

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**
**თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ინოვაციური
კონსტრუქცია**

პროექტის ხელმძღვანელი:

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

თბილისი - 2023

UDC (უკ) 551.578.48
თ - 678

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 4

© გ.ვ. გავარდაშვილი

ISBN 978-9941-8-4175- 0

თბილისი - 2023



პროექტის შემსრულებლები

#	სახელი, გვარი	სამეცნიერო ხარისხი	როლი პროექტის შესრულებაში
1	გივი გავარდაშვილი	აკადემიკოსი, ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი	პროექტის ხელმძღვანელი და შემსრულებელი
2	ინგა ირემაშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
3	ედუარდ კუხალაშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
4	კონსტანტინე ბზიავა	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
5	შორენა კუპრეიშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
6	ნათია გავარდაშვილი	საზოგადოებრივი გეოგრაფიის აკადემიური დოქტორი, პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
7	ანა გავარდაშვილი	ინფორმატიკის აკადემიური დოქტორი, უფროსი მეცნიერ - თანამშრომელი	პროექტის შემსრულებელი
8	თამრიკო სუპატაშვილი	აკადემიური დოქტორი, პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
9	გიორგი ნატროშვილი	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი (აკადემიური დოქტორი), პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
10	ალექსანდრე წაქაძე	ტექნიკის მეცნიერებათა კანდიდატი, პროფესორი	პროექტის შემსრულებელი
11	ზაზა გიორგობიანი	მაგისტრი, ინჟინერ-მშენებელი	პროექტის შემსრულებელი
12	თენგიზ მაღლაფერიძე	მაგისტრი, ინჟინერ-ჰიდროლოგი	პროექტის შემსრულებელი
13	ზურაბ გოგუაძე	მაგისტრი, ინჟინერ-ეკონომისტი	პროექტის შემსრულებელი
14	მალხაზ პასიკაშვილი	მათემატიკოსი	პროექტის შემსრულებელი

შინაარსი

<i>№</i>	<i>სამუშაოს დასახელება</i>	<i>გვ.</i>
1.	შესავალი	6
2.	თოვლის ზეგვის საწინააღმდეგო ტრადიციული კონსტრუქციები და მათი დახასიათება.....	9
3.	მთის ფერდობის ზეგვსარეგულაციო ნაგებობის ინოვაციური კონსტრუქციული გადაწყვეტა ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიასთან კავშირში	20
4.	ზეგვსაწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქციის დაპროექტების ძირითადი პარამეტრები	24
4.1.	კონსტრუქციის გაანგარიშებისას გათვალისწინებული დატვირთვები და ზემოქმედებები	27
5.	ლიტერატურა	33

1. შესავალი

ქვეყნის მდგრადი განვითარებისთვის მთიან რეგიონებს გააჩნიათ არსებითი მნიშვნელობა, იმდენად, რამდენადაც მთის ეკოსისტემები ასრულებენ გადამწყვეტ როლს მსოფლიო მოსახლეობის დიდი ნაწილის მტკნარი წყლის რესურსებით უზრუნველყოფაში (UNGA, 2012). მსოფლიო მოსახლეობის 10% პირდაპირ არის დამოკიდებული მთის რესურსებზე. ერთი მხრივ, მთა წარმოადგენს წყლის, ენერჯის, მინერალების, ბიომრავალფეროვნების, რეკრეაციის, ტყისა და სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მნიშვნელოვან წყაროს, მეორე მხრივ კი - განეკუთვნება მაღალი რისკის გარემოს, მოწყვლადი ლანდშაფტებით.

მთიანი რეგიონები ყველაზე მგრძობიარე არეალია კლიმატის ცვლილების მიმართ. მათ უმრავლესობაში რესურსების რაოდენობა შეზღუდულია (FAO, 2011), ამიტომ მთაში ცხოვრობს მსოფლიოს უღარიბესი მოსახლეობა. მთის ლანდშაფტები გვაწვდიან მაღალი ხარისხისა და მრავალფეროვან, ამავდროულად შეზღუდული რაოდენობისა და მისაწვდომობის რესურსებს. შესაბამისად, მთიანი რეგიონების ბუნებათსარგებლობა და რესურსთსარგებლობა განსაკუთრებულად ფრთხილ მოდგომას საჭიროებს.

მთის მოსახლეობა ცნობილია უნიკალური ტრადიციებითა და წეს-ჩვეულებებით, რითაც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გლობალურ ეთნიკურ, კულტურულ, ლინგვისტურ და რელიგიურ მრავალფეროვნებაში (FAO, 2011). აღსანიშნავია ისიც, რომ ტრადიციულ რეგიონებში, ბუნებრივი ლანდშაფტები ადგილობრივი კულტურის ინტეგრალური ნაწილია (UN, 1992).

საქართველოს ტერიტორიის ორ მესამედზე მეტი მთიანია, შესაბამისად, ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი

გამოწვევა აქაც აქტუალურია. მცირე ტერიტორიის მიუხედავად აქ გვხვდება ლანდშაფტის მრავალი ტიპი, მათ შორის მაღალმთის ალპური მდელოები და გლაციალური ლანდშაფტები (Nikolaishvili, et al., 2011). როგორც მსოფლიოს სხვა რეგიონებში, საქართველოშიც მთა წარმოადგენს მტკნარი წყლის რეზერვუარს, „ბიომრავალფეროვნების საცავს“ და თვითმყოფადი კულტურის კერას (FAO, 2011). შესაბამისად, მისი დაცვა და შენარჩუნება ქართული სახელმწიფოსთვის ერთ-ერთი პრიორიტეტული და, ამავდროულად, ეკონომიკური გამოწვევებიდან გამომდინარე, რთული ამოცანაა. უნდა აღინიშნოს, რომ ჩვეულებრივ, განვითარების ინტერვენციას თან ახლავს გარემოსდაცვითი და საზოგადოებრივი რისკები.

მთიანი რეგიონების მდგრადი განვითარების კონცეფციაში ლანდშაფტების (ეკოსისტემების) დაცვას ცენტრალური ადგილი უკავია, რადგან მთის ხეობების ფარგლებში ბუნებრივი ტყეები წარმოადგენენ ყველაზე ეფექტურ მიწის საფარს, ჰიდროლოგიური პირობების დარეგულირების კუთხით (Hamilton & King, 1983), მთის მოსახლეობას კი - აკისრია უდიდესი როლი ეკოსისტემების შენარჩუნებაში იმ სახით, რომ მათ შეძლონ საზოგადოების უზრუნველყოფა გარემოს/ეკოსისტემური/ლანდშაფტური სერვისებით.

მნიშვნელოვანია მთის მოსახლეობის გაძლიერება, მათი ყოფის გაუმჯობესება, რათა შესწევდეთ ძალა, თავად დაიცვან ბუნება და შეასრულონ მთის მცველების როლი (FAO 2011).

