

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
გარემოსდამცავი ინოვაციური კონსტრუქციები**

პროექტის ხელმძღვანელი:

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

თბილისი - 2023

UDC (უკ) 502.2

გ - 212

საქართველოს იუნესკოს საქმეთა ეროვნული კომისია

UNESCO Georgian National Commission

ა(ა)იბ 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 5

© გ.გ. გავარდაშვილი

ISBN 978-9941-8-4175- 0

თბილისი - 2023

პროექტის შემსრულებლები

#	სახელი, გვარი	სამეცნიერო ხარისხი	როლი პროექტში
1	გივი გავარდაშვილი	აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი	პროექტის ხელმძღვანელი და შემსრულებელი
2	ედუარდ კუხალაშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
3	ინგა ირემაშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
4	კონსტანტინე ბზიავა	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
5	ლევან წულუკიძე	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), მთ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
6	მარინა მღებრიშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), უფ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
8	შორენა კუპრეიშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
9	ნათია გავარდაშვილი	საზოგადოებრივი გეოგრაფიის აკადემიური დოქტორი, უფ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
10	ანა გავარდაშვილი	ინფორმატიკის აკადემიური დოქტორი, უფ. მეცნიერი	პროექტის შემსრულებელი
11	ლორენც კინგი	გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი	პროექტის შემსრულებელი
12	მიხაილ შეფერი	გეოგრაფიის აკადემიური დოქტორი	პროექტის შემსრულებელი

შინაარსი

№	სამუშაოს დასახელება	გვ.
1	შესავალი	5
2	მთის ლანდშაფტების უსაფრთხოების მიზნით ინოვაციური საინჟინრო - მკოლოგიური ღონისძიებები	7
2.1	ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობების ახალი კონსტრუქციები	7
2.2	მდინარის კალაპოტის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა	13
3.	ღვარცოფსაწინააღმდეგო ინოვაციური ნაგებობები	14
4.	თოვლის ზეავის საწინააღმდეგო ინოვაციური ნაგებობა.....	27
5.	ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების დაცრომე ტიპისათვის გაანგარიშების მეთოდოლოგია	30
5.1.	ნაგებობის გაანგარიშების მეთოდოლოგია.....	30
6	ლიტერატურა	35

1. შესავალი

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში (ყოფილი საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის წყალთა მეურნეობისა და საინჟინრო ეკოლოგიის ინსტიტუტი) აკადემიკოს გივი გავარდაშვილისა და თანაავტორების მიერ დამუშავდა ბუნების სტიქიური მოვლენების საწინააღმდეგო ახალი ნაგებობები, რომელთა მეცნიერულ-ტექნიკური სიახლის პრიორიტეტებიც დაცულია 10 საზღვარგარეთული და 12 საქართველოს პატენტის მოწმობით.

იუნესკოს საერთაშორისო პროგრამის (“IDNDR”, 1991-2000 წ.წ.) შესაბამისად, აკადემიკოს გივი გავარდაშვილის მიერ ფრანგულ ენაზე გამოიცა მონოგრაფია „გარემოსდამცავი ნაგებობების ახალი კონსტრუქციები“, სადაც განხილულია ზემოთ აღნიშნული გარემოსდამცავი ნაგებობების კონსტრუქციული დახასიათება და მათი პროექტირებისათვის გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

წიგნის მეცნიერ-რედაქტორი, აკადემიკოსი ცოტნე მირცხულავა აღნიშნავდა, რომ „ნაგებობების პრაქტიკაში გამოყენება, მათი კონსტრუქციული თავისებურებიდან გამომდინარე, საგრძნობლად გაზრდის კაშხლების საიმედო მუშაობის ალბათობას და შემცირდება კონსტრუქციის წყობიდან გამოსვლის რისკი. სტიქიური მოვლენების წარმოშობის თვალსაზრისით, საქართველო არის ბუნებრივი ლაბორატორია და თუ მხედველობაში მივიღებთ მდინარეების - დურუჯის, არაგვის, ცხენისწყლის, აჭარის წყლის და სხვა ღვარცოფსადინარების წყალშემკრები აუზების კატასტროფულ ეკოლოგიურ მდგომარეობას, შეიძლება ითქვას, რომ სამეცნიერო ნაშრომი ჩვენი ქვეყნისათვის და არა მარტო, აქტუალურია და მეცნიერ-სპეციალისტების ყურადღების ცენტრში მოექცევა“ .

აკადემიკოს ც. მირცხულავას პროგნოზმა მართლაც რომ

გაამართლა, როდესაც წიგნის პრეზენტაცია შედგა ამერიკის შეერთებულ შტატებში, ქ. ვაშინგტონში ავტორის სტაჟირების დროს ამერიკის გარემოს დაცვისა და აგრარულ დეპარტამენტებში დიდი შეფასება მისცეს მსოფლიოში ცნობილმა მეცნიერ-სპეციალისტებმა: ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორებმა, პროფესორებმა: ა. ბორტვიკმა (ოქსფორდის უნივერსიტეტი), დ. ვანდაიმ (კანადა), მ. ბენტმა (გერმანია), დ. ვიკზორეკმა (აშშ), პროფესორმა ბ. ტოვანსამ (შვეიცარია), „იუნესკოს“ სტიქიური უბედურებისა და გარემოს დაცვის განყოფილების გამგემ, პროფესორმა ტ. შააფმა (საფრანგეთი) და ა.შ.

წარმოდგენილ ნაშრომში განხილულია ახალი კონსტრუქციები, რომლებიც შესაძლებელია გამოყენებული იყოს მთის ლანდშაფტებში განთავსებულ მდინარეთა წყალშემკრებ აუზებში მიმდინარე დედამიწის ზედაპირის დესტრუქციული პროცესების საწინააღმდეგოდ.

2. მთის ლანდშაფტების უსაფრთხოების მიზნით ინოვაციური საინჟინრო - ეკოლოგიური ღონისძიებები

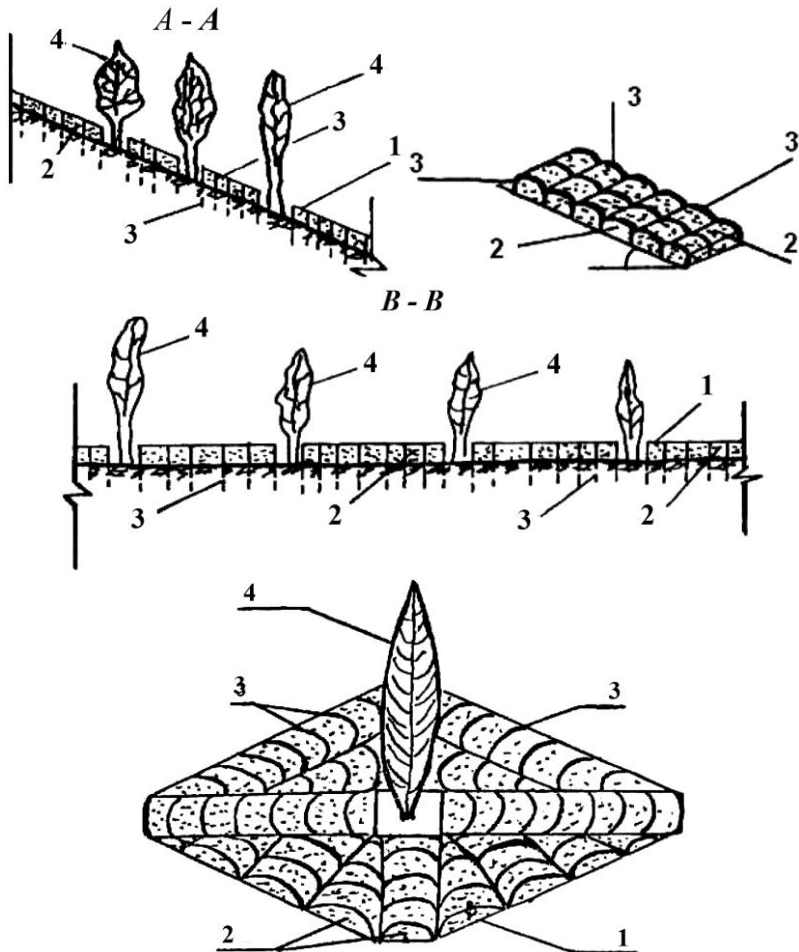
2.1 ნიადაგის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობების ახალი კონსტრუქციები

წყლისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგოდ, წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტში, პროფ. გივი გაეარდაშვილის მიერ დამუშავებულია მთელი რიგი ეროზიის საწინააღმდეგო რესურსდამზოგი ახალი კონსტრუქციები, რომელთა მეცნიერულ-ტექნიკური სიახლის პრიორიტეტებიც დამოწმებულია საქართველოსა და საზღვარგარეთის პატენტის მოწმობებით.

1) მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ახალი კონსტრუქცია უზრუნველყოფს გრუნტის ნაწილაკების ადგილზე შეკავებას, ეწინააღმდეგება ფერდობზე ეროზიის გავრცელებას, ქმნის მცენარისათვის ნორმალურ ეკოლოგიურ გარემოს და ხასიათდება დაბალი სამშენებლო-სამონტაჟო ხარჯებით.

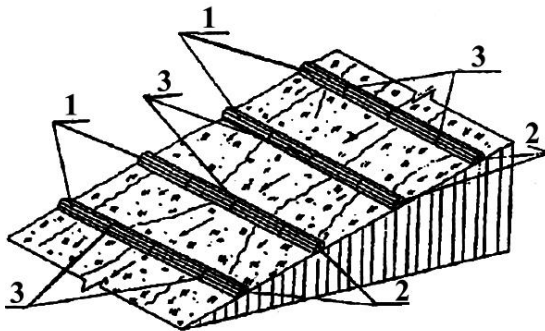
ნაგებობა შედგება პოლიეთილენის ტომრებისაგან (1), რომლებიც შევსებულია ადგილობრივი გრუნტით (2) (ნახ. 2.1).

