანიზაცია

**ECOCENTER FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION**  
**The Organization in Category of Consultative Status with**  
**the Economic and Social Council (ECOSOC) of UN**

მასალა გამოიცა გაერთიანებული ერების განათლების,  
მეცნიერებისა და კულტურის ორგანიზაციის (UNESCO)  
2022 - 2023 წ.წ. “მონაწილეობის პროგრამის” ფინანსური  
მხარდაჭერით

წიგნი 3

© გ.ვ. გავარდაშვილი

ISBN 978-9941-33-248-7

თბილისი - 2023



## პროექტის შემსრულებლები

| #  | სახელი, გვარი       | სამეცნიერო ხარისხი  | როლი პროექტის შესრულებაში             |
|----|---------------------|---|---------------------------------------|
| 1  | გივი გავარდაშვილი   | აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, მთ. მეცნიერი           | პროექტის ხელმძღვანელი და შემსრულებელი |
| 2  | ინგა ირემაშვილი     | ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი, მთ. მეცნიერი | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 3  | ედუარდ კუხალაშვილი  | ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი, მთ. მეცნიერი                        | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 4  | ირინე იორდანიშვილი  | ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, მთ. მეცნიერი                                   | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 5  | მარტინ ვართანოვი    | ეკონომიკის მეცნიერებათა დოქტორი, მთ. მეცნიერი                                 | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 6  | კონსტანტინე ზზიავა  | ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი, მთ. მეცნიერი | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 7  | შორენა კუპრეიშვილი  | ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი, მთ. მეცნიერი | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 8  | თამრიკო სუპატაშვილი | აკადემიური დოქტორი, პროფესორი, უფრ. მეცნიერი                                  | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 9  | ირმა ქუფარაშვილი    | აკადემიური დოქტორი, მეცნიერ-თანამშრომელი                                      | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 10 | გიორგი ნატროშვილი   | აკადემიური დოქტორი, მეცნიერი  | პროექტის შემსრულებელი                 |
| 11 | ზურაბ გოგუაძე       | მაგისტრი, ინჟინერ-ეკონომისტი  | პროექტის შემსრულებელი                 |

## შინაარსი

| №  | სამეცნიერო სამუშაოს დასახელება  | გვ. |
|----|---|-----|
|    | შესავალი .....  | 6   |
| 1. | კაშხლის გამანგრეველი ტალღის ჰიდროდინამიკური ანგარიში და ანალიზი .....   | 11  |
| 2. | ჟინვალის მიწის კაშხლის ავარიის შედეგად დატბორილი ტერიტორიების კონტურების დაფიქსირება.....   | 19  |
| 3. | სტიქიის შედეგად მიყენებული ზარალის შეფასება, აღრიცხვა და დაზარალებული მოსახლეობის სარეაბილიტაციო გეგმის დამუშავება-ანალიზი და მდგრადობა ..... | 23  |
| 4. | ძირითადი დასკვნები .....  | 31  |
| 5. | ლიტერატურა .....  | 32  |

## შესავალი

XXI საუკუნის დასაწყისში კლიმატის ცვლილების გავლენით მნიშვნელოვნად შეიცვალა გარემოს მდგრადობა და ნათლად გამოხატული სახე მიიღო არსებული ინფრასტრუქტურის დეცენტრალიზაციამ.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გარემოს ეკოლოგიურ წონასწორობაზე მოქმედი ბუნებრივი ანომალიების, კერძოდ, ეროზიულ-მეწყურულ-ღვარცოფული და წყალდიდობის მოვლენების განმეორადობის სიხშირის ზრდის სურათი, ზღვის სანაპირო ზოლისა და წყალსაცავების განლაგების ზონაში დენიველაციური მოვლენები, სანაპირო ზოლის განმაპირობებელი მდინარეებით ნატანის ტრანსპორტირების შესაძლებლობები, მიწისქვეშა წყლების დონეების რყევის დინამიკა და ინტენსიურობა, ხელოვნურ ნაგებობებზე სხვადასხვა ბუნებისა და ძალური ზემოქმედების შესაძლებლობები.

ზემოთ მოყვანილი გარემოებები იმის წინაპირობაა, რომ მოსალოდნელი გაძლიერებული ზემოქმედების ქვეშ შეიძლება აღმოჩნდეს როგორც გარემოს არსებული ლანდშაფტური ინფრასტრუქტურა, ისე სტრატეგიული დანიშნულების ობიექტები და დასახლებული პუნქტები.

განსაკუთრებით ყურადღებას იპყრობს წყალსაცავების ზემოქმედება არსებულ ეკოლოგიურ წონასწორობაზე. მათმა არამდგრადმა ფუნქციონირებამ შეიძლება განსაზღვრული როლი შეასრულოს ლანდშაფტური ინფრასტრუქტურის ცვლილებასა და ჩამოყალიბებაზე. აქედან გამომდინარე, ეკოლოგიური სტაბილურობის მიზნით, სხვა პრობლემებთან ერთად, მნიშვნელოვანი ყურადღება უნდა დაეთმოს მათ მდგრად ფუნქციონირებას, მასში მიმდინარე დინებებს,

ტალღურ რეჟიმს, მათი განთავსების ადგილზე წყლის დონეთა ცვალებადობასა და ფილტრაციის შესაძლებლობებს.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაღლივი კაშხლებით შექმნილი წყალსაცავები, რომელთა ფუნქციონალური დანიშნულება მრავალდარგობრივია და ქვეყნის ეკონომიკის სტაბილურ განვითარებაში განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. სასიცოცხლო მნიშვნელობას იძენს არსებული მაღლივი ჰიდროკვანძების საექსპლუატაციო მაჩვენებლების განხორციელების ღონისძიებების შემუშავება. საკითხი იმდენად აქტუალურია, რომ მსოფლიოში შექმნილია მაღლივი კაშხლების კომიტეტი, რომლის ფუნქციას მაღლივი კაშხლებით შექმნილი მთელი ინფრასტრუქტურის შემადგენელი ობიექტების დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის ინსპექტირება წარმოადგენს.

მაღლივი კაშხლებით შექმნილი წყალსაცავების მდგრადი ფუნქციონირება და საავარიო სიტუაციებით მათი მდგრადობის დაკარგვის შესაძლებლობები გამომწვევ მიზეზთა მრავალფეროვნებისა და დროის სხვადასხვა მომენტში წარმოქმნის გამო ძალზე რთულია. მისი შეფასება და კვლევა სხვადასხვა თანამედროვე ნოვატორულ საშუალებებსა და ტექნოლოგიურ გამოყენებასთან არის დაკავშირებული. განსაკუთრებით საკითხი აქტუალობას იმ შემთხვევაში იძენს, როცა ხდება კაშხლის გარღვევა, მის საფუძველზე წყალდიდობებისა და ღვარცოფების ფორმირება.

საერთოდ მაღლივი კაშხლები რთული საინჟინრო კვანძებია და ნაგებობებით არის წარმოდგენილი და ერთ-ერთის დაზიანებაც კი შეიძლება უმძიმესი შედეგის გამომწვევი მიზეზიც გახდეს. როგორც კვლევებით არის დადასტურებული, ჰიდროკვანძის შემადგენელ ნაგებობათა

მწყობრიდან გამოსვლის მიზეზებად მიჩნეულია როგორც მათი დაძველება, ისე გარედან მოქმედი ფაქტორები, რომელთა შორის ყურადღებას იპყრობს მიწისქვეშა წყლები, წყალდიდობები, ინტენსიური ეროზიული პროცესები, ტალღური ზემოქმედებები და ფილტრაცია.