საქართველოს ტერიტორიის დიდი ნაწილი უკავია მაღალ მთებს, უღელტეხილებსა და დამრეც ფერდობებს, ამიტომ ზამთარში ხშირია თოვლის ზვავეები. განსაკუთრებით ჯვრის, როკისა და სურამის გადასასვლელები. მართალია ამ გადასასვლელებზე აგებულია საავტომობილო

გვირაბები, თოვლის ზვავის დამჭერი კედლები, გალერეები და სხვა ტიპის ნაგებობები, მაგრამ მათი უკმარისობის გამო, დიდთოვლობის პერიოდში საავტომობილო მოძრაობა რამოდენიმე ხნით ჩერდება, სანამ გზები არ გაიწმინდება ჩამოქცეული ზვავებისაგან.

მდინარეების - თერგის, არაგვისა და ძირულას წყალშემკრებ აუზებში ხშირია დიდთოვლობასა და თოვლის ზვავებთან დაკავშირებული საავტომობილო კატასტროფები, სამწუხაროდ, ხშირია ადამიანთა მსხვერპლიც. მაგალითად, 1999 წლის ზამთარში ყაზბეგის რაიონის სოფელ კობიდან ვლადიკავკაზში მიმავალ ავტობუსს დაეცა ჩამოქცეული ზვავი, ავტობუსი გადავარდა მდინარე თერგში, რის შედეგადაც დაიღუპა 42 ადამიანი. 2000 წლის იანვარში როკის გვირაბის მხრიდან თოვლის ზვავი დაეჯახა ავტობუსს და გარდაიცვალა 28 მგზავრი.

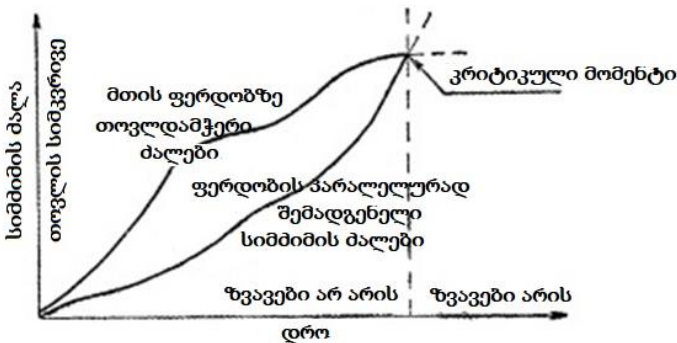
განსაკუთრებით უნდა აღვნიშნოთ მსოფლიო მასშტაბით თოვლის ზვავის მიერ გამოწვეული დიდი მსხვერპლის მომტანი სტატისტიკური მაჩვენებლები. მაგალითად 1905 წელს ყარაყუმში უცხად ჩამოწვა ჰასაბადის მყინვარი, რის შედეგადაც დაიღუპა 2500 ადამიანი, დაინგრა ათასობით სახლი და შენობა. 1906 წელს ალიასკის მთებიდან ჩამოწვა მყინვარი კარიჰეიტედი, დაიღუპა 3500 ადამიანი, დაინგრა 28 000 სახლი და ა.შ.

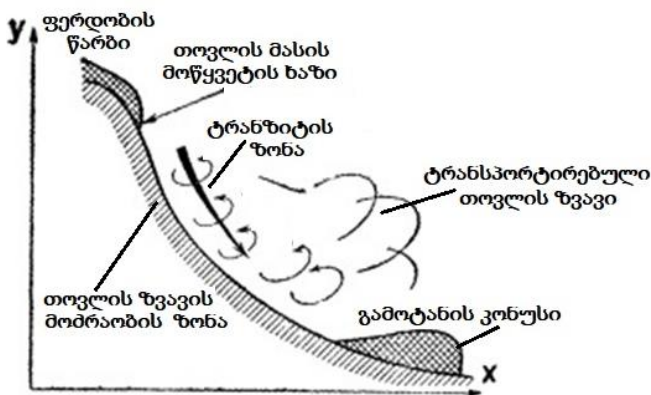
2018 წლის 4 იანვარს სვანეთში, კურორტ „თეთნულდის“ მიმდებარე ტერიტორიაზე ზვავი ჩამოწვა. პირველადი ინფორმაციით, კურორტ „თეთნულდზე“ მყოფი, ექსტრემალური სპორტის მოყვარული 4 უცხოელი ტურისტი გაუკვალავ თოვლზე დაეშვა, რამაც ზვავი გამოიწვია. სამმა მათგანმა უსაფრთხო ადგილზე გასვლა მოახერხა, ხოლო მეოთხე - თოვლში ჩაიძარხა და დაიღუპა.

2. თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ტრადიციული კონსტრუქციები და მათი დახასიათება

თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობების ზუსტ დაპროექტებასა და ტოპოგრაფიული ადგილმდებარეობის შერჩევას დიდი მეცნიერულ-პრაქტიკული მნიშვნელობა გააჩნია.

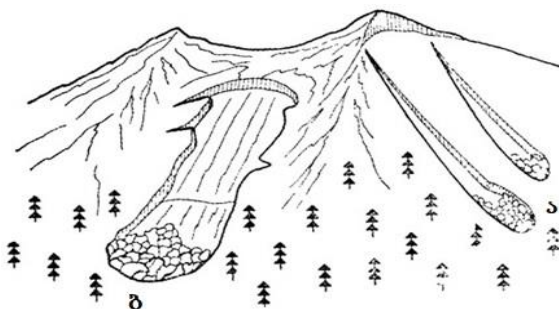
მსოფლიოში არსებობს თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობების სხვადასხვა ტიპები, რომლებიც ძირითადად იყოფა სამ ჯგუფად: პროფილაქტიკური (ხელოვნური), თოვლის ზვავის დამჭერი ნაგებობები და თოვლის მასის მთის ფერდობზე შემაკავებელი ნაგებობები, რომლებიც ეწინააღმდეგებიან თოვლის ზვავის წარმოქმნას. ნახაზზე 2.1 მოცემულია თოვლის ზვავის ტრადიციული გრძივი პროფილები, სადაც განხილულია თოვლის ზვავის მთის ფერდობზე წარმოშობის გრძივი პროფილი და შედეგა: ფერდობის წარბის, თოვლის მასის მოწყვეტის ხაზის, თოვლის მასის ტრანზიტული უბნის, ტრანსპორტირებული თოვლის მასის მოცულობისა და თოვლის ზვავის გამოტანის კონუსისგან.





ნახ. 2.1. თოვლის ზეგვის გრძივი პროფილები

ნახაზზე 2.2 მოცემულია თოვლის ზეგვის მთის ფერდობზე მოწყვეტის სხვადასხვა სახეები, კერძოდ ა) მთის ფერდობზე თოვლის მასის მოწყვეტა მიმდინარეობს წერტილოვანი სახით და ბ) როდესაც მთის ფერდობზე თოვლის მასის მოწყვეტა მიმდინარეობს ფერდის მთელ სიგანეზე, გარკვეული ფართობით, ე.წ. თოვლის მასის გრძივი მოწყვეტა.