პოლიეთილენის ტომრები (1) გრუნტის ზედაპირზე დამაგრებულია ლითონის სამაგრებით (3), ხოლო მთის ფერდობის თავისუფალ ადგილებში ჭადრაკული განლაგებით დარგულია მწვანე ნარგავები (4). პოლიეთილენის ტომრები (1) გეგმაში გრუნტის ზედაპირზე განლაგებულია მცენარეების გარშემო რადიალურად და ერთმანეთთან დაკავშირებულია (გადაბმულია) პოლიეთილენის მასალით.

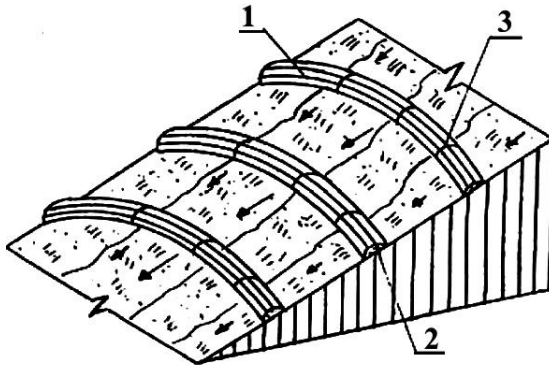


ნახ. 2.1. ეროზიის საწინააღმდეგო კონსტრუქცია

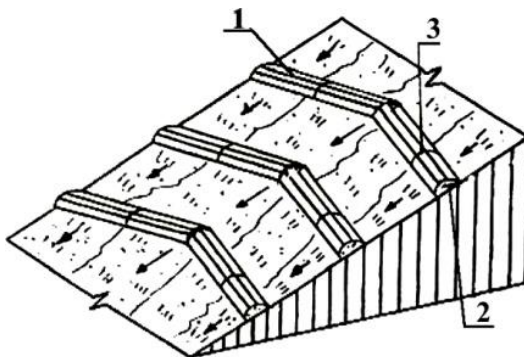
ეროზიის საწინააღმდეგო ზეინულები (ნახ. 2.2, 2.3 და 2.4), რომლებიც შედგება მიწის ტომრებისაგან, მთის ფერდობზე განლაგებულია სხვადასხვა კონფიგურაციით, რაც უზრუნველყოფს მთის ფერდობზე ინტენსიური წვიმების შედეგად წარმოშობილი წყლის ზედაპირული ნაკადების კინეტიკური ენერჯიის ჩაქრობას.



ნახ. 2.2. ეროზიის საწინააღმდეგო მოწყობილობა



ნახ. 2.3. ეროზიის საწინააღმდეგო მოწყობილობა



ნახ. 2.4. ეროზიის საწინააღმდეგო მოწყობილობა

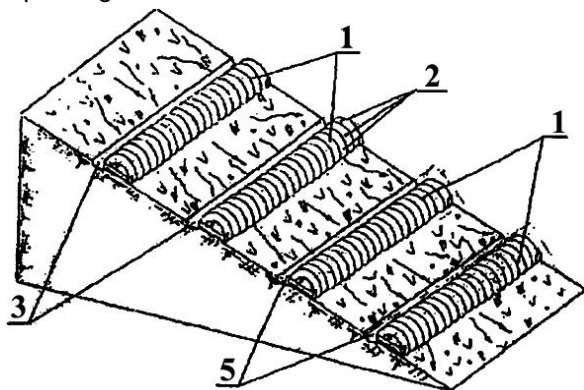
2) ეროზიის საწინააღმდეგო მოწყობილობა, რომელიც ნაჩვენებია 2.2 ნახაზზე, შედგება მტკიცე სინთეტიკური მასალისაგან დამზადებული გრძელი ტომრებისაგან (1), რომლებიც შევსებულია ადგილობრივი ინერტული მასალით (2) და მთის ფერდობზე დამაგრებულია მაღალი სიმტკიცის სამაგრებით (3) (იხ. საქართველოს პატენტი #SU 925).

მთის ფერდობზე მოსული დიდი ინტენსიური წვიმების შედეგად წარმოშობილი ზედაპირული წყლის ნაკადების კინეტიკური ენერჯიის ჩასაქრობად სინთეტიკური გრძელი ტომრების განლაგება ფერდობის მთელ სიგანეზე, ერთმანეთის მიმართ პარალელურად, ტეხილ ხაზზე ან რკალზე, უზრუნველყოფს ზედაპირული წყლის ნაკადის სიჩქარის შემცირებას და, აქედან გამომდინარე, ამცირებს ნაგებობის ზედა ბიეფში ტომრებსა და ნიადაგს შორის გრძივი მიმართულებით ნალვარევეებისა და ხრამების წარმოშობას.

ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობის ეფექტური მუშაობისათვის სინთეტიკურ ტომრებს შორის მანძილი ისე უნდა დაპროექტდეს, რა თქმა უნდა, გამრეცხი სიჩქარის გათვალისწინებით, რომ მთის ფერდობზე ადგილი არ ჰქონდეს როგორც სიღრმით, ასევე სიბრტყით ეროზიას.

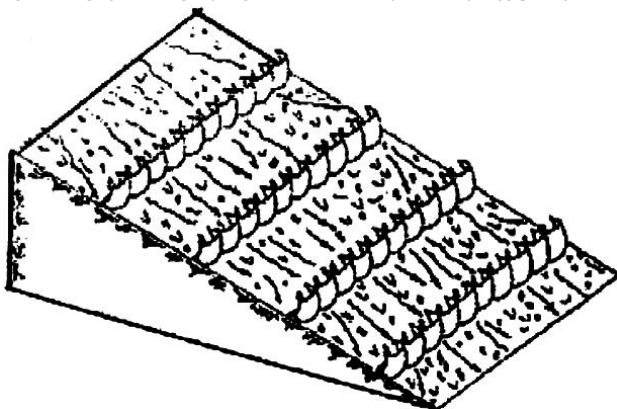
3) მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა (ნახ. 2.5) მთის ფერდობის მთელ სიგანეზე ავტომობილის ამორტიზებული საბურავებისაგან შედგენილ სექციებად, რიგებადაა ჩამაგრებული; გამოყენებული საბურავები განლაგებულია გვერდითი ზედაპირებით ერთმანეთზე მიჯრით, ჩალაგებულია გრუნტის თხრილში და მჭიდროდაა დაკავშირებული ერთმანეთთან ლითონის ბაგირებით, რომლებიც გატარებულია საბურავებში წინასწარ გაკეთებულ ნახვრეტებში, შემოხვეულია სექციის ერთ ბოლოზე მიმაგრებულ ლითონისებრ ელემენტზე და ბოლოები ხისტადაა ჩამაგრებული სექციის მეორე ბოლოზე დაყენებულ II-სებრ ელემენტზე ქანჩითა და ჭანჭიკით; ამასთან, ნაგებობიდან წყლის ნაკადის გაყვანის მიზნით, ნაგებობის ზედა ბიეფში მოწყობილია

წყალამრიდი არხები.



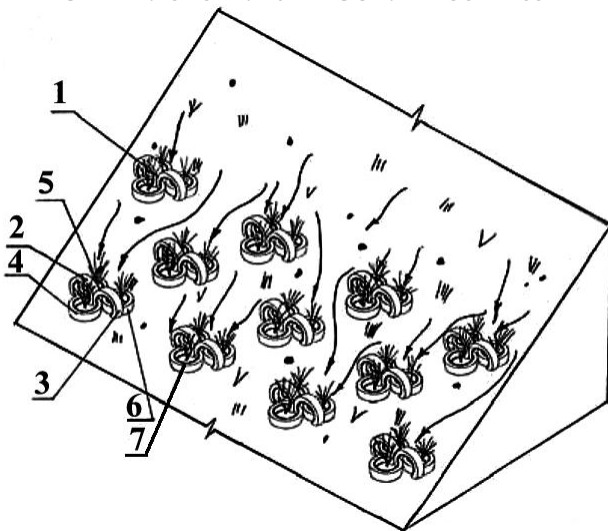
ნახ. 2.5. ეროზიის საწინააღმდეგო მოწყობილობა

4) მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა (ნახ. 2.6) შედგება ავტომობილის ამორტიზებელი, დიამეტრზე გაკვეთილი საბურავებისაგან, რომლებიც ერთი ბოლოთი გრუნტში ხისტადაა ჩამაგრებული ერთმანეთთან მიჯრით, ხოლო მეორე, ნიადაგის ზემოთ დარჩენილი ნაწილი მიმართულია მთის ფერდობზე მოსული ინტენსიური წვიმის შედეგად წარმოშობილი წყლისმიერი ზედაპირული ეროზიის საწინააღმდეგოდ.