მსოფლიოს 4000 კაშხლის მწყობრიდან გამოსვლის მიზეზების შესწავლის ანალიზის საფუძველზე დადგენილია, რომ უმეტეს შემთხვევაში კაშხლების მდგრადობის დაკარგვა სუფოზიური პროცესებით, მათზე წყლის გადადინებით, წყალდიდობებით, კაშხლის ჯდომით და ტალღური პროცესებით არის განპირობებული. ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტორებიდან მიწის კაშხლების მწყობრიდან გამოსვლის გამომწვევ მიზეზთა შორის განსაკუთრებული ადგილი ფილტრაციასა და მის თხემზე ნაკადის გადადინებას უკავია. ამის ნათელ მაგალითს წარმოადგენს საქართველოში დაბა წყნეთში 1980 წლის 14 მაისს მიწის კაშხლის გარღვევის შედეგად მომხდარი კატასტროფა.

მიწის კაშხლების მდგრადობის რღვევის გამომწვევ მიზეზთა შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია: წყალსაცავის შევსება და დაცლა, მაღალი ინტენსივობის წვიმების ზემოქმედება ქვედა ბიეფის ფერდის გამორეცხვაზე, ფილტრაციის გზის შემცირება, წყლის დონეების ცვალებადობით ფილტრაციული ხარჯის ცვლილება, ტალღური ზემოქმედება და სხვა.

მაღლივი მიწის კაშხლების მშენებლობა ზედა და ქვედა ბიეფში, როგორც წესი, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მდინარის ჰიდრავლიკურ და ჰიდროლოგიურ რეჟიმზე.

მძიმე მდგომარეობის შექმნის განმსაზღვრელ ფაქტორს წყალსაცავებში დიდი რაოდენობით ინერტული მარაგის



დაგროვება და მის შესართავ ადგილებში მდინარეთა უკუსვლის შესაძლებლობა წარმოადგენს. ზემოთ აღნიშნულთან ერთად, აორთქლების ფართობის გაზრდის გამო მნიშვნელოვნად იცვლება ტერიტორიის მიკროკლიმატი და წყალსაცავის მდგრადი ფუნქციონირების შესაძლებლობა.

კლიმატური პირობებისა და მეტეოროლოგიური მახასიათებლების მრავალწლიური რეჟიმიდან გადახრის გამო მნიშვნელოვნად იცვლება გეოლოგიური პროცესები დროსა და სივრცეში. ზემოთ აღნიშნული განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაღალი ენერგიების გეოლოგიურად მგრძობიარე ქანებისათვის, სადაც ეროზიული და ღვარცოფული პროცესები მაღალი ინტენსივობით არის მოსალოდნელი.

წყალსაცავის შევსების შედეგად იცვლება როგორც მიკროკლიმატი, ასევე ადგილი აქვს გრუნტის წყლის დონეების აწევას. წყლის ცვლის შევსების პროცესი მნიშვნელოვნად მოქმედებს მდინარის ხეობის სანაპირო ფერდობების გეოლოგიური პროცესების სენსიტიურობაზე, რასაც შეიძლება მეწყრული პროცესების განვითარება მოჰყვეს.

ამასთან ერთად, აღსანიშნავია წყლის დონეების ცვლადობადობა წყალსაცავებში. წყალსაცავის ფერდობების შემადგენელი გრუნტების დასველება - გამოშრობა მნიშვნელოვნად ცვლის მის მდგომარეობას და მოქმედებს მეწყრული პროცესების განვითარებაზე. წყალსაცავის ფერდების შემადგენელი გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური მახასიათებლების ცვლილებით და შეჭიდულობის ძალების შესუსტებით წარმოდგენილი სურათი ფერდობის დაცურების შესაძლებლობის განმსაზღვრელს წარმოადგენს.

ხშირად, გარდა ძირითადი მდინარისა, წყალსაცავს უერთდება პატარა დედეები, რომლებიც არახელსაყრელი

მეტეოროლოგიური პირობების შემთხვევაში (თავსხმა წვიმა, თოვლის ინტენსიური დნობა), მიუხედავად წყლის ხარჯების მცირე სიდიდეებისა, შეფასებას საჭიროებს მათი მყარი ნატანის გამოტანის შესაძლებლობები. აღნიშნული შემთხვევა ხშირად ისეთი საინჟინრო კონსტრუქციების მწყობრიდან გამოყვანის საშიშროებას წარმოადგენს, როგორებიცაა: გზები, ხიდები, ბაგირები და სხვ.

წყალსაცავების უსაფრთხო ფუნქციონირებიდან გამომდინარე, განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ადგილმდებარეობის სეისმურობა და კაშხლის ნგრევის შემთხვევაში, წყლის დონის მატების ან, ღვარცოფის წარმოქმნის შედეგად, ქვედა ბიეფში დატბორვის ზონების გავრცელების შესაძლებლობები და წარმოქმნილი ნაკადის ჰიდრაულიკური პარამეტრების ცვლილების ხასიათი. ასეთ შემთხვევაში ავარიის გამომწვევ მიზეზებად შესაძლებელია დაშვებების მიღება, ხოლო მათი შეფასება და მათემატიკური გადაწყვეტები შეიძლება სხვადასხვა მოდელზე დაყრდნობით განხორციელდეს.

## 1. კაშხლის გამანგრეველი ტალღის ჰიდროდინამიკური ანგარიში და ანალიზი

ჟინვალის მიწის კაშხლის შესაძლო ტექნოგენური კატასტროფის კომპიუტერული იმიტაციის მიზნით დაიხვეწა არსებული ალგორითმი და განხორციელდა სავსე კვლევები (სურ. 1 და 2), რომელიც საშუალებას გვაძლევს კაშხლის შესაძლო ნგრევის შემთხვევაში ვიანგარიშოთ კაშხლის გამანგრეველი ტალღის ჰიდროდინამიკური პარამეტრები, კერძოდ - ტალღის სიჩქარე, გარბენის მანძილი და, რაც მთავარია, დატბორილი ტერიტორიის გეომეტრიული ზომები.

საწყისი მონაცემები ჩვენ მიერ დაიყო ორ ნაწილად: პირველი - მუდმივი სიდიდეები და მეორე - ცვლადი; მუდმივ სიდიდეებში გათვალისწინებულია ის პარამეტრები, რომელიც დამოკიდებული არ არის რომელიმე პირობაზე; რაც შეეხება ცვლად სიდიდეებს, ისინი დამოკიდებულია წყალდიდობაზე, კაშხლის ნგრევის ხარისხზე და ა. შ.

ჟინვალის მიწის კაშხლის სამშენებლო სიმაღლე 102 მ-ია, ხოლო მუშა სიმაღლე (წყლის შეტბორვის სიმაღლე) კი - 96 მ. კაშხლის სიგანე ზღურბლზე 415 მ-ის ფარგლებშია ჟინვალის წყალსაცავის მოცულობა 520 მლნ მ<sup>3</sup>-ის, ხოლო სარკის ზედაპირის ფართობი კი 733 მლნ მ<sup>3</sup>-ის ტოლია.

საკვლევი ჰიდროდინამიკური ობიექტის - ჩვენ შემთხვევაში ჟინვალის მიწის კაშხლის გარღვევის შემთხვევაში პოტენციურად წარმოიქმნება დამანგრეველი ცუნამის ტიპის ტალღები. ტალღების სიმძლავრე დამოკიდებულია წყლის რაოდენობასა და მის სიჩქარეზე. ამის გამო საშიშია ისეთი ჰიდროდინამიკური ობიექტები, რომელთა რეზერვუარები

შეიცავენ დიდი რაოდენობის წყალს, აქვთ ზედა და ქვედა ბიეფებს შორის მნიშვნელოვანი სიმაღლეთა სხვაობა (დიდი დაწნევა). გარღვევის ტალღასა და წყლის უზარმაზარ მასას შეუძლია წალეკოს თავის გზაზე ყველაფერი - შენობა-ნაგებობები, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები, გამოიწვიოს მსხვერპლი და დიდი მატერიალური ზარალი.