ნახ. 2.2. მთის ფერდობზე თოვლის ზეგვის მოწყვეტის სახეები:

- ა) თოვლის მასის წერტილოვანი მოწყვეტა;
- ბ) თოვლის მასის გრძივი მოწყვეტა

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით განვიხილოთ თოვლის ზეგვის ტრადიციული ნაგებობების კონსტრუქციული დახასიათება.

მსოფლიო პრაქტიკის გათვალისწინებით არსებობს თოვლის ზვავისგან დაცვის სხვადასხვა სისტემა, რომლებიც იყოფა სამ ძირითად ტიპად:

1. პროფილაქტიკური (ხელოვნური დაღმართი, პროგნოზირება, ზონირება);
2. თოვლის ზვავისგან დაცვა (თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობები, რომლებიც იცავენ ინფრასტრუქტურას, ასევე ეწინააღმდეგებიან თოვლის მასის გადაადგილებას);
3. თოვლის ზვავის პრევენცია (მთის ფერდობზე თოვლის მასების მოძრაობის საწინააღმდეგო სხვადასხვა კონსტრუქციები, ასევე კონსტრუქციები, რომლებიც ეწინააღმდეგებიან თოვლის ზვავის წარმოშობას და ა.შ).

ზვავსაწინააღმდეგო კონსტრუქციები დაცვის ყველაზე სტაბილური და ეფექტური სახეობაა, რადგან ისინი ხელს უშლიან თოვლის მასების ფერდობზე გადაადგილების დაწყებას, შესაბამისად, ხელს უშლის თოვლის ზვავის წარმოშობას. მნიშვნელოვანია, სპეციალისტებმა მთის ფერდობზე აირჩიონ სწორი ადგილი ასეთი ტიპის ნაგებობების მოწყობისათვის - ეს უნდა იყოს მხოლოდ ზვავების წარმოშობის ზონები, სადაც შეიძლება მოხდეს ფერდობზე თოვლის მასების პირველი მოძრაობა. მსოფლიო პრაქტიკის მხედველობაში მიღებით არსებობს ასეთი ნაგებობების განზოგადებული სახეები - თოვლის ზვავის შემაკავებელი ღობეები, ამასთან, ევროპასა და აშშ-ში ისინი უფრო დეტალურად ახდენენ ამ ნაგებობების კლასიფიკაციას და აქვთ დიდი გამოცდილება მათი გამოყენების თვალსაზრისით. უფრო დეტალურად განვიხილოთ შემდეგი ნაგებობების სხვადასხვა კონსტრუქციები (ნახ. 2.3):

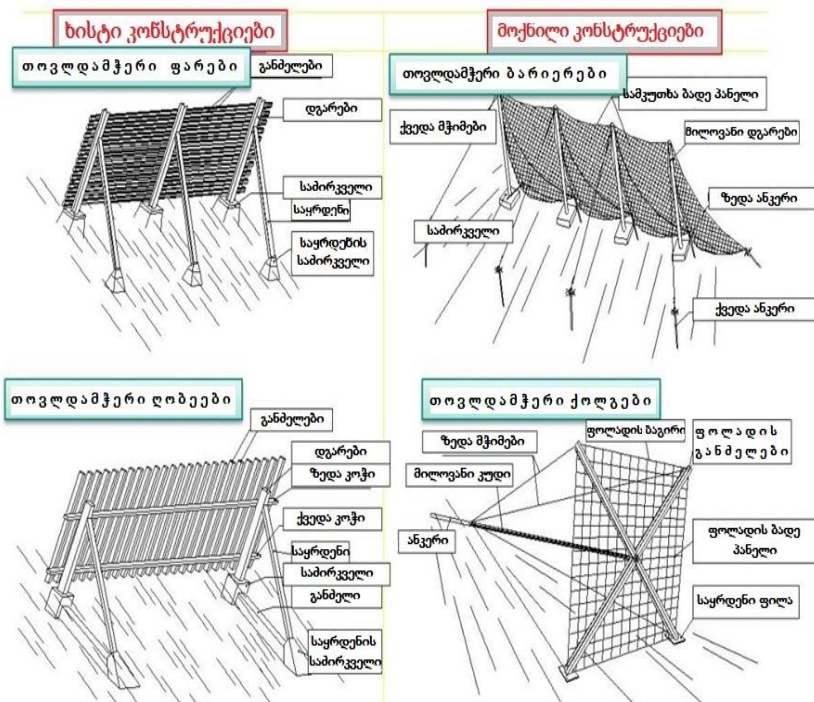
- ხისტი კონსტრუქციები (თოვლის ფარები, თოვლის ღობეები);

- მოქნილი კონსტრუქციები (თოვლის ბარიერები, თოვლის ქოლგები).

თოვლის ზვავის რეგულირების პროცესში განსაკუთრებული როლი ენიჭება ქარის მაკონტროლებელ კონსტრუქციებს (ქარის ბალთები, ქარის მიმართულების გადამღობი კონსტრუქციები), რომლებიც ასევე შედის ზვასაწინააღმდეგო კონსტრუქციების ჯგუფში, თუმცა ისინი ნაკლებად მდგრადია, იშვიათად იყენებენ და ამ ნაშრომში ჩვენ მიერ არ იქნება განხილული.

➤ **თოვლის გადამღობი (დამჭერი) ფარები (Snow bridge)** - ეს არის ლითონის კონსტრუქციები ჰორიზონტალური ზოლებით, როგორც საყრდენი პანელით, ეწყობა მთის ფერდობზე, ჩვეულებრივ ბეტონის საძირკველზე. ფარები ეწყობა თოვლის ზვავის წარმოშობის ადგილებში, სადაც თოვლის მასის სიმაღლე აღემატება 4,5 მ. მთის ფერდობზე ფარების მოწყობას ასევე აქვთ მთელი რიგი უარყოფითი მხარეები: საკმაოდ დიდი წონა (200 კგ /გრძ.მ - მდე), რაც მოითხოვს უფრო მძლავრ ფუნდამენტს ნაკლებად მძიმე კონსტრუქციებთან შედარებით, გარდა ამისა, ისინი მკვეთრად გამოირჩევიან ბუნებრივი ლანდშაფტის ფონზე (ნახ. 2.3).