ნახ. 2.6. ეროზიის საწინააღმდეგო მოწყობილობა

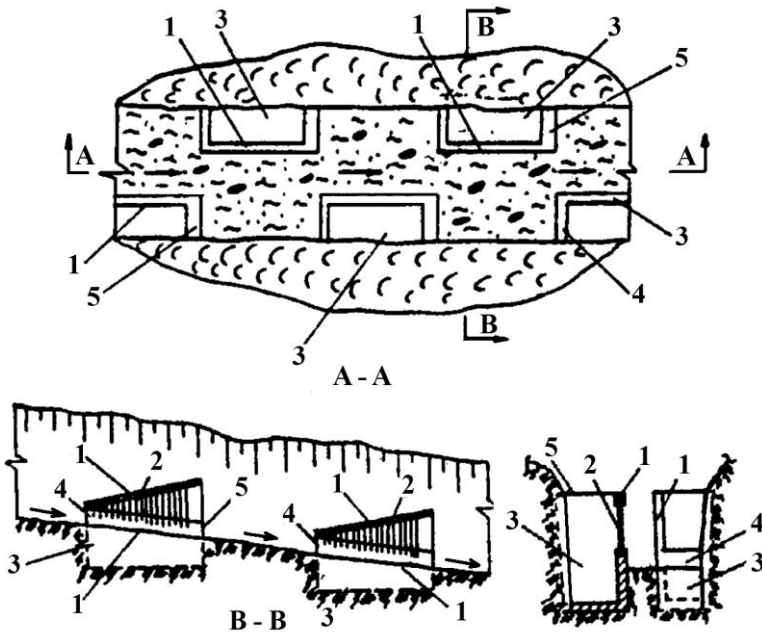
5) მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა (ნახ. 2.7), რომელიც შედგება ჭადრაკულად განლაგებული ავტომობილის ამორტიზებული საბურავების შედგენილი სექციებისაგან, რომელთაგან ორი ჩამაგრებულია დიამეტრის სიგრძის დაახლოებით $1/3$ ნაწილით, მუშა ზედაპირებით ერთმანეთთან მიჯრით დაკავშირებულია ისე, რომ მათი დიაგონალი მართობული იყოს ფერდობის სიბრტვისადმი, ხოლო მესამე განთავსებულია ნიადაგის ზედაპირზე და გაყრილია ნიადაგში ჩამაგრებული საბურავების ღრუ ტანში, დანარჩენი საბურავები კი – გვერდითი ზედაპირების ერთმანეთთან მიჯრით ნიადაგის ზედაპირზე ისე, რომ მათი მუშა ზედაპირები მოთავსებულია ნიადაგში ჩამონტაჟებული საბურავების შიგა მხარეს. მთის ფერდობის ზედაპირზე განლაგებულ საბურავებში სექციების მდგრადობის გასაძლიერებლად ჩარგულია მცენარეები.



ნახ. 2.7. ეროზიის საწინააღმდეგო ახალი კონსტრუქცია

2.2. მდინარის კალაპოტის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა

6) მდინარის კალაპოტში ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა, წარმოადგენს კონსტრუქციას, რომელიც შედგება მდინარის კალაპოტში ჭადრაკულად განლაგებული რკინაბეტონის მართკუთხა კვეთის ჭვებისაგან, რომლებიც დამაგრებული არის მდინარის კალაპოტის ფერდებზე (იხ. ნახ. 2.8). ნაგებობის წინა კედელს აქვს ისეთი სიმაღლე, რომ კალაპოტში წამოსულმა ნორმალური ხარჯის შესაბამისმა წყლის სიმაღლემ, არ გადააჭარბოს ნაგებობის წინა კედლის სიმაღლეს, ხოლო კონსტრუქციის სიგანე მდინარის კალაპოტის სიგანის ნახევარზე ნაკლებია.



სურ. 2.8. მდინარის კალაპოტის ეროზიის
საწინააღმდეგო ნაგებობა

ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა შედგება: რკინაბეტონის ჭებისაგან (3), გამჭოლი მიწისზედა კედლისაგან (1), რომელიც შედგება ვერტიკალური კოჭებისაგან (2), წინა (4) და უკანა (5) ბეტონის კედლებისაგან. ნაგებობის მდინარეში კალაპოტში ეფექტური განლაგება გამოიციხავს მდინარეებში მოვარდნილი წყლის ჰიდროლოგიური რეჟიმის დარღვევას, აგრეთვე უზრუნველყოფს მთის ნაკადების მიერ ტრანსპორტირებული ნატანების მაქსიმალურ შეჩერებას მდინარის ეკოლოგიური რეჟიმის დაურღვევლად.

მდინარის კალაპოტში ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა მუშაობს შემდეგი პრინციპით: მთის ნაკადი, რომლის სიმაღლე მეტია, ვიდრე ნორმალური წყლის ხარჯის სიმაღლე, მოქმედებს რკინაბეტონის ჭის წინა კედელზე (4), რომელზედაც გადაედინება ხარჯის ნაწილი და მყარ ფრაქციებთან ერთად ჩაედინება ჭაში (3) სადაც ხდება ნაწილი ნატანების მოხვედრა და დალექვა, ხოლო ენერგია-დაკარგული ნაკადი წვრილ ფრაქციებთან ერთად ჩაედინება ნაგებობის გვერდითი გამჭოლი ფერდიდან (1) და ა.შ. ნაკადი მოძრაობს ჭიდან ჭამდე, ვიდრე არ მოხდება მთის ნაკადის ენერჯიის ჩაქრობა.

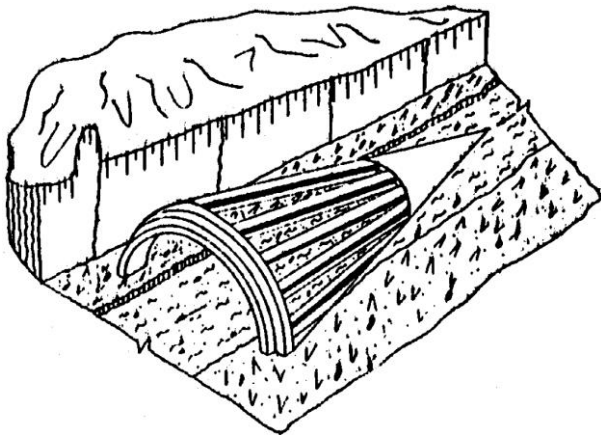
3. ღვარცოფსაწინააღმდეგო ინოვაციური ნაგებობები

ღვარცოფსაწინააღმდეგო გამჭოლი, ტრამპლინის ტიპის ახალი ნაგებობების დანიშნულებას წარმოადგენს ნაკადის დარტყმის ძალის შემცირება, განსაკუთრებით ნაკადის პარამეტრების კატასტროფული მნიშვნელობებისას, აგრეთვე კონსტრუქციების გამარტივება-გაიაფება.

ქვემოთ განხილული კონსტრუქციების უპირატესობა არსებულთან შედარებით შემდეგია: ა) ნაგებობის საიმედო და ხანგრძლივი მუშაობა; ბ) მთის მდინარეების ეფექტური

სტაბილიზაცია და გ) დიდი ეკონომიკური ეფექტი – წარმოდგენილი ნაგებობები შენდება რკინაბეტონისა და მეორეული მასალისაგან (ჩამოწერილი რკინის რელსები, ამორტიზებული ლითონის ბაგირები და ა.შ.), რომელთა რაოდენობა მთლიანი საშენებლო მასალის 50÷80%-ს შეადგენს.

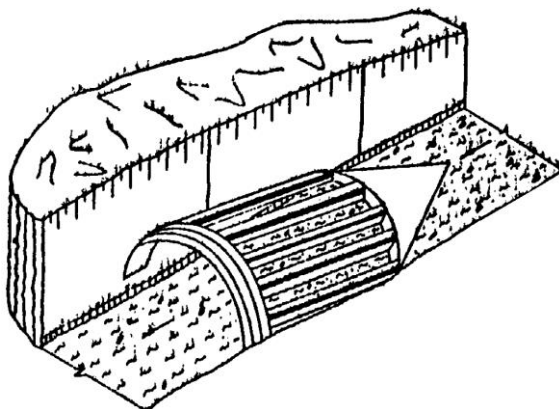
7) ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა წარმოადგენს თაღოვან-კონუსურ კონსტრუქციას, ყრუ კონუსური წვერით, რომელიც დაკავშირებული არის რკინის რელსებთან და ნახევრად წრიული თაღების მეშვეობით ქმნის ტრამპლინს. კონუსის წვერი მიმართულია ნაკადის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ (ნახ. 3.1). რკინის კოჭები ნაგებობის ზედაპირზე ქმნიან სამკუთხედის, ან ზოგ შემთხვევაში ტრაპეციული კვეთის ღრეჩობებს, რომლის საშუალებითაც თხიერი ხარჯი წვრილ ფრაქციებთან ერთად ჩაედინება ნაგებობის ქვედა ბიეფში, ხოლო შედარებით მსხვილი ფრაქციები რჩება ნაგებობის ზედაპირზე, ანუ ზედა ბიეფში.



სურ. 3. 1. თაღოვან-კონუსური ფორმის ნაგებობა

ღვარცოფის მოძრაობისას ნაგებობის წვერი შუაზე ყოფს ნაკადს, რომლის შემდეგ ენერგიადაკარგული ნაკადი მოძრაობს ნაგებობის ზედაპირზე, სადაც ხდება ნაკადის ენერგიის ძირითადი ჩაქრობა.

8) კონსტრუქცია, რომელიც წარმოადგენს 3.2 ნახაზზე, წარმოადგენს ცილინდრული ფორმის ტრამპლინის ტიპის ნაგებობას, რომელიც წინა კონსტრუქციისაგან განსხვავდება ღრეზების მართკუთხა ფორმით. ნაგებობის ყოველ კონუსით გადაკეტილია მდინარის კალაპოტის მთელი განივი კვეთი, რომელიც თანაბრად ამცირებს ნაკადის დარტყმის ძალას ნაგებობაზე და გამორიცხავს ნაკადის ძალისმიერ მოქმედებას თალის ქუსლებში.