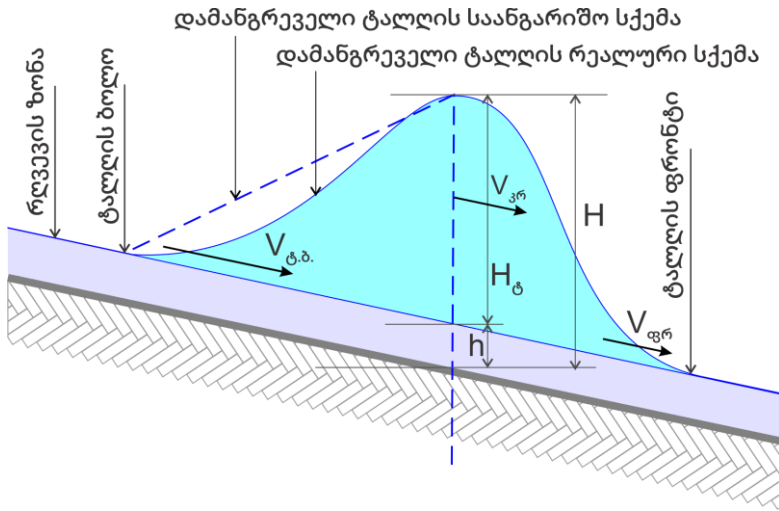


სურ. 1. ჟინვალის რეზერვუარში კატერით საველე კვლევებისას



**სურ. 2. ჟინვალის რეზერვუარში დაღეკილი კოლოიდური და ქვიშა-სილა მასალის საერთო ხედი**

სურათზე 3 მოცემულია ჟინვალის მიწის კაშხლის განგრევის შემთხვევაში წარმოშობილი ცუნამის ტიპის ტალღის გრძივი პროფილი.



**სურ. 3. ცუნამის ტიპის ტალღის გრძივი პროფილი**

წყალსაცავში არსებული წყლის მოცულობა ( $W_0$ ) გაანგარიშდა შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$W = \frac{H_B S_B}{3} \quad (\text{მლნ მ}^3) \quad (1)$$

სადაც,  $H_B$  არის წყლის სიღრმე კაშხლის ნორმალური შეტბორვის სიმაღლეზე (მ);  $S_B$  - წყალსაცავის სარკის ზედაპირის ფართობი (მლნ მ<sup>3</sup>);

მდინარის სიგანე აიღება ტოპოგრაფიული რუკებიდან, რაც შეეხება წერტილთა რაოდენობას, იგი არ უნდა აღემატებოდეს მდინარის ღერძიდან ერთ მხარეს 3 წერტილს, სულ 6 წერტილს და უნდა მოიცავდეს მთლიანად წყალშემკრებ ტერიტორიას. დატბორილი ტერიტორიის ფართობის განსაზღვრისათვის კაშხლიდან კვეთების რაოდენობა არ უნდა აღემატებოდეს 8 კვეთს, რომელთა შორის მანძილი წინასწარ უნდა იყოს დატანილი ტოპოგრაფიულ რუკაზე.

წყალდიდობის დროს ტალღის სიჩქარე ( $V$ ) ნაგებობის ქვედა ბიეფში გამოითვლება შემდეგი ფორმულით :

$$V = V_0 (H_1 / H_0)^{2/3}, \quad (\text{მ/წმ}) \quad (2)$$

კაშხლის ნგრევის ხარისხი ( $E_p$ ) დადგენილია შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$E_p = \frac{F_B}{F_0}, \quad (3)$$

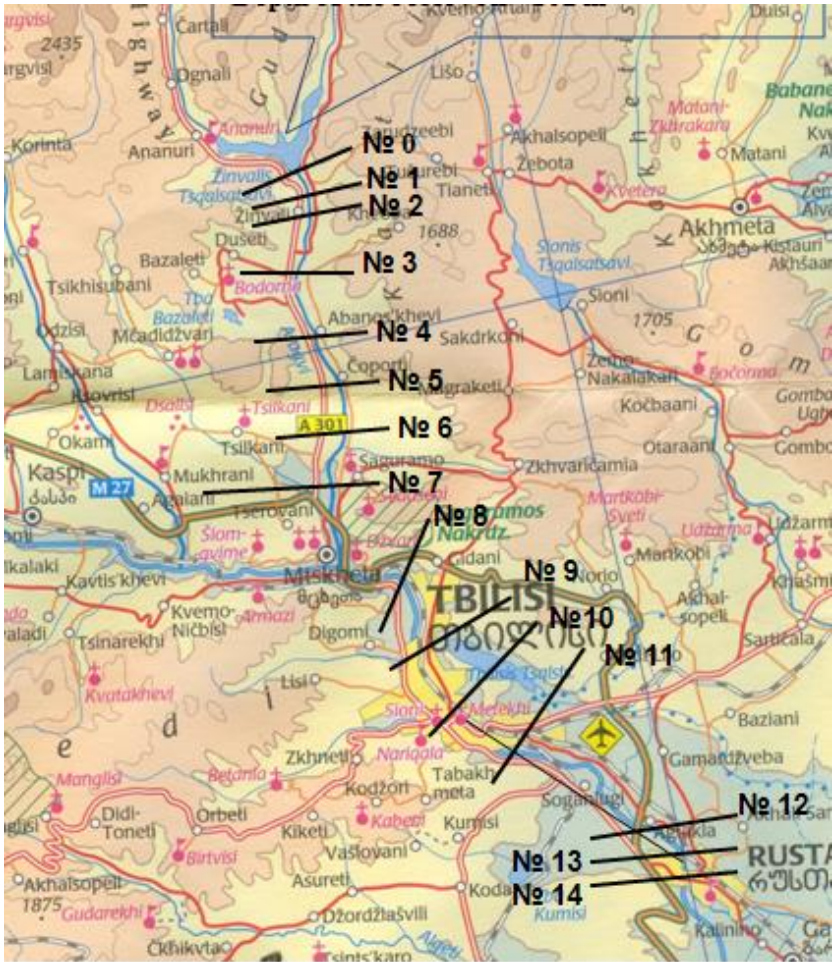
სადაც,  $F_B$  არის ნაპირის რღვეულის ფართობი ( $\text{მ}^2$ );  $F_0$  - ზედაპირის ფართობი ( $\text{მ}^2$ ).

გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, ალგორითმში გათვალისწინებულია: მდინარის ნაპირის ზღურბლის სიმაღლე ( $\text{მ}$ ), მდინარის სიგრძეზე კვეთების რაოდენობა, კვეთებს შორის დაშორება ( $\text{კმ}$ ), მდინარის კალაპოტის სიგანე ( $\text{მ}$ ), წყლის ნაკადის სიჩქარე მდინარის კალაპოტში ( $\text{მ/წმ}$ ), მდინარის ნოღა კალაპოტის სიგანე ( $\text{მ}$ ), მდინარის კალაპოტის ნიშნულების სიდიდეები ( $\text{მ}$ ) და ა. შ. (სურ 4.).



**სურ. 4. ჟინვალის მიწის კაშხლის ზედა ბიეფი წყალმიმღებ ნაგებობასთან ერთად**

ჟინვალის კაშხლის კატასტროფის პროგნოზირების მიზნით, მდ. არაგვსა და მდ. მტკვარზე ქ. რუსთავამდე კვეთების რაოდენობა შეადგენს 8 ერთეულს (სურ. 5).



სურ. 5. საანგარიშო კვეთების განლაგების სქემა

კვეთები აღებული იყო შემდეგ დასახლებულ პუნქტებში, რომლებიც კაშხლიდან სხვადასხვა მანძილითაა დაშორებული, კერძოდ კი:

1. სოფელი მისაქციელი - 30,0 კმ;
2. ავჭალის დასახლება - 35,0 კმ;



3. დიღმის (შალიკაშვილის) ხიდი - 44,5 კმ;
4. თამარ მეფის (ჩელუსკინელების) ხიდი - 48,0 კმ;
5. ორთაჭალის ხიდი - 54,2 კმ;
6. ქ. რუსთავის ახალი დასახლება - 74,0 კმ;
7. ქ. რუსთავის ცენტრი - 77,0 კმ;
8. ქ. რუსთავის ბოლო - 80,0 კმ.