➤



ნახ. 2.3. თოვლის ზეგვის შემთავებელი ნაგებობების სხვადასხვა ტიპები

- **თოვლდამჭერი ღობეები (Snow rake)** – კონსტრუქცია მზადდება ხის ვერტიკალური ძელებისაგან, როგორც დამჭერი პანელები და, ძელებისაგან – მთის ფერდობზე ზემოდან ქვევით მიმართულებით. რადგან კონსტრუქცია მზადდება ხის მასალისაგან, იგი საგრძნობლად ეკონომიურია – შესაძლებელია დამზადდეს ადგილობრივი ტყის მასალისაგან. ამასთან ერთად, ამ კონსტრუქციას გააჩნია რიგი უარყოფითი თვისებები, მაგალითად, ფუნდამენტთან შეერთების ადგილი, მიწის-ზედა ნაწილის მუშაობის ნაკლები ხანგრძლივობა (ნახ. 2.3).
- **თოვლდამჭერი ბარიერები (Snow net)** – მოქნილი კონსტრუქცია – თოვლის ელასტიკური ბადეები არის მოქნილი ფოლადის კონსტრუქციები, რომლებიც უზრუნველყოფენ უწყვეტ, გრძელვადიან წინააღმდეგობას თოვლის

სტატიკური დატვირთვების მიმართ, გამოწვეული თოვლის მასების ზეწოლით საყრდენ გამჭოლ ტილოზე. კონსტრუქციის ეს ტიპი ყველაზე მსუბუქია და სხვა ნაგებობებთან შედარებით ყველაზე ნაკლებად ახდენს ესთეტიკურ გავლენას ლანდშაფტზე. იმის გამო, რომ ამ ნაგებობას აქვს საყრდენთან დაკავშირებული ანკერები, მას ადვილად შეუძლია რეაგირება მოახდინოს დატვირთვის ცვლილებებზე მთელი თოვლის მასის ზეწოლის პერიოდში, იგი კარგად ეგუება ფერდობის მორფოლოგიას და უძლებს დიდ დინამიკურ დატვირთვებს (ქვათაცვენის ფრაგმენტები და ყინულის ბლოკები). ასეთ ნაგებობებს ერთადერთი ნაკლი აქვთ, სხვა ნაგებობების ტიპებთან შედარებით, შეიძლება იყოს მიწისზედა ნაწილის დამონტაჟების სირთულე (ნახ. 2.3).

➤ **თოვლდამჭერი ქოლგები** (Snow umbrella) - ნაგებობები, რომლებიც შედგება ფოლადის ელემენტებისგან და აქვთ ჯვარედინი ფოლადის განძელები, რომლებიც "კუდი" მიერთებული არიან პანელთან. ამ დიზაინის მთავარი უპირატესობაა როგორც მიწის ზედა ნაწილის, ისე საძირკვლის მონტაჟის სიმარტივე, მაგრამ მათი წონა დაახლოებით 100 კგ გრმ/მეტრია, ხოლო საერთო მოქნილობა მნიშვნელოვნად ჩამოუვარდება თოვლის ბარიერებს, მიუხედავად იმისა, რომ მათი მახასიათებლები მსგავსია. ამ ნაგებობის ნაკლოვანებები დამუშავებულია დავოსში შვეიცარიის თოვლისა და ზვავების ინსტიტუტის მიერ. ამასთან, ბევრი ექსპერტი თვლის, რომ ეს დროის საკითხია, ვინაიდან დიზაინი ახალია და მას უფრო მრავალჯერადი პრაქტიკული საველესამეცნიერო ექსპერიმენტი სჭირდება (ნახ. 2.3).

თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობების ზემოთ განხილული დახასიათებისა და ნახ. 2.3-ზე მოცემული

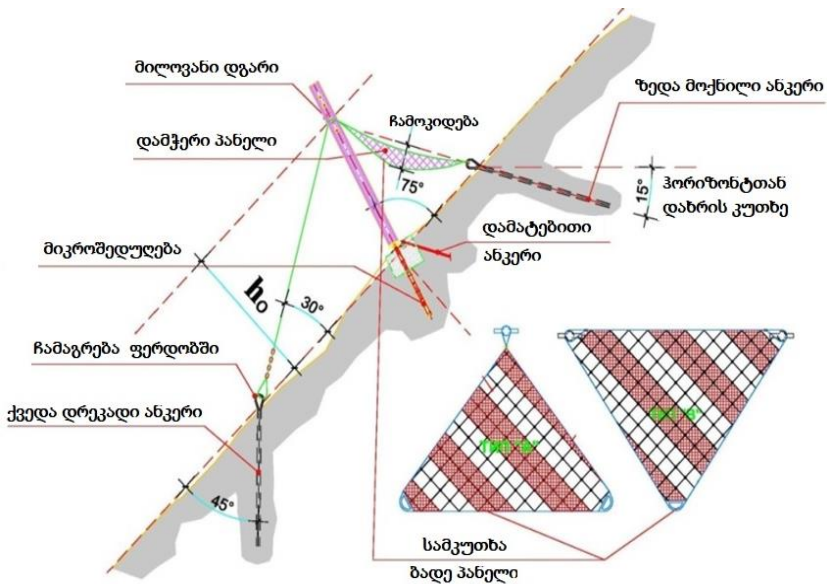
კონსტრუქციების განხილვის საფუძველზე მათი კონსტრუქციული დახასიათება მოყვანილია ცხრილში 2.1.

ცხრილი 2.1

თოვლის ზეგვის კონსტრუქციული დახასიათება

ნაგებობის ტიპი	ფარი	ღობე	ბარიერი	ქოლგა
სიმკვრივე	ხისტი	ხისტი	დრეკადი	დრეკადი
მასალა	ლითონი	ხე	ლითონი	ლითონი
წონა, კგ.გრძ.მ.	≈200	≈100	≈70	≈100
თოვლის საფარის სიმაღლე	4,5 მ - მდე	4,0 მ - მდე	4,3 მ - მდე	4,0 მ - მდე
დინამიკური დატვირთვა	ვერ უძლებს დატვირთვას	ვერ უძლებს დატვირთვას	უძლებს დატვირთვას	უძლებს დატვირთ.
მთის ლანდშაფტის ვიზუალური დატვირთვა	მაღალი	მაღალი	დაბალი	დაბალი
მიწისზედა ნაწილის მონტაჟი/სად.	მარტივი/რთული		მარტივი/რთული	მარტივი/რთული

ამჟამად, როგორც კავკასიაში, ასევე ევროკავშირში ამ ტიპის ნაგებობების წარმოება ხდება მრავალი ბრენდის სახელწოდებით, რომელიც სექმატურად მოცემულია ნახაზზე 2.4-ზე.



ნახ. 2.4. თოვლის ზვავის ბარიერის ტიპური კვებები და ძირითადი კომპონენტები

მთის ფერდობის ტოპოგრაფიული და კონფიგურაციული ელემენტების გათვალისწინებით თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ბარიერი შეიძლება განთავსდეს ერთმანეთის მიმართ პარალელურად (ფოტო 2.1).