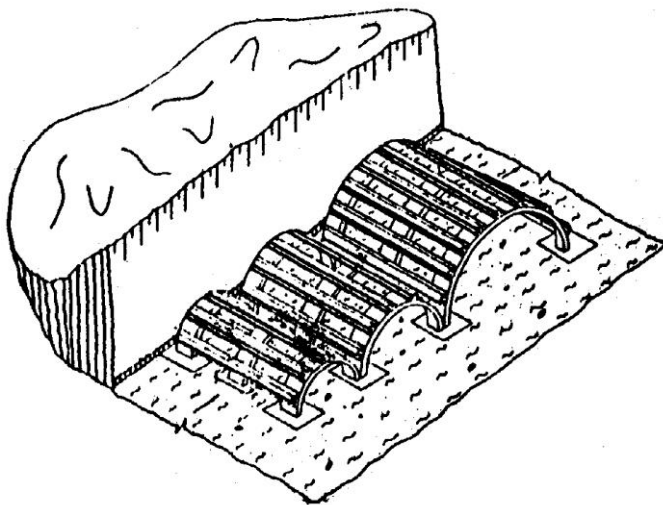


სურ. 3.2. ცილინდრული ფორმის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა

ნაგებობის მაკეტი გაგზავნილი იყო გამომგონებელთა მსოფლიო გამოფენაზე (ბულგარეთი, ქ. პლოვდივი, 1985 წ.), სადაც დაჯილდოვდა დიპლომით და პრემიით, ასევე ქ. მოსკოვში, საკავშირო გამოფენაზე (ВДНХ), ნაშრომი დაჯილდოვდა ბრინჯაოს მედლით. ნაგებობის მუშაობის პრინციპი თითქმის ანალოგიურია წინა კონსტრუქციასთან შედარებით, იმ განსხვავებით, რომ თაღოვან-ცილინდრული ფორმის ნაგებობის ზედაპირზე უფრო ეფექტურად ხდება ღვარცოფის ენერგიის ჩაქრობა.

9) ღვარცოფსაწინააღმდეგო თაღოვან-საფეხურებიანი ფორმის ნაგებობა, წარმოადგენს რკინის რელსებისაგან შეკრულ კარკასს, რომლებიც ერთმანეთთან დაკავშირებულია შედუღებით

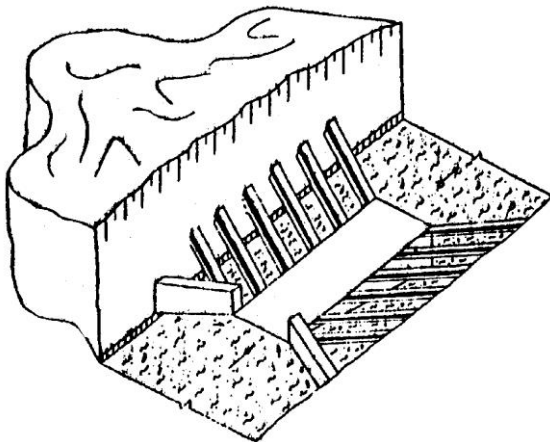
ან მოქლონებით, რკინის კარკასი მდინარის კალაპოტში ჩამაგრებულია ბეტონით (ნახ. 3.3).



სურ. 3.3. თაღოვან-საფეხურებიანი ფორმის ნაგებობა

ნაგებობის ღრეჩობის მართკუთხა ფორმა ღვარცოფის ენერჯის ეფექტური ჩაქრობის საშუალებას იძლევა და გამორიცხავს ნაკადის ნაგებობაზე მაქსიმალურ ძალურ მოქმედებას. ღვარცოფის გავლის დროს, ძირითად (პირველ) ძალისმიერ ზემოქმედებას იღებს ნაგებობის პირველი საფეხური, სადაც ხდება ნაკადის სტრუქტურის პირველი რღვევა; შემდეგ ნაკადი მოძრაობს ნაგებობის ცილინდრული ფორმის საფეხურებზე, სადაც მიმდინარეობს ღვარცოფის ენერჯის თანაბარი ჩაქრობა.

10) კონსტრუქცია, რომელიც ნაჩვენებია 3.4 ნახაზზე, წარმოადგენს ტრაპეციული ფორმის ღარს ნაკადმიმართველი რკინაბეტონის კედლებით; ნაგებობის ფერდები დაკავშირებულია მდინარის კალაპოტის (ხეობის) გვერდებთან, რომელთა კუთხის მნიშვნელობაც იცვლება $110^{\circ} \div 160^{\circ}$ -ის ფარგლებში.

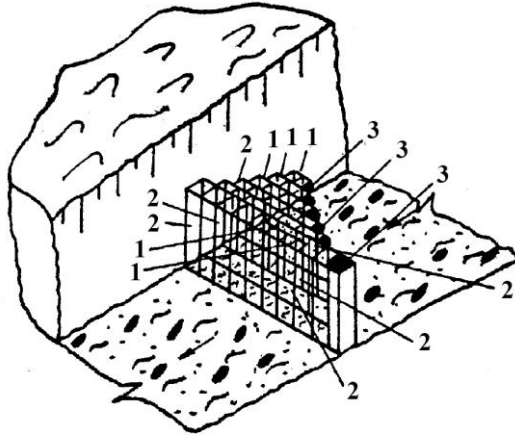


სურ. 3.4. ტრაპეციული ფორმის ნაგებობა

ნაგებობის ფერდებს წარმოადგენენ რკინის კოჭები, რომლებიც ერთმანეთთან ქმნიან მართკუთხა ფორმის ღრეჩობს. ნაგებობის ცენტრში მოთავსებულია რკინაბეტონის საძირკველი, რომელსაც აქვს ტრამპლინის ფორმა და რომელზეც მოძრაობს ღვარცოფი.

ნაგებობის ტრაპეციული ფორმა, ნაკადმიმმართველი კედლებით, საშუალებას გვაძლევს შევამციროთ, როგორც ნაკადის დარტყმის ძალის მნიშვნელობა, ასევე ნაგებობაზე მოქმედი ნატანის, ანუ ღვარცოფული მასის გრავიტაციული (წონითი) დაწოლა, რაც ნაგებობის საიმედო მუშაობის გარანტიას იძლევა.

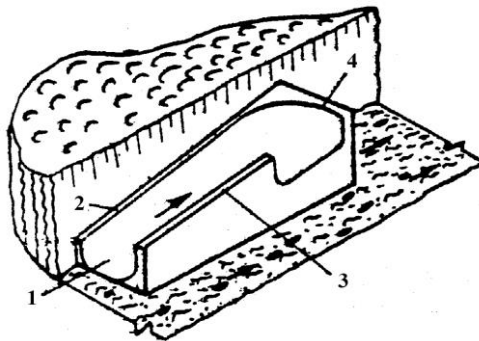
1) ღვარცოფსაწინააღმდეგო საფეხურებიანი ბარაჟი შედგება რკინაბეტონის ჰორიზონტალურად განლაგებული კოჭები-საგან, რომლებზეც ვერტიკალურ სიბრტყეში დამაგრებულია რკინის კოჭები და მეორე ბოლოთი კი ჩამაგრებულია მდინარის კალაპოტში (ნახ. 3.5). რკინაბეტონის კოჭების ბოლოები ერთმანეთთან დაკავშირებულია ელიფსური ფორმის ბეტონის თავებით, რომლებიც ნაგებობის მუშაობისა და მდგრადობის აღბათობას ზრდიან.



სურ. 3.5. ღვარცოფსაწინააღმდეგო საფეხურებიანი ბარაჟი

ღვარცოფის მოძრაობისას ნაგებობის პორიზონტალურად განლაგებული რკინაბეტონის კოჭები ნაკადის ენერჯიას ამცირებენ ვერტიკალურ სიბრტყეში, ხოლო ელიფსური ფორმის ბეტონის თავები ნაკადს ანაწილებენ კალაპოტის მთლიან სიგანეზე პორიზონტალურ სიბრტყეში.

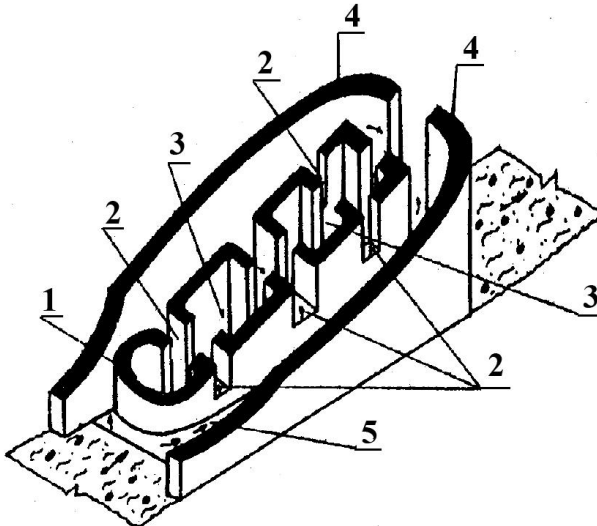
12) ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა, რომელიც წარმოადგენს ტრამპლინის ტიპის კონსტრუქციას, შედგება რკინაბეტონის ღარისაგან, რომლის სიმაღლე იზრდება ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით (ნახ. 3.6).



სურ. 3.6. ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა

ნაგებობა წარმოადგენს პარაბოლური ფორმის ღარს, ბოლოში მოხვეულობით მდინარის ღერძისაკენ, სივანით მდინარის კალაპოტის ნახევარზე ნაკლები, რომელიც მიშენებულია მდინარის ფერდზე. ღარის პარაბოლური ფორმა საშუალებას იძლევა მდინარის კალაპოტში მოდინებული კატასტროფული ღვარცოფისას, კონსტრუქცია არ დაიტბოროს და იგი მუშაობს ეფექტურად.

13) ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა (ნახ. 3.7) შედგება თავით ელიფსური მოხაზულობის ტრამპლინისაგან, აგრეთვე გამჭოლი განივი და გრძივი ნაკვეთურებისაგან მოთავსებულს მდინარის კალაპოტის ცენტრში, სიმაღლის ზრდადობით ნაგებობის ზედა ბიეფიდან ქვედა ბიეფისაკენ, ამასთანავე კონსტრუქციის გამჭოლ ტანსა და მრუდწირულ ნაკადმიმმართველ კედლებს შორის მოთავსებულია ჰიდრაულიკური ღარები ნაკადის ენერჯის დამატებითი ჩაქრობისათვის, რომელთა სივანეც მცირდება თანდათანობით, ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით.