ჟინვალის კაშხლის ავარიის შემდეგ წყლის ტალღის პირველი ნაკადი შესაბამის კვეთებში ჩამოედინება შემდეგ დროში:

1. სოფელი მისაქციელი - 47,1 წთ;
2. ავჭალის დასახლება - 57,74 წთ;
3. დიღმის (შალიკაშვილის) ხიდი - 76,34 წთ;
4. თამარ მეფის (ჩელუსკინელების) ხიდი - 90,1 წთ;
5. ორთაჭალის ხიდი - 107,0 წთ;
6. ქ. რუსთავის ახალი დასახლება - 172,6 წთ;
7. ქ. რუსთავის ცენტრი - 183,3 წთ;
8. ქ. რუსთავის ბოლო - 197,3 წთ.

რაც შეეხება ჟინვალის წყალსაცავით დატბორილი ტერიტორიის გეომეტრიულ ზომებს მდინარის ღერძიდან მარცხნივ და მარჯვნივ, ასეთია:

1. სოფელი მისაქციელი  
მარცხნივ - 319 მ, მარჯვნივ - 322 მ,  
წყლის სიღრმე - 21 მ, ტალღის სიჩქარე - 11 მ/წმ;
2. ავჭალის დასახლება  
კანიონში იტბორება ორივე მხარე;
3. დიღმის (შალიკაშვილის) ხიდი  
მარცხნივ - 649 მ, მარჯვნივ - 1603 მ,  
წყლის სიღრმე - 9 მ, ტალღის სიჩქარე - 5 მ/წმ;
4. თამარ მეფის (ჩელუსკინელების) ხიდი

მარცხნივ - 88 მ, მარჯვნივ - 715 მ,  
წყლის სიღრმე - 18 მ, ტალღის სიჩქარე - 10 მ/წმ;  
5. ორთაქალის ხიდი  
მარცხნივ - 239 მ, მარჯვნივ - 629 მ,  
წყლის სიღრმე - 10 მ, ტალღის სიჩქარე - 7 მ/წმ;  
6. ქ. რუსთავის ახალი დასახლება  
მარცხნივ - 115 მ, მარჯვნივ - 570 მ,  
წყლის სიღრმე - 11 მ, ტალღის სიჩქარე - 7 მ/წმ;  
7. ქ. რუსთავის ცენტრი  
მარცხნივ - 293 მ, მარჯვნივ - 786 მ,  
წყლის სიღრმე - 6 მ, ტალღის სიჩქარე - 5 მ/წმ;  
8. ქ. რუსთავის ბოლო  
მარცხნივ - 1055 მ, მარჯვნივ - 110 მ,  
წყლის სიღრმე - 7 მ, ტალღის სიჩქარე - 5 მ/წმ.

## 2. ჟინვალის მიწის კაშხლის ავარიის შედეგად დატბორილი ტერიტორიების კონტურების დაფიქსირება

ჟინვალის მიწის კაშხლის ავარიის შედეგად დატბორილი ტერიტორიების კონტურების დაფიქსირების მიზნით განხორციელდა ექსპედიციური კვლევები ჟინვალის წყალსაცავის ზედა და ქვედა ბიეფებში, რომლის ამსახველი ფოტო-მასალა მოყვანილია სურათებზე 6 და 7.



სურ. 6. ჟინვალის რეზერვუარის საერთო ხედი წყალმიმდებთან



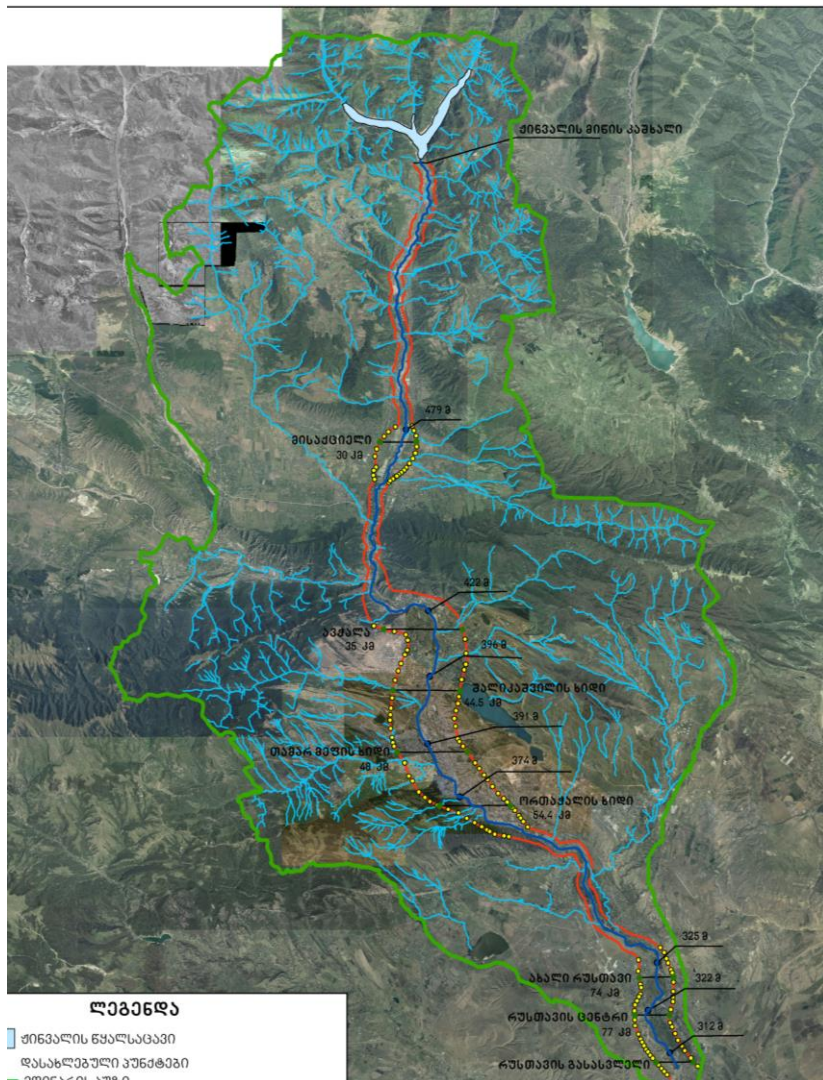
სურ. 7. ჟინვალის მიწის კაშხლის ზედა ბიეფში სავლე კვლევებისას

კაშხლების შესაძლო ავარიის პროგნოზირების მეთოდოლოგიისა და გლობალური ადგილმდებარეობის ხელსაწყოთი (GPS) -ის გამოყენებით ჟინვალის მიწის კაშხლის ზედა ბიეფში დაფიქსირდა მდ. არაგვის კალაპოტის აბსოლუტური ნიშნულები და შესაბამისი ნოლა კალაპოტის კოორდინატები, აქვე გაიზომა კაშხლის კვეთში ზღურბლსა და მის ძირში - აბსოლუტური ნიშნულები, რომლებმაც შესაბამისად შეადგინა - 816 მ და 714 მ.

ჟინვალის მიწის კაშხლის შესაძლო გარღვევისას მდინარე არაგვის კალაპოტში, აღიძვრება ცუნამის ტიპის ტალღები, მოსახლეობის დასაცავად ერთადერთ საშუალებას ორგანიზებული ევაკუაცია წარმოადგენს. თუმცა ჟინვალის მიწის კაშხლის გარღვევა უეცრად არ ხდება, მას წინ უსწრებს დეფექტების დაგროვება ნაგებობაში, რომელიც საპროგნოზო მაჩვენებელია. ასევე კაშხლის ტექნიკური პარამეტრები, წყალსაცავის ჰიდროლოგიური მაჩვენებლები და მდინარე არაგვის ტოპოგრაფიული მახასიათებლები, რომლებიც ჟინვალის კაშხლის ავარიის შედეგად დატბორილი ტერიტორიის ფართობის პროგნოზირების საშუალებას იძლევა.