ფოტო 2.1. მოქნილი CTR-OM თოვლის ბარიერების

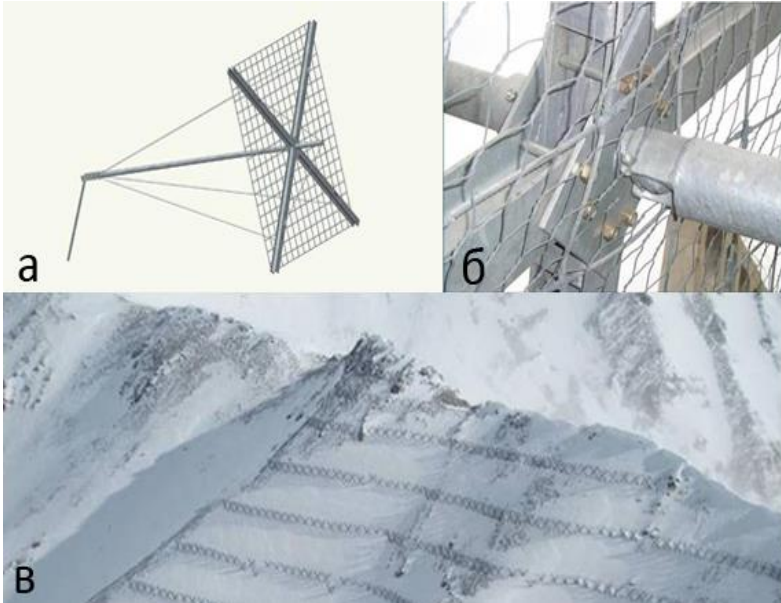
რიგები ალპებში

ფოტო 2.2-ზე ნაჩვენებია თოვლის ბარიერები, რომლებიც ფართოდ გამოიყენება ევროპასა და ამერიკაში და პრაქტიკამ გვიჩვენა, რომ ასეთი კონსტრუქციები საიმედოა თოვლის ზვავებისგან დასაცავად.



**ფოტო 2.2. CTR-OM სისტემის თოვლის ზვავის
საწინააღმდეგო ბარიერი**

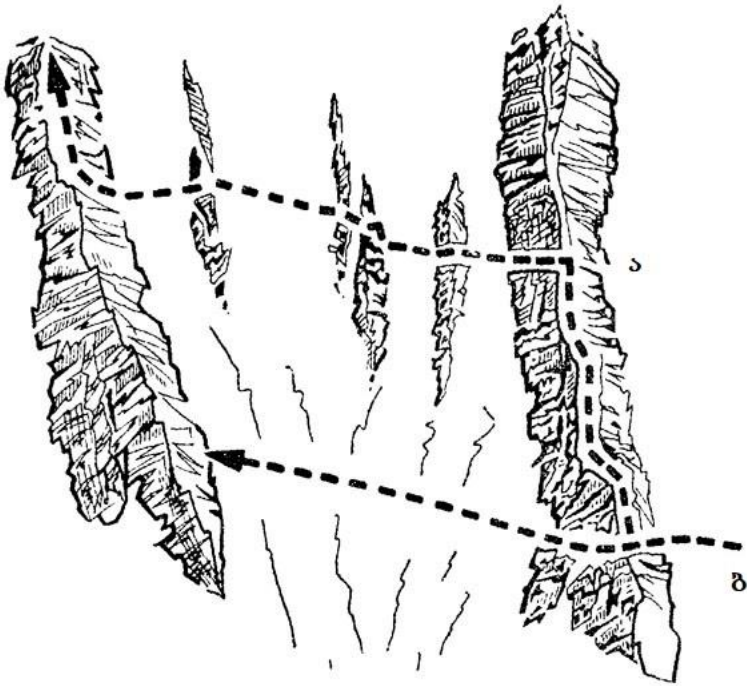
ფოტო 2.3-ზე ნაჩვენებია იტალიური ფირმა Maccaferri-ს რეკომენდაცია, მიაწოდოს იტალიური წარმოების Erdox თოვლის ქოლგები ყოფილი საბჭოთა სივრცის რესპუბლიკებს, სადაც არსებობს თოვლის ზვავის რეგულირების პრობლემები.



ფოტო 2.3. Erdox ტიპის თოვლის საყრდენი ქოლგები
a) ქოლგის სტრუქტურის სქემა;
ბ) საყრდენი პანელის hinged კავშირი "კუდთან";
B) ქოლგების რიგები ზვავის ზონაში

აღნიშნული თოვლის ბარიერები - ქოლგები პრაქტიკამ გვაჩვენა, რომ არის ძალიან საიმედო თოვლის ზვავებისგან დასაცავად, რაც მოსახლეობისა და სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტების უსაფრთხოების გარანტია.

მთის ფერდობზე თოვლის საფარის დიდი სიღმის შემთხვევაში, როდესაც არსებობს თოვლის ზვავის წარმოშობის ალბათობა, რეკომენდებულია სპეციალისტებმა იმუშაონ ნახ. 2.5-ზე მოცემული სქემის მიხედვით.



ნახ. 2.5. ზვავსაშიში ფერდობის გადაკვეთა
 ა) სწორი, ბ) არასწორი

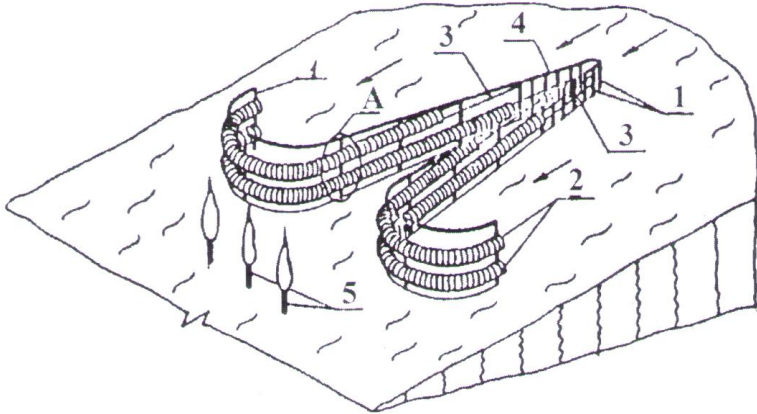
ამრიგად, ზემოთ განხილული და შეფასებული თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობების დახასიათების შემდეგ შესაძლებელია რეკომენდაცია გაეწიოს თოვლის ზვავის ინოვაციურ კონსტრუქციას, რომელიც ხასიათდება მუშაობის საიმედოობითა და ოპტიმალური ტექნიკურ-ეკონომიკური მაჩვენებლებით.

3. მთის ფერდობის ზვავსარეგულაციო ნაგებობის ინოვაციური კონსტრუქციული გადაწყვეტა ადგილმდებარეობის ტოპოგრაფიასთან კავშირში

თოვლის ზვავების მასშტაბურობის გამო, არსებული მოდელებისა და ბრძოლის ღონისძიებების მიუხედავად, ვერ ხორციელდება შედეგების კატასტროფულობის თავიდან აცილება. თოვლის ზვავები მრისხანე მოვლენაა სტიქიათა შორის და სარეგულაციო ნაგებობათა ინოვაციური სახის შექმნა მათ გენეზისსა და დინამიკასთან არის დაკავშირებული.