სურ. 3.7. ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობა

მდინარის კალაპოტში ღვარცოფის მოძრაობის დროს ნაგებობის ელიფსური მოხაზულობის კვანძი (1) ორად ჰყოფს ნაკადს. დაყოფილი ნაკადები მოძრაობენ ჰიდრაულიკურ ღარებში (5), შემდეგ ნაკადი განივი ნაკვეთურების (2) საშუალებით ჩაედინება გრძივ ნაკვეთურებში (3), სადაც ენერგიის ჩაქრობის მიზნით, ხდება დაყოფილი ნაკადების ერთმანეთთან შეჯახება.

ნაკადის ენერგიის ეფექტური ჩაქრობისათვის კონსტრუქციის მუშაობის პროცესში პირველად გამოყენებულია პრინციპი – „ნაკადი ნაკადის წინააღმდეგ“.

ენერგიადაკარგული ნაკადები მოძრაობენ ტრამპლინის ტიპის ჰიდრაულიკურ ღარებში და ნაკვეთურების საშუალებით ხდება ნაკადის ენერგიის დაკარგვა. ბოლოს ნაგებობის გრძივი ნაკვეთურების საშუალებით (3) ნაკადი გაედინება კონსტრუქციის ტანიდან.

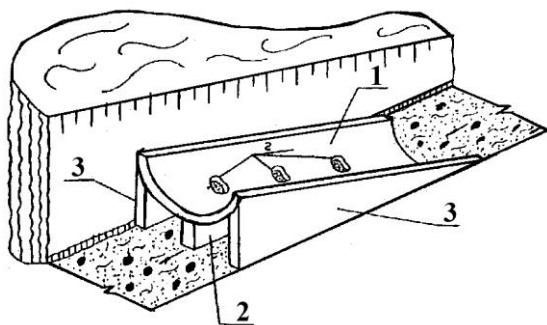
თუ მდინარის კალაპოტში მოედინება კატასტროფული პარამეტრების მქონე ნაკადი, ამ შემთხვევაში ნაგებობა მუშაობს იგივე პრინციპით. იმ განსხვავებით, რომ ნაკადის ენერგიის საბოლოო ჩაქრობა ხდება მრუდწირული ნაკადმიმართველი კედლებისა (4) და მრუდწირული კვანძის (1) საშუალებით, რომელიც მიმდინარეობს ნაგებობის ქვედა ბიფფის დასაწყისში.

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ნაკადის ენერგიის ჩასაქრობად გამოყენებულია პრინციპი „ნაკადი ნაკადის წინააღმდეგ“, რომელიც ხორციელდება ეტაპობრივად.

ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობის ზომები, მათი განლაგების სქემა, გრძივი და განივი ნაკვეთურების, აგრეთვე მდინარის კალაპოტში ადგილის შერჩევა ხდება როგორც ღვარცოფის სიმძლავრის და სხვა დინამიკური მახასიათებლების, აგრეთვე მდინარის კალაპოტის ბუნებრივ-ტოპოგრაფიული პირობების გათვალისწინებით. რაც შეეხება ნაგებობის მშენებლობისათვის გამოყენებულ სამშენებლო მასალას, შესაძლებელია, ამ შემთხვევაში გამოყენებული იყოს მდინარის კალაპოტში არსებული ადგილობრივი ნედლეული, როგორიცაა:

სილა, ღორღი, ქვა, კირქვები; ხოლო სადულაბე მასალად გამოყენებული იყოს მდინარის კალაპოტში არსებული თეთრი ქვის გამოწვის შედეგად მიღებული კირი, თუ ამის საშუალება არ გვეძლევა, გამოვიყენოთ ცემენტის ხსნარი.

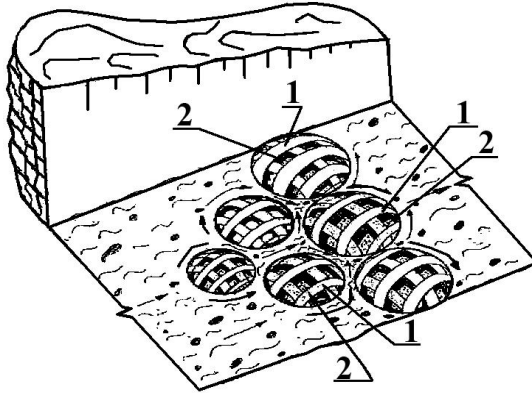
14) ღვარცოფის ენერჯის ჩამხშობი ნაგებობა წარმოადგენს გამჭოლ ნაკვეთურებიან ღარული ტრამპლინის ტიპის კონსტრუქციას, რომელიც მდინარის კალაპოტში ეყრდნობა საყრდენებზე (ნახ. 3.8). ღარი შესრულებულია ნახევარცილინდრის ფორმით, რომლის ზედაპირზეც ამოკვეთილია წრიული ფორმის ნაკვეთურები, ამასთან ერთად საყრდენებს შორის გათვალისწინებულია ღვარცოფგამყოფი საყრდენი კედელი.



სურ. 3.8. ღვარცოფის ენერჯის ჩამქრობი ნაგებობა

ღარზე ღვარცოფის მოძრაობისას წრიული ფორმის ნაკვეთურებში თხიერ მასასთან ერთად ჩაედინება წვრილი ფრაქციები, ხოლო შედარებით დიდი დიამეტრის მქონე ფრაქციები რჩება ღარის ზედაპირზე, რომლებიც უკუმოდრობით რჩებიან ნაგებობის ზედა ბიეფში.

15) ცხაურა ტიპის ღრუტანიანი ღვარცოფსაწინააღმდეგო ბარაჟი (ნახ. 3.9) შედგება ნახევარსფერული ფორმის ელემენტებისაგან (1), რომელთა ტანშიც ამოკვეთილია მრუდწირული ფორმის ნაკვეთურები (2) (იხ. საქართველოს პატენტი #P 2862).



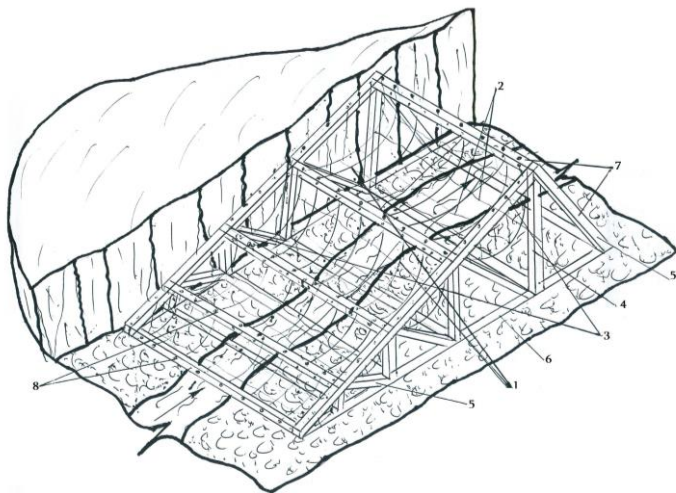
სურ. 3.9. ცხაურა ტიპის ღრუტანიანი ღვარცოფსაწინააღმდეგო ბარაჟი

ბარაჟი შეიძლება დამზადდეს როგორც რკინაბეტონის, ასევე მაღალი სიმტკიცის სინთეტიკური მასალისაგან, ან ჩამოსხმული იყოს ლითონისაგან. ბარაჟის ელემენტები ცალ-ცალკე ჩამაგრებულია კალაპოტში, მაგალითად ანკერით (3) - ბეტონის ფუძეზე.

ნაგებობის ტექნიკური შედეგია ბარაჟის ექსპლუატაციის ვადისა და საიმედოობის გაზრდა, რაც მიიღწევა ღრუტანიანი ნახევარსფერული ფორმის საფეხურების მდინარის კალაპოტში გეგმაში ტოლფერდა სამკუთხედის განლაგებით, წვერით ღვარცოფის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ, რომელთა სიმაღლეც იზრდება ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით.

16) ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ინოვაციური ბარაჟი (სურ. 3.10) შედგენილია ერთმანეთთან დაკავშირებულია სექციებით, რომლებიც შესრულებულია თანაბარი სიმაღლის მქონე სამკუთხა პრიზმების 2 სახით, სექციები გვერდითი წახნაგებით 3 მიჯრით ჩადგმულია კალაპოტში. პრიზმების ფუძის 4 სიმაღლეები იზრდება ღვარცოფის მოძრაობის მიმართულებით და ქმნის ტრამპლინს. ნაგებობა წვერით მიმართულია ნაკადის საწინააღმდეგო მიმართულებით. პრიზმების ზემოთ მოქცეულ წიბოებს აქვს ნახვრეტები 5 ან სამაგრები მათ შორის დრეკადი ტროსების 6 გასაბმელად, ხოლო განივი ტროსები 7 გაბმულია

დრეკად ტროსებზე ისე, რომ ქმნის ჯიბეებს სექციებს შორის ღვარცოფული მასის მისაღებად.