საველე კვლევების, GPS -ისა, გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემების GIS-ისა და კომპიუტერული პროგრამული უზრუნველყოფის გამოყენებით დადგინდა მდინარე არაგვის კალაპოტში ის მაქსიმალური სიგანეები, სადაც ჟინვალის კაშხლის შესაძლო ავარიის შემთხვევაში წყალდიდობის შედეგად შესაძლებელია ტერიტორიების დატბორვა, რაც დიდ ზარალს მოუტანს ჩვენს ქვეყანას, მათ შორის ადგილი ექნება ადამიანთა და ცხოველთა დიდ მსხვერპლს. ანგარიშის შედეგები მოცემულია ცხრილის

სახით, ხოლო დატბორვის კონტურები კი დატანილია ციფრულ რუკებზე (სურ. 8).



სურ. 8. დატბორილი ტერიტორიის ციფრული რუკა GIS სისტემა

ჩატარებული კვლევების ანალიზის შედეგად დადგინდა რომ ჟინვალის მიწის კაშხლის შესაძლო ავარიის შედეგად საქართველოს დედაქალაქ ქ. თბილისამდე წყალდიდობის მაღალი რისკის ზონაში ექცევა დუშეთისა და მცხეთის მუნიციპალიტეტების ცხრილ 1-ში მოყვანილი შემდეგი დასახელების სოფლები, რომელთა მოსახლეობის საერთო რაოდენობა შეადგენს 14 823 ადამიანი, ამას დამატება ქ. წყალდიდობის მაღალი რისკის ზონაში მცხოვრები ქ. თბილისისა და ქ. რუსთავის მოსახლეობა.

**ცხრილი 1**

**ჟინვალის მიწის კაშხლის ავარიის შემთხვევაში წყლით დატბორილი დიდი რისკის ქვეშ მყოფი სოფლები**

| #  | დასახლებული პუნქტის დასახელება | მოსახლეობის რაოდენობა (ადამიანი) |
|----|--------------------------------|----------------------------------|
| 1  | ჩინთი                          | 188                              |
| 2  | ჟინვალი                        | 121                              |
| 3  | ბიჩიგნაური                     | 424                              |
| 4  | არაგვისპირი                    | 907                              |
| 5  | ბოდორნა                        | 140                              |
| 6  | წითელი სოფელი                  | 546                              |
| 7  | ნავაზი                         | 677                              |
| 8  | მისაქციელი                     | 2100                             |
| 10 | ნატახტარი                      | 1234                             |
| 11 | მცხეთა                         | 7 940                            |
| 12 | ზაჰესი                         | 546                              |
|    | <b>სულ:</b>                    | <b>14 823</b>                    |

ამრიგად, პირველი საპროგნოზო მონაცემების მიხედვით დადგენილია ჟინვალის მიწის კაშხლის შესაძლო ავარიის შედეგად წყალდიდობით დატბორილი მაღალი რისკის ზონის ფართობი და იქ განთავსებული მოსახლეობის ის რაოდენობა, რომელთაც დიდი საშიშროება ემუქრებათ.

### 3. სტიქიის შედეგად მიყენებული ზარალის შეფასება, აღრიცხვა და დაზარალებული მოსახლეობის სარეაბილიტაციო გეგმის დამუშავება- ანალიზი და მდგრადობა

წყალსაცავების მშენებლობის ეკონომიკური ეფექტიანობისა და მიზანშეწონილობის გამოთვლის დროს აუცილებელია განისაზღვროს წყალსაცავის კაშხლის დანგრევის (ავარიის) შედეგად შესაძლო ზარალის საპროგნოზო სიდიდე. ამ შემთხვევაში დანაკარგები შეიძლება წარმოვადგინოთ, როგორც უშუალოდ ჰიდროტექნიკური ობიექტისადმი მიყენებული ზარალის, მრეწველობის, სოფლის, სატყეო, კომუნალური მეურნეობებისა და ადამიანური მსხვერპლით გამოწვეული ზარალების ჯამი.

ზემოთ აღნიშნულ ტექნიკურ მოთხოვნებს, ასევე უნდა პასუხობდეს ჟინვალის მიწის კაშხლის არსებული მდგომარეობა, რადგან კაშხლის ქვედა ბიეფში განთავსებულია ჩვენ მიერ აღნიშნული სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტები და მათი რისკების შეფასებისას აუცილებელია მხედველობაში იქნას მიღებული ყველა იმ ობიექტის ზარალი, რომელიც შესაძლებელია დაზიანდეს ან მთლიანად გამოვიდეს მწყობრიდან ჟინვალის მიწის კაშხლის შესაძლო ავარიის შედეგად.

განვიხილოთ ზარალის შეფასების მეთოდოლოგია თითოეული პუნქტის მიხედვით.

#### 3.1. ჰიდროტექნიკური ობიექტის ნგრევით გამოწვეული ზარალი განისაზღვრება ფორმულით:

$$D_h = \sum_1^3 K_i = K_1 + K_2 + K_3 \quad (4)$$

სადაც:  $K_1$  არის ჰიდროტექნიკური ნაგებობის დანგრეული ნაწილის საბალანსო ღირებულება;  $K_2$  - ჰიდროტექნიკური ნაგებობის დანგრეული ნაწილის აღდგენის კაპიტალური ხარჯები;  $K_3$  - ჰიდროტექნიკური ნაგებობის დაზიანებული ნაწილის რემონტის ხარჯები.

### 3.2. მრეწველობის დარგისათვის ზარალი განისაზღვრება ფორმულით:

$$D_m = \sum_{i=1}^7 d_i = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5 + d_6 + d_7, \quad (5)$$

სადაც,  $d_1$  არის საწარმოო დანადგარების დაკარგვით გამოწვეული ზარალი;  $d_2$  - საწარმოო და არასაწარმოო შენობა-ნაგებობების დანგრევით გამოწვეული ზარალი;  $d_3$  - ხარჯები, დაკავშირებული დაზიანებული საწარმოო დანადგარებისა და შენობა-ნაგებობების რემონტთან;  $d_4$  - ხარჯები, დაკავშირებული დაზიანებული არასაწარმოო დანადგარებისა და შენობა-ნაგებობების რემონტთან;  $d_5$  - ნედლეულისა და მასალების, აგრეთვე დასაწყობებული მზა პროდუქციის განადგურებით გამოწვეული ზარალი;  $d_6$  - შრომის მწარმოებლობის შემცირებასთან დაკავშირებული დანაკარგები;  $d_7$  - ზარალი, გამოწვეული პროდუქციის შემცირებითა და განისაზღვრება ფორმულით:

$$d_7 = \sum_{i=1}^t \frac{d_{i7}}{(1 + \alpha)^i} \quad (6)$$

სადაც  $(1 + \alpha)^t$  დისკონტირების კოეფიციენტია,  $t$  - აღდგენითი პერიოდის ხანგრძლივობა (წელი).



### 3.3. სოფლისა და სატყეო მეურნეობებისათვის

ზარალი მოიცავს სასოფლო-სამეურნეო და ტყის სავარგულების განადგურებას, პირუტყვის დაღუპვას, საწარმოო და არასაწარმოო შენობა-ნაგებობების დანგრევას, სასოფლო-სამეურნეო მანქანა-მოწყობილობის განადგურებას, დაზიანებას და ა.შ. ეს ზარალი განისაზღვრება ფორმულით:

$$D_{sm} = D_{mc} + D_{mx} + D_{tk} , \quad (7)$$

სადაც  $D_{mc}$  არის მემცენარეობის ზარალი;  $D_{mx}$  - მეცხოველეობის ზარალი სატბორე მეურნეობის ჩათვლით;  $D_{tk}$  - სატყეო მეურნეობის ზარალი.