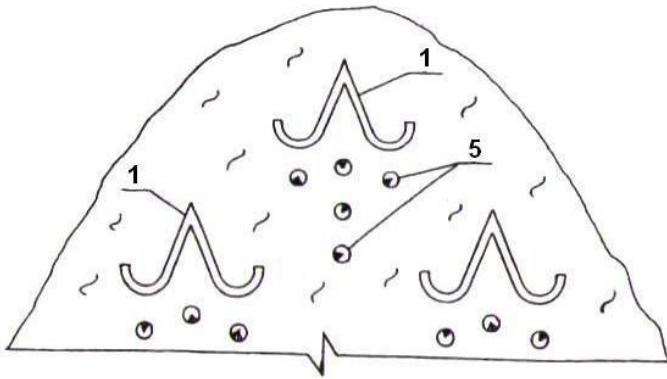
გამოყენებული სარეგულაციო ნაგებობების კონსტრუქციული გადაწყვეტა მის სადაწნეო ზედაპირზე ხშირად ვერ იძლევა მოძრავი მასის ტრანსფორმაციისა და დამრტყმელი ძალის გადანაწილების შესაძლებლობას. ზვავსარეგულაციო ნგებობის ინოვაცია იმაში მდგომარეობს, რომ არის საიმედო, ხანმედეგი, მდგრადი, მოქნილი ზვავის დამრტყმელი ძალის მიმართ, გაზრდილი აქვს ელასტიკურობა და შემცირებული - სიხისტე.

პროექტში წარმოდგენილი ზვავსაწინააღმდეგო ნაგებობა (საქართველოს პატენტი #278) შედგება ფერდობზე ჩამაგრებული სხვადასხვა სიმაღლის მეორადი ლითონის დგარებისაგან (1), რომლებშიც სექციებად გაყრილია ავტომანქანის ამორტიზებული საბურავჩამოცმული (2) ლითონის ელასტიკური ბაგირები (3), ხოლო დგარების თავზე ხისტად დამაგრებულია ლითონის რიგელი (4), რომლის გრუნტიდან დაშორება იზრდება თოვლის ზვავის მოძრაობის მიმართულებით. ნახაზზე 3.1 წარმოდგენილია თოვლის ზვავის ნაგებობა აქსონომეტრიაში, ნახაზზე 3.2 - კონსტრუქცია გეგმაში, ხოლო ნახაზზე 3.3 - ნაგებობის A კვანძის საერთო ხედი.

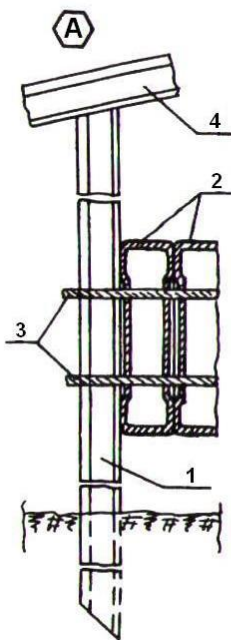


ნახ 3.1. თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობა:

- 1 - მეორადი ლითონის დგარები; 2 - ამორტიზებული ავტომობილის საბურავები; 3 - ლითონის ელასტიკური ზაგირები;
- 4 - ლითონის რიგელი; 5 - მწვანე ნარგავები



ნახ. 3.2. ნაგებობების ჭადრაკულად განლაგების სქემა



სურ. 3.3. თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობის A კვანძი

თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობას გეგმაში აქვს ღუზის მსგავსი ფორმა, წვერით მიმართული ზვავის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ, მთის ფერდობის დაცულ ზოლებში შესაძლებელია გაშენდეს მწვანე ნარგავები. იმის მიხედვით, თუ წარმოდგენილი ნაგებობა მთის ფერდობის რა ადგილზე იქნება განლაგებული, მუშაობის პრინციპიდან გამომდინარე, შეიძლება განვიხილოთ ორი ვარიანტი:

- როდესაც ნაგებობები განლაგებულია მთის ფერდობის მთელ მასივზე, ამ შემთხვევაში ნაგებობა წარმოადგენს თოვლის ზვავის წარმოშობის წინააღმდეგ მომუშავე კონსტრუქციას.

მთის ფერდობზე ნაგებობების ჭადრაკული ან სხვა ოპტიმალური 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 ზვავს ექნება მცირე მოცულობა.

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

- როდესაც მთის ფერდობის ტოპოგრაფიული გარემო არ გვაძლევს წარმოდგენილი კონსტრუქციის მთის ფერდობის მთელ ფართობზე განლაგების საშუალებას, ამ დროს ნაგებობა მუშაობს, როგორც თოვლის ზვავის მოძრაობის საწინააღმდეგო (ზვავდამჭერი) კონსტრუქცია.

კერძოდ, მისი მუშაობის პროცესი მდგომარეობს შემდეგში: თოვლის ზვავის მოძრაობისას ძირითად დარტყმის ძალას იღებს ნაგებობის წვერი, რომელიც თოვლის ზვავს ჰყოფს ორ ნაწილად, ხოლო ენერგიადაკარგული თოვლის ნაკადები შემდეგ მოძრაობენ ნაგებობის გამჭოლი სექციები-საკენ, სადაც ხდება მათი ენერგიის სრული ჩაქრობა. თოვლის ზვავის დინამიკიდან ცნობილია, რომ ზვავის მოძრაობის დროს მისი მოცულობა მოძრაობის მიმართულე-ბით თანდათან იზრდება, ამიტომ წარმოდგენილ კონსტრუქ-ციაში ნაგებობის რიგელის (4) გრუნტიდან დაშორებაც თოვლის ნაკადის მოძრაობის მიმართულეებით იზრდება, რაც ნაგებობის მიერ თოვლის ზვავის მოცულობის დიდი რაოდენობით შეკავების საშუალებას იძლევა.

ნაგებობის წარმოდგენილი კონსტრუქციული გადაწყვე-ტა მთის ფერდობის დაცულ ზოლებში მწვანე ნარგავების (5) გაშენების შესაძლებლობას იძლევა, რაც ამჟამად ასე აქტუა-

ლურ პრობლემას წარმოადგენს მაღალმთიან რეგიონებში მთის ფერდობების ეკოსისტემის აღდგენის მხრივ.

4. ზვავსაწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქციის დაპროექტების ძირითადი პარამეტრები

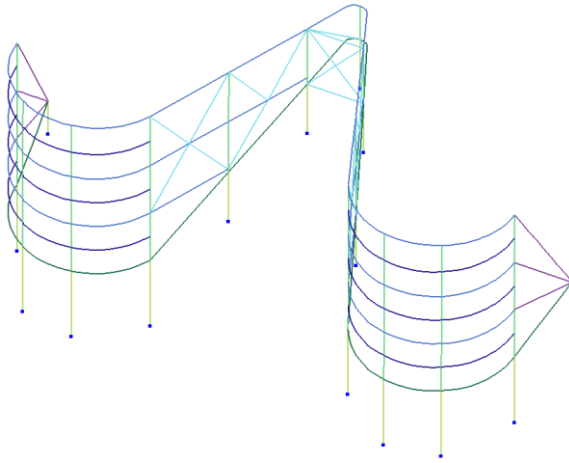
გასაანგარიშებლად წარმოდგენილია თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქცია. ზვავის შემაკავებელ ნაგებობას აქვს ლუზის ფორმა, წვერით მიმართული ზვავის მოძრაობის საწინააღმდეგო მიმართულებით. ნაგებობა წარმოადგენს ლითონის ელემენტების კონსტრუქციას.

კონსტრუქცია დაპროექტებულია იმგვარად, რომ შეასუსტოს დაძრული თოვლის მასის ბიფურკაციის შედეგად მიღებული მოქმედება და სტიქიით მიყენებული ზარალის რისკი დაიყვანოს მინიმუმამდე.

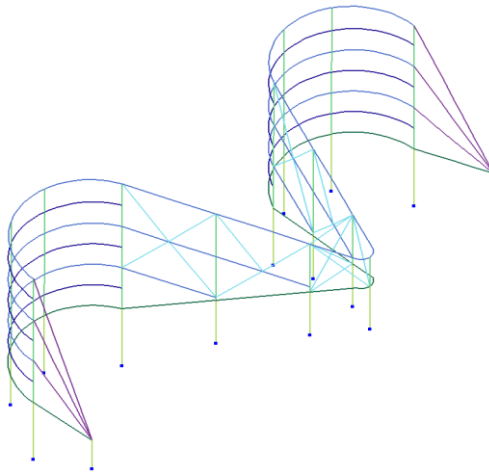
საანგარიშო სქემა შედგენილია ტექნიკური რეგლამენტების მოთხოვნათა და კვლევითი მასალის მონაცემების საფუძველზე. გაანგარიშებით უნდა განისაზღვროს თოვლის ზვავის მარეგულირებელი კონსტრუქციის მზიდი ელემენტების მზიდუნარიანობა. მზიდ ელემენტებად მიღებულია ფოლადის ფასონური ელემენტები (ჩარჩო-კავშირებიანი სისტემა), ხოლო თოვლის შეკავება ხდება საყრდენი ბადეების საშუალებით, რომლებიც დამზადებულია ლითონის ბადეებისაგან და მაგრდება მზიდ ელემენტებზე.

მზიდი კონსტრუქციების სივრცითი კარკასი შედგენილია კომპლექსური პროგრამის Лира-САПР 2019 საშუალებით (ლიცენზიის ნომერი #1/7165).

- **ზვავსაწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქციის საანგარიშო სქემები**

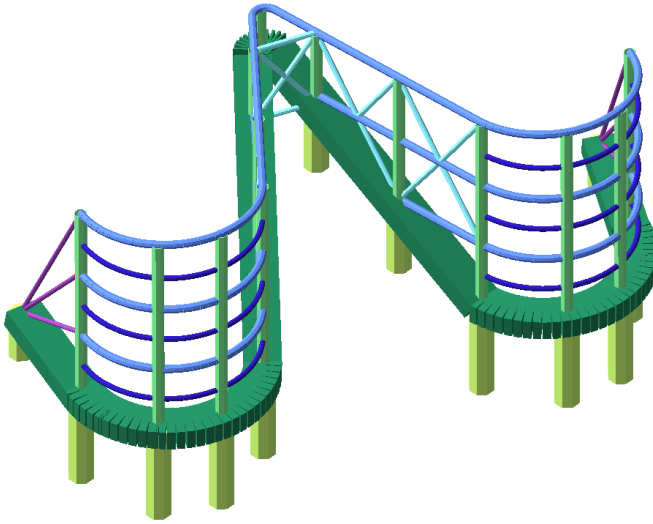


ნახ. 4.1. საანგარიშო სქემა #1

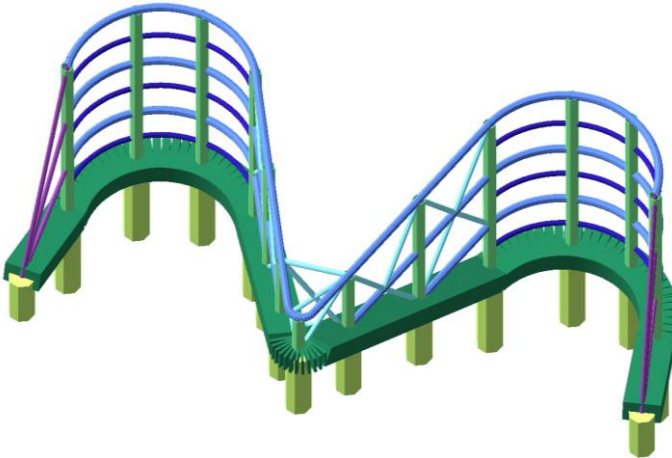


ნახ. 4.2. საანგარიშო სქემა #2

- ზვავსაწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქციის საერთო ხედები



ნახ. 4.3. ზევსაწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქციის ხედი ქვედა ბიევიდან



ნახ. 4.4. ზევსაწინააღმდეგო ინოვაციური კონსტრუქციის ხედი ზედა ბიევიდან

4.1. კონსტრუქციის გაანგარიშებისას გათვალისწინებული დატვირთვები და ზემოქმედებები

- მუდმივი დატვირთვა
 - კონსტრუქციების საკუთარი წონა;

ფოლადისა და რკინაბეტონის კონსტრუქციების საკუთარი წონა გენერირდება ავტომატურად. გადატვირთვის კოეფიციენტი - ფოლადის კონსტრუქციებისათვის - $\gamma = 1.05$ (კგ.დ/მ³); რკინაბეტონის კონსტრუქციებისათვის - $\gamma = 1.10$ (კგ.დ/მ³).

• **დროებითი დატვირთვა**

თოვლის ზვავის დაწნევა ნაგებობაზე გარსშემოდინების შემთხვევაში იანგარიშება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$P_{gშშ} = C_d (\rho_{ზვ} V^{2ზვ} / 2), \quad (\text{კგ.დ./მ}^2) \quad (4.1)$$

$$P_{gშშ} = 1,5 \cdot (450 \cdot 4,43^2 / 2) = 6623,4 \quad (\text{კგ.დ./მ}^2) \quad (4.2)$$

სადაც $\rho_{ზვ}$ თოვლის ზვავის ნაკადის სიმკვრივეა და $\rho_{ზვ} = 450$ (კგ/მ³), C_d - ნაგებობაზე თოვლის ზვავის გარსშემოვლის წინააღმდეგობის კოეფიციენტი, რომლის რიცხობრივი მაჩვენებლებიც მოცემულია ცხრილში 3.6.