სურ. 3.10. ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიური ბარაჟი

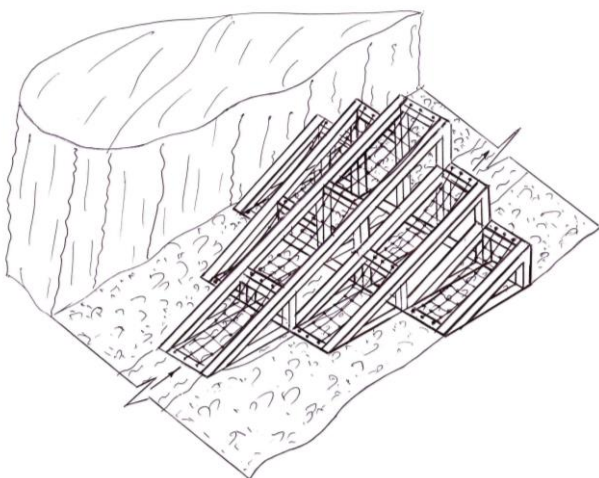
ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟის ზომები იანგარიშება მოსალოდნელი ღვარცოფის სიმძლავრისა და ადილ-მდებარეობის ტოპოგრაფიული მახასიათებლების გათვალისწინებით. ნაგებობის, როგორც ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟის დანიშნულებით გამოყენების შემთხვევაში, ელასტიკურ ზედაპირზე ნაკადის ადინება და დამრტყმელი ძალის გადანაწილება მის სიგრძეზე შემდეგნაირად მიმდინარეობს:

ღვარცოფის მოძრაობისას ძირითად დამრტყმელ ძალას ნაკადის გავლის დროს იღებს ნაგებობის პირველ სექციაზე განთავსებული ღვარცოფდამჭერი ჯიბეები, ხოლო ენერჯიის შემდგომი ჩაქრობა ხდება ტრამპლინის ზედაპირზე ელასტიკური ზედაპირით თანდათანობით და მდორედ. ღვარცოფის დამჭერი ჯიბეების ბადის ზომები მოსალოდნელი ღვარცოფით მოტანილი ქვების დიამეტრის გათვალისწინებითაა მოწყობილი.

ტექნიკურ-ეკონომიკური უპირატესობა არსებულ ნაგებობებთან შედარებით ისაა, რომ წარმოდგენილ ნაგებობაში

შესაძლებელია ტროსების ჩახსნა და ნაგებობის გაწმენდა, რაც მათი მრავალჯერადი გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა. ამას გარდა, ნაგებობის ასაგებად გამოიყენება ნაკლებად რთული მოხაზულობის საშენებლო ელემენტები, რაც ამცირებს მშენებლობის ღირებულებას. გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, ნაგებობის ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებელი მაღალია მისი უაუარიოდ და ხანგრძლივად გამოყენების გამო, რაც გამორიცხავს დამატებით საექსპლუატაციო ხარჯებს.

17) ღვარცოფსარეგულაციო მოწყობილობა 1 შედგენილია ერთმანეთთან დაკავშირებული სექციებით (სურ. 3.11), რომლებიც წარმოადგენს თანაბარი სიმაღლის მქონე პრიზმებს 2, სექციები გვერდითი წახნაგებით 3 მიჯრით ჩადგმულია კალაპოტში. პრიზმების ფუძის სიმაღლეები 4 იზრდება ღვარცოფის მოძრაობის მიმართულებით და სანაპიროდან ცენტრისკენ. პრიზმების ზემოთ მოთავსებულ წახნაგების წიბოებს აქვს ხვრელები ან სამაგრები 5. მათ შორის დრეკადი ტროსების გასაბმელი 6, ხოლო განივი ტროსები 7 გაბმულია დრეკად ტროსებზე და ქმნის ღვარცოფდამჭერ ჯიბეებს 8.



სურ. 3.11. ღვარცოფსარეგულაციო მოწყობილობის საერთო ხედი

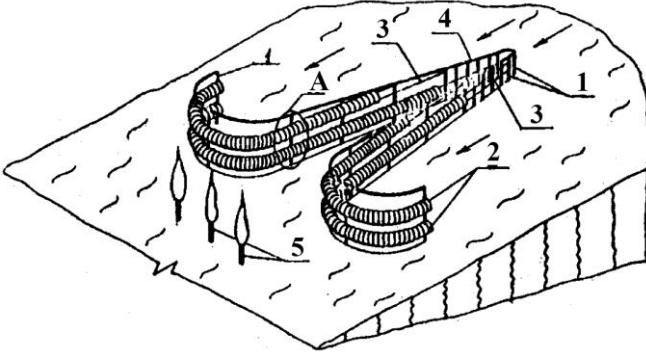
ღვარცოფსარეგულაციო მოწყობილობის ზომები შეირჩევა ღვარცოფის სიმძლავრის და ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიული გეგმის შესაბამისად.

ღვარცოფის გავლის შემთხვევაში მისი ძირითადი დამრტყმელი ძალის მიღება ნაგებობის ცენტრალური ნაწილის სექციის პირველი საფეხურით, ხოლო ენერჯის შემდგომი ჩაქრობა საფეხურისებრ სადაწნეო ზედაპირით მიმდინარეობს მღორედ და გამორიცხულია ღვარცოფის ძლიერი დინამიკური ზემოქმედება - კატასტროფული საც კი.

ტექნიკურ-ეკონომიკური უპირატესობა არსებულთან ისაა, რომ საფეხურისებრი ფორმა ნაგებობის მრავალჯერადი გამოყენების შესაძლებლობას იძლევა. ნაგებობის მოწყობის მიზნით გამოყენებული დეტალები არ გამოირჩევა რთული კონფიგურაციით, რაც ამცირებს მის სამშენებლო ღირებულებას. ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლები გაზრდილია ნაგებობის უავარიო და ხანგრძლივად გამოყენების გამო, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს საექსპლუატაციო ხარჯებს. წარმოდგენილი მოწყობილობის ტექნიკური ამოცანის გადაჭრის შესაძლებლობა არის მაღალი, შედარებით სრულად ითვალისწინებს ანომალიურობას, უფრო ეფექტურად არის შესაძლებელი სადაწნეო ზედაპირზე დამრტყმელი ძალის გადანაწილების შესაძლებლობა, იძლევა ნაკადთან საფეხურებრივი შეხების შესაძლებლობას ყველა მიმართულებით.

4. თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობა

18) ზვავსაწინააღმდეგო ნაგებობა შედგება ფერდობზე ჩამაგრებული სხვადასხვა სიმაღლის ლითონის (ჩამოწერილი) დგარებისაგან (1), რომლებშიც სექციებად გაყრილია ავტომანქანის ამორტიზებული საბურავჩამოცმული (2) ლითონის ელასტიური ბაგირები (3), ხოლო დგარების თავზე ხისტად დამაგრებულია ლითონის რიგელი (4), რომლის გრუნტიდან დაშორება იზრდება თოვლის ზვავის მოძრაობის მიმართულებით (ნახ. 4.1).



სურ. 4.1. თოვლის ზვავსაწინააღმდეგო ნაგებობა

თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობას გეგმაში აქვს ღუზის მსგავსი ფორმა, წვერით მიმართული ზვავის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით, ხოლო ნაგებობით მთის ფერდობის დაცულ ზოლებში შესაძლებელია გაშენდა მწვანე ნარგავები.

იმისდა მიხედვით, თუ წარმოდგენილი ნაგებობა მთის ფერდობის რა ადგილზე იქნება განლაგებული, მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე, შეიძლება განვიხილოთ ორი ვარიანტი:

➤ როდესაც ნაგებობები განლაგებულია მთის ფერდობის მთელ ფართობზე.

ამ შემთხვევაში ნაგებობა წარმოადგენს თოვლის ზვავის წარმოშობის წინააღმდეგ მომუშავე კონსტრუქციას.

მთის ფერდობზე ნაგებობების ჭადრაკული ან სხვა

ობტიმალური სახით განლაგება, ასევე მათ შორის მანძილების სწორად დადგენა, საშუალებას იძლევა, მთის ფერდობზე არ მოხდეს თოვლის საფარის სტატიკური წონასწორობის დარღვევა და თუ ეს მოხდა, მაშინ კონსტრუქციის ფორმიდან გამომდინარე, თოვლის ზეავს ექნება მცირე მოცულობა.

გარდა ზემოთ აღნიშნულისა, მთის ფერდობზე ნაგებობის მიერ დაცულ ზოლებში დარღული მწვანე ნარგავები, არა მარტო ავსებენ (აღადგენენ) მთის ფერდის ეკოსისტემას, არამედ ეწინააღმდეგებიან თოვლის ზეავის წარმოშობის პროცესს;

➤ როდესაც მთის ფერდობის ტოპოგრაფიული გარემო არ გვაძლევს წარმოდგენილი კონსტრუქციის მთის ფერდობის მთელ ფართობზე განლაგების საშუალებას ამ დროს ნაგებობა მუშაობს, როგორც თოვლის ზეავის მოძრაობის საწინააღმდეგო კონსტრუქცია.

კერძოდ, მისი მუშაობის პროცესი მდგომარეობს შემდეგში: თოვლის ზეავის მოძრაობისას, ძირითად დარტყმის ძალას იღებს ნაგებობის წვერი, რომელიც თოვლის ზეავს ყოფს ორ ნაწილად, ხოლო ენერგიადაკარგული თოვლის ნაკადები შემდეგ მოძრაობენ ნაგებობის გამჭოლ სექციებისაკენ, სადაც ხდება მათი ენერგიის სრული ჩაქრობა. თოვლის ზეავის დინამიკიდან ცნობილია, რომ ზეავის მოძრაობის დროს მისი მოცულობა მოძრაობის მიმართულებით თანდათან იზრდება, ამიტომ წარმოდგენილ კონსტრუქციაში ნაგებობის რიგელის (4) გრუნტიდან დაშორებაც თოვლის ნაკადის მოძრაობის მიმართულებით იზრდება, რაც ნაგებობის მიერ თოვლის ზეავის მოცულობის დიდი რაოდენობით შეკავების საშუალებას იძლევა.