მემცენარეობის ზარალში შედის როგორც ერთწლიანი, ასევე მრავალწლიანი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების დანაკარგები, ასევე სასოფლო-სამეურნეო ხარჯები.

### 3.4. სავარგულების ნაყოფიერების აღდგენაზე ხარჯები

სავარგულების ნაყოფიერების აღდგენაზე ხარჯები გულისხმობს ხარჯებს მემცენარეობის საწარმოო ფონდების აღდგენასა და რემონტზე. მემცენარეობის ზარალი გამოითვლება ფორმულით:

$$D_{mc} = \frac{d_{mc1} + d_{mc2} + \dots + d_{mck}}{(1 + \alpha)^1} + \frac{d_{mc1} + d_{mc2} + \dots + d_{mck}}{(1 + \alpha)^2} + \dots + \frac{d_{mc1} + d_{mc2} + \dots + d_{mck}}{(1 + \alpha)^t} \quad (8)$$

სადაც:  $d_{mck}$  არის  $k$  ტიპის ზარალი მემცენარეობაში;  $(1 + \alpha)^t$  - დისკონტირების კოეფიციენტი ( $t$  სოფლის მეურნეობის აღდგენის პერიოდი, წლები).

### 3.5. მეცხოველეობისათვის

ზარალი გულისხმობს პირუტყვის დალუპვასთან დაკავშირებულ დანაკარგებს, ხარჯებს მათი სულადობის აღდგენაზე, ხარჯებს მეცხოველეობის კომპლექსების შენობა-ნაგებობებისა და მოწყობილობის რემონტსა და აღდგენაზე, სატბორე მეურნეობის ტბორების და შენობა-ნაგებობების რემონტისა და აღდგენის ხარჯებს, ხარჯებს სანიტარულ-ეპიდემიოლოგიური ღონისძიებების გატარებაზე. მეცხოველეობაში ზარალი გამოითვლება ფორმულით:

$$D_{mx} = \frac{d_{mx1} + d_{mx2} + \dots + d_{mxk}}{(1+\alpha)^1} + \frac{d_{mx1} + d_{mx2} + \dots + d_{mxk}}{(1+\alpha)^2} + \dots + \frac{d_{mx1} + d_{mx2} + \dots + d_{mxk}}{(1+\alpha)^t} \quad (9)$$

სადაც,  $d_{mxk}$  არის  $k$  ტიპის ზარალი მეცხოველეობაში;  $(1+\alpha)^t$  - დისკონტირების კოეფიციენტი ( $t$  - სოფლის მეურნეობის აღდგენის პერიოდი, წლები).

### 3.6. სატყეო მეურნეობისათვის

ზარალი წარმოიშობა ტყის მასივების განადგურების, მათი პროდუქტიულობის დაცემისა და განადგურებული ტყის აღდგენის ხარჯების გამო. სატყეო მეურნეობაში ზარალი გამოითვლება ფორმულით:

$$D_{ik} = \frac{d_{ik1} + d_{ik2} + \dots + d_{ikk}}{(1+\alpha)^1} + \frac{d_{ik1} + d_{ik2} + \dots + d_{ikk}}{(1+\alpha)^2} + \dots + \frac{d_{ik1} + d_{ik2} + \dots + d_{ikk}}{(1+\alpha)^t} \quad (10)$$

სადაც,  $d_{mxk}$  არის  $k$  ტიპის ზარალი სატყეო მეურნეობაში;  $(1+\alpha)^t$  - დისკონტირების კოეფიციენტი ( $t$  - სატყეო მეურნეობის აღდგენის პერიოდი, წლები).

### 3.7. კომუნალური მეურნეობისათვის

ზარალი ( $D_{km}$ ) არის ხარჯების ჯამი დატბორილი ტერიტორიის დასუფთავებასა და ინფრასტრუქტურის აღდგენაზე ( $d_{km1}$ ), განადგურებული წყალმომარაგების ობიექტების აღდგენაზე ( $d_{km2}$ ), საზოგადოებრივი ტრანსპორტის აღდგენასა და რემონტზე ( $d_{km3}$ ), დანგრეული და დაზიანებული საცხოვრებელი და საზოგადოებრივი შენობა-ნაგებობების აღდგენა-შეკეთებაზე ( $d_{km4}$ ), განადგურებული მწვანე ნარგავების აღდგენაზე ( $d_{km5}$ ):

$$D_{km} = \sum_{i=1}^n d_{kmi} \quad (11)$$

სადაც  $d_{kmi}$  არის კომუნალური მეურნეობის  $i$  - იური ტიპის ზარალი.

### 3.8. ადამიანური მსხვერპლით

ზოგადად ადამიანის სიცოცხლე შეუფასებელია, მაგრამ ამ კონტექსტში ადამიანური მსხვერპლით გამოწვეული ზარალი მიახლოებით შეიძლება განისაზღვროს სადაზღვევო სახსრების მეშვეობით:

$$D_a = n * C, \quad (12)$$

სადაც,  $n$  არის მსხვერპლის რაოდენობა;  $C$  - ადამიანის სიცოცხლის მაქსიმალური სადაზღვევო თანხა.

ამრიგად, პირველი მიახლოებითი გაანგარიშებისას კაშხლის შესაძლო ავარიის შედეგად ცუნამის ტიპის ტალღით გამოწვეული ზარალი შეიძლება დავადგინოთ ადამიანური მსხვერპლით გამოწვეული, ჰიდროტექნიკური ობიექტის ნგრევის, მრეწველობის ობიექტების, სოფლის, სატბორე მეურნეობის, სატყეო და კომუნალური მეურნეობის ზარალების ჯამი.

დაზარალებული მოსახლეობის სარეაბილიტაციო გეგმის დამუშავება-ანალიზი და მდგრადობა განხილული უნდა იქნას საგანგებო მდგომარეობაში მოსახლეობის ქცევის წესების შესაბამისად.

კაშხლის მესაკუთრეს დამუშავებული უნდა ჰქონდეს მიმდებარე ტერიტორიისა და ნაგებობის გავლენის სფეროში არსებული ტერიტორიის დაცვის პრინციპები. ყველა შემთხვევაში ჰიდროტექნიკურ ნაგებობას ესაჭიროება მიმდინარე და კაპიტალური რემონტი, ხოლო მესაკუთრეს განსაზღვრული უნდა ჰქონდეს მისი პერიოდულობა.

ჰიდროტექნიკური ნაგებობის, როგორც წყალსამეურნეო კომპლექსის, უსაფრთხოება არის მისი თვისება დაიცვას გარემო, სამეურნეო ობიექტები, ადამიანის სიცოცხლე, ჯანმრთელობა და კანონიერი ინტერესები, ხოლო ნაგებობის საექსპლუატაციო მდგომარეობა უნდა შეეფერებოდეს და აკმაყოფილებდეს თანამედროვე მოთხოვნებს.

აქედან გამომდინარე, ყველა ჰიდროტექნიკურ ნაგებობას უნდა ჰყავდეს ისეთი პატრონი, რომელიც გამორიცხავს არასანქცირებულ შეღწევას ობიექტზე. გარდა ამისა, ჰიდროტექნიკური ნაგებობის მესაკუთრეს შედგენილი უნდა ჰქონდეს ნაგებობის უსაფრთხოების დეკლარაცია, რომელშიც გათვალისწინებული იქნება მისი ყველა ტექნიკური პარამეტრი და მონაცემებზე დაკვირვების წესი ნაგებობის ექსპლუატაციის პროცესში. იგი აგრეთვე უნდა ითვალისწინებდეს ყველა დამხმარე ნაგებობის, შენობისა და მოწყობილობის უსაფრთხო ექსპლუატაციის პირობებს და მათი ნორმალური ექსპლუატაციის პირობების შემოწმების პერიოდულობას.

მოსახლეობის დაცვის მიზნით აკრძალულია დასახლება ჰიდროტექნიკური ნაგებობის ან ბუნებრივი წყალსატევის

გარღვევის შემთხვევაში აღძრული ტალღების მოქმედების ზონაში, ხოლო სავარგულების გამოყენება შესაძლებელია ერთწლიანი ნათესებისათვის.

ოპერატიული ღონისძიებებიდან მოსახლეობისა და ტერიტორიის დაცვის მიზნით აღსანიშნავია ნაგებობების სიმტკიცეზე უწყვეტი დაკვირვება და შემჩნეული ხარვეზების აღმოფხვრა, გეგმიური სარემონტო სამუშაოების დროული და ხარისხიანი შესრულება, მოსალოდნელი წყალდიდობის პროგნოზი, რისკის შეფასება, მომუშავე პერსონალის კვალიფიკაციის ამაღლება, უსაფრთხოების წესების განუხრელი დაცვა და სხვ.

ზემოაღნიშნულის მიუხედავად, თუ მაინც დადგა საგანგებო სიტუაციის წარმოქმნის მაღალი რისკი, ამის შესახებ უნდა გაფრთხილდეს მოსახლეობა და უნდა დაიწყოს ევაკუაციისათვის მზადება. იმ შემთხვევაში, როდესაც ხდება კაშხლის არაპროგნოზირებადი უეცარი გარღვევა, საჭიროა განგაშის გამოცხადება ყველა საშუალებით, ხოლო მოსახლეობის ევაკუაცია, ვითარებიდან გამომდინარე, უნდა მოხდეს ძალზე შემჭიდროებულ ვადებში.

საზოგადოდ, როგორც აღინიშნა, ტექნოგენური ხასიათის ყველა ავარიას წინ უსწრებს დეფექტების დაგროვება შენობა-ნაგებობაში, მოწყობილობაში, საწარმოო ხაზში, გადახრა ტექნოლოგიური პროცესების ნორმალური მიმდინარეობიდან და ა.შ., რომლებიც თავისთავად არ შეიძლება გახდნენ ავარიის მიზეზი, მაგრამ ხელს შეუწყობენ ავარიის განვითარებას მისი ინიცირების შემთხვევაში. აღნიშნული ეტაპი, რომელსაც პირობითად შესაძლებელია დეფექტების დაგროვების ეტაპი ვუწოდოთ, ძალზე მნიშვნელოვანია, რადგან ამ ეტაპზე შესაძლებელია ავარიის

ხელშემწყობი მიზეზების აღმოფხვრა და, უმეტეს შემთხვევაში ავარიის აცილება.

ავარიის მეორე ეტაპზე აღიძვრება რაიმე მაინიცირებელი მოვლენა, რომელიც ყოველთვის მოულოდნელია, მის ასაცილებლად ადამიანს აღარ რჩება დრო და ავარია გადადის მესამე სტადიაზე, ანუ ხდება პირველი ორი სტადიის ნეგატიური შედეგების რეალიზება. აქედან გამომდინარე, ცხადია, რომ მხოლოდ პირველ ეტაპზეა შესაძლებელი ადამიანის პროფილაქტიკური ჩარევა ხელშესახები მდგრადი შედეგის მიღების მიზნით.

ამრიგად, დაზარალებული მოსახლეობის სარეაბილიტაციო გეგმის დამუშავება-ანალიზი და მდგრადობა უნდა შეფასდეს ზემოგანხილული ფაქტორების მხედველობაში მიღებით.

#### 4. ძირითადი დასკვნები

- შესავალ ნაწილში წარმოდგენილი და შეფასებულია მაღლივი კაშხლების როლი წყალდიდობების რეგულირების საქმეში და მათი ექსპლუატაციის დროს მუშაობის საიმედოობისა და რისკის განსაზღვრის აუცილებლობა;
- დადგენილია ცუნამის ტიპის ტალღის მოძრაობის სიჩქარე, დატბორილ ტერიტორიებზე წყალდიდობის სიღრმეები და მათი განშლადობის გეომეტრიული ზომები მდინარის კალაპოტის სიმეტრიის ღერძიდან მარცხენა და მარჯვენა ნაპირებზე; მონაცემები GIS ტექნოლოგიების გამოყენებით დატანილია ციფრულ რუკაზე;
- ჟინვალის წყალსაცავზე 2020 წლის ექსპედიციის პერიოდში განხორციელებული საველე სამეცნიერო და თეორიული კვლევების ანალიზის საფუძველზე, ჟინვალის მიწის კაშხლის შესაძლო ავარიის შემთხვევაში, დადგენილია წყლით დატბორილი ტერიტორიების მაღალი რისკის მქონე ფართობები და მოსახლეობის რაოდენობა, რომელიც დუშეთისა და მცხეთის რაიონის მუნიციპალიტეტებში პირველი მიახლოებით შეადგენს 14 823 ადგილობრივ მოსახლეს;
- დამუშავებულია მეთოდოლოგია, სადაც ყურადღება გამახვილებულია სტიქიის შედეგად მიყენებული ზარალის შეფასებაზე, აღრიცხვასა და დაზარალებული მოსახლეობის სარეაბილიტაციო გეგმის დამუშავებაზე, ანალიზსა და მდგრადობაზე.

## 5. ლიტერატურა

1. Checklist for contingency planning for accidents affecting transboundary waters, with introductory guidance. UNICE, UNITED NATIONS, New York and Geneva, 2016, 51 p.
2. **Gavardashvili G.V., Ayyub B. M., Sobota J., Bournaski E., Arabidze V.** – Simulation of Flood and Mud Flow Scenarios in Case of Failure of the Zhinvali Earth Dam International Symposium (With the support of UNESCO) on FLOODS AND MODERN METHODS OF CONTROL MEASURES. 23-28 September 2009, Tbilisi, Georgia, pp.148-163.
3. **Gavardashvili G.V.** - Forecasting of Erosion and Debris Flow Processes for the Energy Supply and Transport Corridors of Georgia Using the Theory of Reliability and Risk. First International Conference on Vulnerability and Risk Analysis and Management (ICVRAM), April 11-13, 2011, University of Maryland, USA, pp. 813-820 (publishing ASCE).
4. **Гавардашвили Г.В.** - Компьютерная имитация наводнения в случае разрушения ингурской плотины. Сборник Научных Трудов Института Водного Хозяйства Грузии, №65, Тбилиси, 2010, с. 42 – 52.
5. **Gavardashvili G.V.** - Forecast of Flooded Territories By Flooding In Case of Possible Accident of Shaori Rockfill Dam. The International Conference on “Protection of Agrobiodiversity and Sustainable Development of Agriculture. November 24-25, 2010, Tbilisi, Georgia, pp. 295-299.
6. **Gavardashvili G.V.** - Forecasting of Erosion and Debris Flow Processes for the Energy Supply and Transport Corridors of Georgia Using the Theory of Reliability and Risk. First International Conference on Vulnerability and Risk Analysis and Management. (ICVRAM) April 11-13, 2011, University of Maryland, USA, pp. 813-820, (publishing ASCE).
7. **Gavardashvili G.V.** - Prediction of Flooded Territories in Case



of Possible Breakdown of the Sioni Earth Dam. International Conference on VAIONT – 1963-2013, Thoughts and analyses after 50 years since the catastrophic landslide. Padua, ITALY, 8-10 October, 2013, pp. 417-423.