ნაგებობის წარმოდგენილი კონსტრუქციული გადაწყვეტა მთის ფერდობის დაცულ ზოლებში მწვანე ნარგავების (5) გაშენების შესაძლებლობას იძლევა, რაც ამჟამად ასე აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს, მაღალმთიან რეგიონებში მთის ფერდობების ეკოსისტემების აღდგენის საქმეში.

თოვლის ზეავის საწინააღმდეგო ნაგებობა მსოფლიო ბანკის

დაფინანსებით აშენდა კობი-გუდაურის სამხედრო გზის მონაკვეთის ალპურ ზონაში (ფოტო 4.2), ხოლო ღვარცოფ-სარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი (ფოტო 3.10) კი 2022 წ. აშენდა მდინარე მლეთის ხევის კალაპოტში (ფოტო 4.3.).



ფოტო 4.2. თოვლის ზეავის საწინააღმდეგო ნაგებობა



ფოტო 4.3. ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი

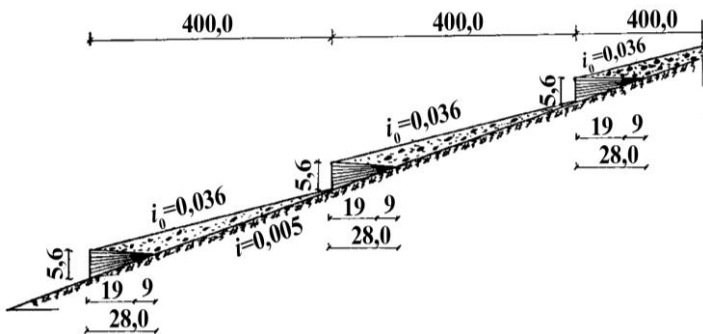
5. ტრამპლინის ტიპის პარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების დაპროექტებისათვის განგებარების მეთოდოლოგია

5.1. ნაგებობის გაანგარიშების მეთოდოლოგია

ღვარცოფებთან ბრძოლის ერთ-ერთ პერსპექტიულ ღონისძიებას წარმოადგენს მცირე გაბარიტიანი, არატრადიციული კონსტრუქციის საინჟინრო ნაგებობათა სხვადასხვა სახეობები, რომელთა გამოყენების სფერო განისაზღვრება ღვარცოფების ტიპების მიხედვით.

ტრამპლინის ტიპის ღვარცოფსაწინააღმდეგო ნაგებობების დასაპროექტებლად, ღვარცოფის ფიზიკურ-მექანიკური, რეოლოგიური და სხვა ძირითადი მახასიათებლების გათვალისწინებით, თეორიული, ლაბორატორიული და საველე კვლევების საფუძველზე დამუშავდა ღვარცოფების ჰიდროლოგიური და ღვარცოფსაწინააღმდეგო კონსტრუქციების გაანგარიშების მეთოდოლოგია.

წარმოდგენილი მეთოდოლოგიის საილუსტრაციოდ განვიხილოთ კონკრეტული მაგალითი, რისთვისაც დაშვებულია ღვარცოფული ტიპის სადინარში ტურბულენტური ღვარცოფის ფორმირება და მისი რეგულირება თაღოვან-კონუსური ფორმის ნაგებობით (ნახ. 5.1).



სურ. 5.1. მდინარის კალაპოტში ნაგებობების განლაგების სქემა

დასარეგულირებელია $l_0 = 1$ კმ. სიგრძის ღვარცოფული ხასიათის მდინარის კალაპოტი. კალაპოტის გრძივი ქანობია $i = 0,05$; წყალმემკრები აუზის ფართობი $F = 0,21$ კმ²; მყარი ნატანის საშუალო და მინიმალური დიამეტრები კი $d = 22,6$ (სმ), $d_{\min} = 20,0$ (სმ); ტურბულენტური ღვარცოფის მოცულობითი წონა კი ტოლია $\gamma_{\text{ფგ}} = 1,3$ (ტ.ძ/მ³).

ა) ღვარცოფის ჰიდროლოგიური ანგარიში

ტურბულენტური (არაბმული) ღვარცოფის 0,1%-იანი უზრუნველყოფის ხარჯი გამოითვლება (5.1) დამოკიდებულებით:

$$Q_{\max}^{0,1\%} = 2,4(34 + 400 \cdot 0,5) \cdot 0,21^{0,61} = 50,0 \text{ (მ}^3/\text{წმ)}. \quad (5.1)$$

მდინარის კალაპოტის სიგანე და ამ კალაპოტში ტურბულენტური ღვარცოფის საშუალო სიჩქარე გამოითვლება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$B = 3,0 d^{0,51} \cdot Q_{\max}^{0,53} = 3,0 \cdot (0,226)^{0,51} \cdot 50^{0,53} = 11,2 \text{ (მ)}; \quad (5.2)$$

$$V = 0,16 d^{0,37} Q_{\max}^{0,70} = 0,16 \cdot (0,226)^{0,37} \cdot 50^{0,70} = 1,5 \text{ (მ}^3/\text{წმ)}.$$

ტურბულენტური ღვარცოფის მიერ ტრანსპორტირებული მყარი ნატანების საშუალო დიამეტრი ტოლია:

$$d = (0,2 + 6,55 \cdot i^{2,73}) Q^{0,64} =$$

$$= (0,2 + 6,55 \cdot 0,05^{2,73}) \cdot 50^{0,64} = 0,24 \text{ (მ)}. \quad (5.3)$$

განსხვავება ბუნებრივ მონაცემებსა (22,6 სმ) და მიღებულ სიდიდეს შორის (24 სმ) არ აღემატება 6%-ს, ამიტომ შემდგომ ანგარიშში ვსარგებლობთ (5.3) ფორმულით მიღებული მაჩვენებლით.

ტურბულენტური ღვარცოფის სიღრმე მდინარის სწორკუთხა ფორმის განივკვეთში ტოლია:

$$h = \frac{Q_{\max}}{V \cdot B} = \frac{50,0}{1,5 \cdot 11,2} = 2,97 \text{ (მ)}. \quad (5.4)$$

ტურბულენტური ღვარცოფის კონცენტრაცია (S) პროფ.

ბ. გავოშიძის დამოკიდებულებით ტოლია:

$$S = \frac{\gamma_{\text{ღმ}} - \gamma_{\text{წმ}}}{\gamma_{\text{ქმ}} - \gamma_{\text{წმ}}} = \frac{1,3 - 1,0}{2,65 - 1,0} = 0,18. \quad (5.5)$$

ამრიგად, ტურბულენტური ღვარცოფის ძირითადი პიდროლოგიური მაჩვენებლების დადგენის შემდეგ შესაძლებელია ტრამპლინის ტიპის ახალი ღვარცოფსაწინააღმდეგო თაღოვან-კონუსური ნაგებობის პიდრაველიკური ანგარიში.

ბ) ნაგებობის პიდრაველიკური ანგარიში

დასაპროექტებელია ტრამპლინის ტიპის ნაგებობა, რომელიც წარმოადგენს თაღოვან-კონუსურ გამჭოლ სივრცულ გარსს და მიიღება ზრდადი სიმაღლით თაღოვან საყრდენებზე გრძივი ლითონის კოჭების გადახურვით. კოჭები ერთმანეთისაგან დაშორებულია გარკვეული მანძილებით, რაც ქმნის ნაგებობის ზედაპირის გამჭოლობას ტრაპეციული ფორმის ღრეზებით. ნაგებობას აქვს სოლის ფორმის გრძივი ჭრილი, განივკვეთში კი თაღის ფორმა, რაც განაპირობებს მისი მუშაობის მდგრადობასა და საიმედოობას.

ნაგებობის წრიული თაღის შემთხვევაში კონსტრუქციის სიმაღლე ტოლია:

$$H_{\text{კ}} = R = \frac{B}{2} = 0,5 \cdot 11,2 = 5,6 \text{ (მ)}; \quad (5.6)$$

ნაგებობის სიგრძეს ვიღებთ მასზე ღვარცოფის გარს-შემოდინების გათვალისწინებით. პროფესორ *მ. გაგოშიძის* მიერ დადგენილია, რომ ღვარცოფის გაშლის კუთხე α' იცვლება 110° -დან 130° -მდე. კონკრეტულ შემთხვევაში კონუსის გაშლის კუთხე ფუძეზე ვიღებთ: $\alpha_0 = 2\alpha' = 2 \cdot 12,5 = 25^\circ$.

კონსტრუქციის მაქსიმალური სიგანის (11,2 მ) და კონუსის გაშლის კუთხის (250°) მიხედვით ვადგენთ ნაგებობის სიგრძეს, რომელიც ტოლია 28,0 მ-ის. ნაგებობის მუშაობის საიმედოობიდან გამომდინარე, კონსტრუქციის ყრუ ნაწილის სიგრძეს ვიღებთ მთლიანი სიგრძის $1/3$ -ის ტოლს, ე.ი. 9,0 მ.

ნაგებობის ღრეჩოს ზომების დასადგენად ვსარგებლობთ დამოკიდებულებით $(d/\Delta) = 0,85$, ე.ი. როდესაც ღვარცოფის მოცულობაში ქვების ჩანართები 85%-ია, მაშინ კოჭებს შორის საშუალო მანძილი იქნება:

$$\Delta = d/0,85 = 0,26/0,85 = 0,30 (\text{მ}); \quad (5.7)$$

თუ კონუსის დასაწყისში ღრეჩოს სიგანეს მივიღებთ 0,30 მ, მაშინ ბოლოში იგი ტოლია:

$$b_{\text{ბოლო}} = 2\Delta - b_{\text{აღი}} = 0,60 - 0,20 = 0,40 (\text{მ}). \quad (5.8)$$

ამრიგად, ნაგებობის ბოლოში ღრეჩოს მაქსიმალური სიგანე ტოლია 0,40 მ, ხოლო დასაწყისში კი 0,20 მ.

დავუშვათ, ღვარცოფი მდინარის კალაპოტში მოძრაობა $T = 6$ წთ-ს, მაშინ ნაგებობის მიერ 1 წთ-ში შეკავებული ღვარცოფული მასის მოცულობა იანგარიშება ფორმულით:

$$W_T = \frac{S \cdot Q_{\text{max}}}{[0,95 + 0,05(d/\Delta)] \cdot (1/T)^{0,58}} = \frac{0,18 \cdot 50,0}{[0,95 + 0,05 \cdot (0,24/0,30)] \cdot (1/360)^{0,58}} = 276,2 (\text{მ}^3). \quad (5.9)$$

თაღოვან-კონუსური ფორმის ნაგებობის ზედა ბიეფში დაგროვილი ღვარცოფული მასის გამაწონასწორებელი ქანობის (i_0) მნიშვნელობა იანგარიშება შემდეგი ემპირიული დამოკიდებულებით:

$$i_0 = [1,25 + 0,52(d/\Delta) - (1,4 + d/\Delta) \cdot (i/i_j)] \cdot (q_{\text{მყ}}/q_{\text{წყ}}), \quad (5.10)$$

სადაც, i_j არის კონსტრუქციის უკუქანობი, $q_{\text{მყ}}$ და $q_{\text{წყ}}$ – მყარი ნატანებისა და თხიერი ფაზის ხვედრითი ხარჯია. შესაბამისი მონაცემების გათვალისწინებით (5.10) დამოკიდებულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$i_0 = [1,25 + 0,52 \cdot (0,24/0,3) - (1,4 + 0,56) \cdot 0,65] \cdot 0,18^{1,07} = 0,036; \quad (5.11)$$

თუ ღვარცოფსადინარის რეგულირებას ვახდენთ ბარაჟების

მოწყობით, მაშინ ნაგებობებს შორის მანძილი ტოლია:

$$L = \frac{H_{\delta}}{i - i_0} = \frac{5,6}{0,05 - 0,036} = 400,0 \text{ (მ)}. \quad (5.12)$$

ნაგებობის მიერ 90%-იანი ქვების ჩანართების დაჭერის შემთხვევაში ღვარცოფის კონცენტრაცია (S') იანგარიშება:

$$S' = S - \frac{90 \cdot S}{100} = 0,18 - \frac{90 \cdot 0,18}{100} = 0,018. \quad (5.13)$$

ღვარცოფის ნაგებობაში გავლის შემდეგ ტურბულენტური ნაკადის მოცულობითი წონა იქნება:

$$\gamma'_{\text{წ}} = \gamma_{\text{წ}} + S'(\gamma_{\text{ჭ}} - 1) = 1,0 + 0,018 \cdot (2,65 - 1) = 1,03 \text{ (ტ.მ/მ}^3\text{)}; \quad (5.14)$$

ნაგებობების რაოდენობა (n) ღვარცოფსადინარის დასარეგულირებელ უბანზე ტოლი იქნება:

$$n = \frac{l_0}{L} = \frac{1000}{400} \approx 3. \quad (5.15)$$

ამრიგად, მდინარის კალაპოტში ასაშენებელია თანმიმდევრობით განლაგებული ტრამპლინის ტიპის თაღოვან-კონუსური ფორმის სამი ნაგებობა (იხ. ნახ. 5.1).

ერთი ნაგებობის მიერ შეკავებული მყარი ნატანების შესაძლო მოცულობა (W_0) იანგარიშება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$W_0 = \frac{L \cdot H_{\delta} \cdot B}{2} = \frac{400 \cdot 5,6 \cdot 11,2}{2} = 12\,544 \text{ (მ}^3\text{)}; \quad (5.16)$$

შემდეგ ეტაჟზე წარმოებს ნაგებობის ანგარიში მდგრადობაზე, რომლის მიხედვითაც ზუსტდება საძირკვლის დასაშვები დეფორმაციები და ზომები. მისი განხორციელება შესაძლებელია კომპიუტერზე სასრულ ელემენტთა მეთოდის გამოყენებით.

6. ლიტერატურა

1. გავარდაშვილი გ.ვ., პასიკაშვილი მ.გ., ცხოვრებაძე ა.გ. ზვავ-საწინააღმდეგო ნაგებობა. /საქართველოს პატენტი #278, ბიულ. #2 თბილისი, 1996, გვ. 30.
2. გავარდაშვილი გ.ვ., გარსენიშვილი გ.რ., კუპრავეიშვილი მ.ს. მთის მდინარის კალაპოტის მარეგულირებელი ტრამპლინის ტიპის ნაგებობა. საქართველოს პატენტი #583, ბიულ. #1, თბილისი, 1997, გვ. 130.
3. გავარდაშვილი გ., წულუკიძე ლ., გავარდაშვილი ნ., ლ. კინგი, მ. შეფერი მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა. საქართველოს პატენტი №P 4553, საქ-პატენტის ოფიციალური ბიულეტენი №13(257), თბილისი, 2008, გვ. 14.
4. გავარდაშვილი გ.ვ. გრუნტის ეროზიის საწინააღმდეგო მოწყობილობა. /საქართველოს პატენტი #925, ბიულ. #15(115) თბილისი, 2002, გვ. 25.
5. გავარდაშვილი გ.ვ., წულუკიძე ლ.ნ. მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა. /საქართველოს პატენტი №1080 U, ბიულ. №5(153), თბილისი, 2004, გვ. 18.
6. გავარდაშვილი გ.ვ. წულუკიძე ლ.ნ. მთის ფერდობის ეროზიის საწინააღმდეგო ნაგებობა. /საქართველოს პატენტი №H1118 U, ბიულ. №15(163) თბილისი, 2004, გვ. 22.
7. გავარდაშვილი გ., კუხალაშვილი ე., კუპრეიშვილი შ., გავარდაშვილი ნ. ღვარცოფსარეგულაციო ელასტიკური ბარაჟი. საქართველოს პატენტი GE P 2020 7068, სამრეწველო საკუთრების ოფიციალური ბიულეტენი #15(523), საქპატენტი, 12/08/2019, თბილისი, 2019, გვ. 6.
8. კუხალაშვილი ე., გავარდაშვილი გ. ირემაშვილი ი. - ღვარცოფსაწინააღმდეგო მოწყობილობა საქპატენტის

დადებითი გადაწყვეტილება #15738/2, პატენტის გაცემაზე.
ბრძანება #6096/2, 26.10.2022

9. **Гавардашвили Г.В.** Противоселевое сооружение трамплинного типа. /Авт.св. СССР №1165736, Бюлл. №25, М.: 1985, с. 101.
10. **Гавардашвили Г.В.** Противоселевое устройство. /Авт.св. СССР №1242570, Бюлл. №25, М.: 1986, с.108.
11. **Гавардашвили Г.В.** Исследование уравнивающего уклона занесения в верхнем бьефе противоселевых перегородающих сооружений на горных реках. //Сообщения АН Грузии, т. 123, №1, Тбилиси, 1986, с. 105-108.
12. **Гавардашвили Г.В., Хегай Э.А.** Противоселевая запруда. Авт. св. СССР №1596006, Бюлл. №36, М., 1990, с. 100.
13. **Гавардашвили Г.В., Шарангия Р.Л.** Противоэрозионное устройство. /Авт.св. СССР №1738902, Бюлл. №21, М., 1992, с. 183.
14. **Гавардашвили Г.В., Шарангия Р.Л.** Устройство для Борьбы с эрозией. Авт.св. СССР №1783042, Бюлл. №47, М., 1992, с. 109.
15. **Гавардашвили Г.В., Гвишиани З.Г.** Противоселевое устройство. /Авт. св. СССР №1789589, Бюлл. №3, М., 1993, с. 123.
16. **Кухалашвили Э.Г., Гавардашвили Г.В., Пруидзе Д.К.** Противоселевое устройство. /Авт.св. СССР №1191515, Бюлл. №42, М.: 1985, с. 111.
17. **Тевзадзе В.И., Кухалашвили Э.Г., Гавардашвили Г.В.** Противоселевое устройство. /Авт.св. СССР № 1101499, Бюлл. №25, М., 1984, с.86.
18. **Gavardashvili G.V.** The New Mud-Protective Structures and Their Calculation Methodology. Tbilisi, Republic of Georgia, 1995, 58 p.
19. **Gavardashvili G.V.** Les Nouvelles Especies des Construction de Protection de la Nature. Tbilisi: "Metsniereba", 1999, 42 p.

20. **Gavardashvili G.V.** - Predicting erosive and debris flow processes and the innovative measures to control them. Cambridge Scholars Publishing, CSP, PO Box 302, Newcastle upon Tyne, NE6 1WR, United Kingdom 2022, 245 p.
<https://www.cambridgescholars.com/product/978-1-5275-8482-2>
21. **Gavardashvili G., Kukhalashvili E., Supatashvili T., Iremashvili I., Qufarashvili I. Bziava K., Natroshvili G.** Using the „CAPRA” Methodology for Analysis of the Critical State of the Zhinvali Earth Dam and Risks, Conference Proceedings, Istanbul, Turkey, Jan 30-31, 2019, Part XVII, pp.27-34;
22. **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.
23. **Natishvili O.G., Gavardashvili G.V.** - Calculation of Impact Action of a Coherent Mudflow Current in the Wave Motion Mode on a Transverse Structure. 9th International Scientific and Technical Conference, Modern Problems of Water Management, Environmental Protection, Architecture and Construction”. Tbilisi, 2019, pp. 210-214.
24. **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://asrjstjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/issue/view/81.
25. **Mirtskhoulava Ts.E.** - Ecological breakdowns (prediction of risk of breakdown, measures for lowering the hazard), Tbilisi, 1993, 432 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**

Innovative Environmental Protection Structures

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

Book 5

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