8. **გავარდაშვილი გ.ვ.** - ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფებისას მთის ლანდშაფტების უსაფრთხოების ღონისძიებები. თბილისი, გამომცემლობა „უნივერსალი“, 2011, 237 გვ.
9. **Gavardashvili G.V., Ayyub B. M.** - The Field Investigation of Erosion and Debris Flow Processes in Catchment Basin of the Duruji River. 5<sup>th</sup> International Conference on Debris-Flow Hazards Mitigation, Mechanics, Prediction and Assessment. Padua, ITALY - 14-17 June 2011. pp. 63-71.
10. **Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E., Supatashvili T., Kuparashvili I., Bziava K., Natroshvili G.** – Field Survey and Assessment of Ecological Processes Occurring in the Water Area of Zhinvali Reservoir. 8<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference, Modern Problems of Water Management, Environmental Protection, Architecture and Construction”. Tbilisi, 2018, pp. 27-34.
11. **Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E., Supatashvili T., Natroshvili G., Qufarashvili I.** - The Research of Water Levels in the Zhinvali Water Reservoir and Results of Field Research on the Debris Flow Tributaries of the River Tetri Aragvi flowing in it. International Conference on Engineering and Technology. WASET, Rome, Italy, January 17, 2019, pp. 702- 705.
12. **Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E., Supatashvili T., Iremashvili I., Bziava K., Natroshvili G.** –Mathematical Modeling of Hydrodynamic Processes of Overflow Wave on the Zhinvali Land Dam (Georgia) International Conference on Ecological and Environmental Engineering. WASET, Paris, France, May, 16-17, 2019, pp. 1029- 1032.
13. **Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E., Supatashvili T.,**

- Iremashvili I., Bziava K., Natroshvili G.** - The Calculation of Maximal and Average Speed of Debris Flow Formed as a Result of Outstretched Water Wave on the Land Dam of Zhinvali. International Conference on Construction and Environmental Engineering. WASET, Barcelona, Spain, June 11-12, 2019, pp. 1029- 1032.
14. **Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E., Supatashvili T., Iremashvili I., Bziava K., Natroshvili G.** - The Ecological Awareness Level Arising of the Population Living in the Flood Risk Zone in case of Possible Accident of Zhinvali Land Dam and Designing Precautionary Measures. XIII International Conference on Environmental, Biological, Ecological Sciences and Engineering. WASET, Rome, Italy, December, 12-13, 2019, pp. 755- 758.
15. **Gavardashvili G.V.** - Climate Change and Risk of Land Reclamation in Georgia. Materials of the International Anniversary Scientific and Practical Conference - Problems of the development of agricultural land reclamation and water management complex based on digital technology. Moscow, Russia, October 23-24, 2019, pp 261-269.
16. **გავარდაშვილი გ.ვ., სუპატაშვილი თ., კუხალაშვილი ე., ნატროშვილი გ., ქუფარაშვილი ., ირემაშვილი ი. ბზიავა კ.** - ჟინვალის მიწის კაშხლის შესაძლო ავარიის შემთხვევაში წყლით დატვირთული ტერიტორიების რისკის ზონების დადგენა და საგანგებო სიტუაციაში მოსახლეობის ქვეყნის წესების შეფასება. ბუკლეტი გამოიცა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის საგრანტო პროექტის #FR17\_615 „მოწყვლადი ინფრასტრუქტურის უსაფრთხოების რისკების შეფასება მოსალოდნელი კატასტროფების ფორმირებისას” ფინანსური მხარდაჭერით. თბილისი, გამომცემლობა - „საჩინო“, 2019, 63 გვ.
17. **გავარდაშვილი ნ.გ.** - თბილისის მოსახლეობის

- უსაფრთხოების უზრუნველყოფა მდინარე ვერეს წყალშემკრებ აუზში ეროზიულ-დვარცოფული პროცესების რეგულირების გათვალისწინებით. თბილისი, 2017, 42 გვ.
18. Hydroelectric Stations of Georgia - Energomashexport, Moscow, 1989, 50 p.
  19. **Kukhalashvili E, Gavardashvili G.V., Kupreishvili Sh.** - Expected Risk of Cohesive Debris Flows and Fighting Against Them. Lambert, Academic Publishing, GmbH, Norderstedt, Germany, 2018, 87 p.
  20. **Namgaladze D., Gurgenidze D.** - Ecological protection of Energetical object. Monography "Technical University" Tbilisi, 2006.
  21. **Natishvili O.G., Gavardashvili G.V.** - Calculation of Impact Action of a Coherent Mudflow Current in the Wave Motion Mode on a Transverse Structure. 9<sup>th</sup> International Scientific and Technical Conference, Modern Problems of Water Management, Environmental Protection, Architecture and Construction". Tbilisi, 2019, pp. 210-214.
  22. **Natishvili O.G., Gavardashvili G. V.** - Dynamics of Gully-Formation by Considering the Wave Motion of Flow. American Scientific Research Journal for Engineering, Technology and Sciences. (ASRJEST). Vol 55, #1, 2019, pp. 17-26. [http://asrjtsjournal.org/index.php/American\\_Scientific\\_Journal/issue/view/81](http://asrjtsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/issue/view/81).
  23. **ნატიშვილი О.Г., Урушадзе Т.Ф., Гавардашвили Г.В.** – Влияние Волнообразного Движения Склонового Стока на Интенсивность Эрозии Почв. Сборник Научных Трудов Института Водного Хозяйства, Грузии, №69, Тбилиси, 2014, 8 с.
  24. **მელქაძე თ., კაპანაძე თ.** - საგანგებო სიტუაციებში მოსახლეობის მოქმედების წესები. გამომცემლობა „აწმყო“, თბილისი, 2004, 44 გვ.

25. **Mirtskhoulava Ts.E.** - Hazards and Risk (at some water and other systems. Types, Analysis, Assessment). 2 Books. Tbilisi, "Metsniereba", 2003, 807 p. (in Russian).
26. **Mirtskhoulava Ts.E.** - Ecological breakdowns (prediction of risk of breakdown, measures for lowering the hazard), Tbilisi, 1993, 432 p.
27. მირცხულავა ც., თევზაძე ვ., მახათაძე ლ., დოხნაძე დ., მირცხულავა ზ., გავარდაშვილი გ., გვიშიანი ზ. - სტიქიური უბედურებანი (სამახსოვრო), მეცნიერება, თბილისი, 1992, გვ 19.
28. მირცხულავა ც. - წყალდიდობა და მასთან ბრძოლა. თბილისი, 1987, 32 გვ.
29. Mike 21 Flow Model. Hints and recommendations in applications with significant flooding and drying [interaktyvus] [žiūrėta 2012-12-10]. Prieiga per internetą: <[http://www.dhigroup.com/upload/dhisoftwarearchive/papersanddocs/hydrodynamics/MIKE21 Significant Flodry Guidelines](http://www.dhigroup.com/upload/dhisoftwarearchive/papersanddocs/hydrodynamics/MIKE21%20Significant%20Flodry%20Guidelines).
30. საქართველოს კანონი საგანგებო სიტუაციების შესახებ. 2018 წლის 31 ოქტომბრის კანონი #3576. თბილისის, 2018.
31. ფრანგიშვილი ა., ბოჭორიშვილი ნ., ლანჩავა ო. - სიცოცხლის უსაფრთხოება (საგანგებო სიტუაციების მართვა და სამოქალაქო თავდაცვა). გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბილისი, 2011, 636 გვ.
32. **Urbanavičius V.** - Kaunas's Impact on Hydrodynamics of the Ne-man River. Alexander Stulginski University. Kaunas, Lithuania, 2013, 54 p.

**UNESCO Georgian National Commission**

**ECOCENTER FOR ENVIRONMENTAL PROTECTION  
The Organization in Category of Consultative Status with the  
Economic and Social Council (ECOSOC) of UN**

**FORECASTING NATURAL DISASTERS AND RISK  
REDUCTION INNOVATIVE MEASURES**

**Assessment, Accounting of Damage Caused by Natural Disasters,  
and, Processing-analysis and Sustainability of the Rehabilitation  
Plan for the Affected Population**

**Project's Coordinator:  
Academician Givi Gavardashvili,  
Doctor of Technical Sciences, professor**

**Book 3**

**The material was published with the support of the United  
Nations Educational, Scientific and Cultural Organization's  
(UNESCO) 2022-2023 "Participation Program", within the  
framework of the project (2240116105) funded by UNESCO.**

**(Agreement # 4 / 2240116105/pp 2022-2023)**

**Tbilisi 2023**