თოვლის ზვავის ნაკადის სიჩქარე იანგარიშება შემდეგი დამოკიდებულებით:

$$V = (2gZ)^{0,5} (\partial/\partial) = (2 \times 9,81 \times 1,0)^{0,5} = 19,62^{0,5} = 4,43 \quad (\partial/\partial); \quad (4.3)$$

სადაც,

$$Z = h_B - (H/L) l_B \quad (\partial) \quad (4.4)$$

$$L = 800 \times \cos 24^\circ = 800 \times 0,91 = 728,0 \quad (\partial) \quad (4.5)$$

თოვლის მასის დაცურება შესაძლებელია მოხდეს შენელებული ტემპით და კონსტრუქციაზე ბადებთან ურთიერთქმედების შედეგად შექმნას ბუნებრივი "კედელი", რაც გამოიწვევს დატვირთვების გადანაწილებას "კედლის" ფართობის მიხედვით:

$$P = P_{gშშ} \cdot b_{საშ} = 6,623 \cdot 1,9 = 11,86 \quad (\text{ტ/მ}^2) \quad (4.6)$$

• **თოვლის ზვავის დინამიკური დატვირთვა**

თოვლის ზვავის დინამიკური ზემოქმედების განსაზღვრა:

$$F = K\rho\omega V^2 \quad (\text{კგმ/მ}^2), \quad (4.7)$$

სადაც: ρ - თოვლის ზვავის ნაკადის სიმკვრივეა და $\rho = 450$ (კგმ/მ³); ω - განაწილების ფართობი (მ²); V - ზვავის ნაკადის სიჩქარე; $V = 4,43$ (მ/წმ); K - კოეფიციენტი, $K = 1,5$.

ვინაიდან ნაგებობის კონსტრუქცია არის გამჭოლი, თოვლის ზვავის დინამიკური ზემოქმედებისას თოვლის ნაკადის ნაწილი შეჩერდება ბადეებთან, ხოლო ნაწილი კი შემცირებული სიჩქარით განაგრძობს მოძრაობას. აქედან გამომდინარე, თოვლის დინამიკური დატვირთვა გათვალისწინებულია სვეტების პროფილზე (სვეტების გაბარიტი $\varnothing 245$ მმ).

$$F = 1,5 \cdot 0,450 \cdot 0,245 \cdot 4,43^2 = 3,25 \quad (\text{ტ/მ}^2) \quad (4.8)$$

• სეისმური დატვირთვა

საქართველოს ტერიტორიის სეისმური დარაიონებისა და საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევების შედეგად მიღებული შესაბამისი დასკვნების მიხედვით დადგენილია, რომ სამშენებლო ობიექტი განლაგებულია 9-ბალიანი სეისმური საშიშროების ზონაში MSK 64 სკალის მიხედვით ($A = 0,40$); გრუნტის კატეგორია სეისმური თვისებების მიხედვით - II. (ნახ. 4.5).

თოვლის ზვავის საწინააღმდეგო ნაგებობის ჩონჩხების (კარკასის) კონსტრუქციული სქემიდან გამომდინარე, გაანგარიშებულია ჰორიზონტალურ (X, Y) სეისმურ ზემოქმედებაზე. დღეისათვის საქართველოში მოქმედი ნორმის პნ 01.01-09 თანახმად, საანგარიშო სტატიკური დატვირთვები მრავლდება შემდეგ თანწყობის კოეფიციენტებზე (პუნქტი 4,1): მუდმივი - 0,9; დროებითი - 0,8.

სეისმური ზემოქმედების საწყისი მონაცემები, თანახმად პნ 01.01-09-ისა;

გრუნტის კატეგორია II, ცხრილი 1 ;

გრუნტის აჩქარება $A = 0.40$, დანართი 1;

ცხრილი 4.1, II კატეგორია, 9 ბალი. $K_0 = 1,0$;

რკინაბეტონის კარკასი. $K_1 = 0,25$; პოზიცია 8. $K_2 = 1,0$;

პოზიცია 1. $K_3 = 1,4$; პოზიცია 3. $K_\psi = 1,0$.

შედეგ სპეციალური ალგორითმი და კომპიუტერის დახმარებით გაანგარიშდა კონსტრუქცია სასრულ-სხვაობიანი სქემის გამოყენებით. ანგარიშის შედეგები მოცემულია ცხრილში 4.1.

ცხრილი 4.1

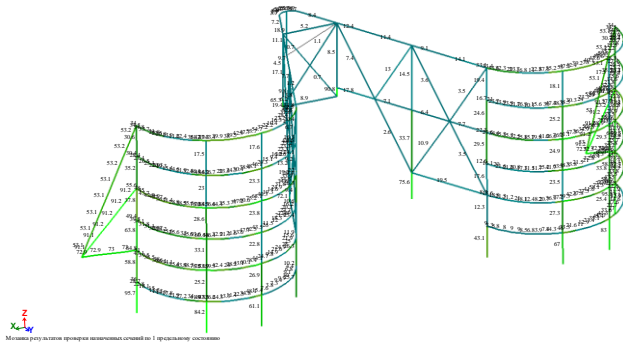
გაანგარიშება შესრულდა ძალებების შეხამებით

დატვირთვის №	დატვირთვის დასახელება	დატვირთვის სახე	დატვირთვის ნიშნების გათვალისწინება	დატვირთვის ურთიერთ-გამორიცხვა	საიმედოობის კოეფიციენტი	დატვირთვის ხანგრძლივობის წილი
1	მუდმივი	მუდმივი (მ)	+		1,000	1,000
2	მოკლე	დროებითი (დ)	+		1,000	0,350
3	განსაკუთრებ	განსაკუთრ.(გ)	+		1,000	0,000
4	სეისმოლოგ. X	სეისმური (ს)	+/-	1	1,000	1,000
5	სეისმოლოგ. Y	სეისმური (ს)	+/-	1	1,000	1,000

➤ განგარიშების შედეგები



Figure 4.5: Results of the analysis
 Project: PCV-Chad_1 (Chad) (12-24-17)

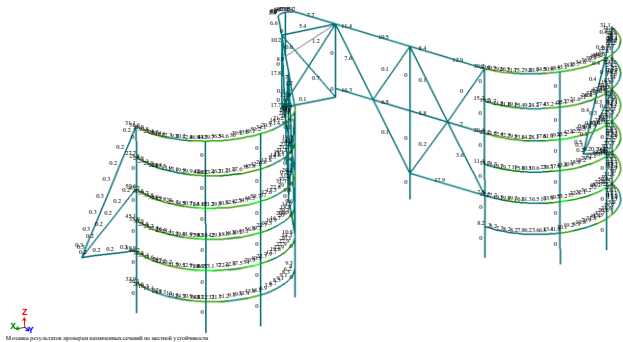


მაქსიმალური გამოყენების კოეფიციენტი 95,7 %.

ნახ. 4.5. ლითონის კვეთების შემოწმება I ზღვრული მდგომარეობით

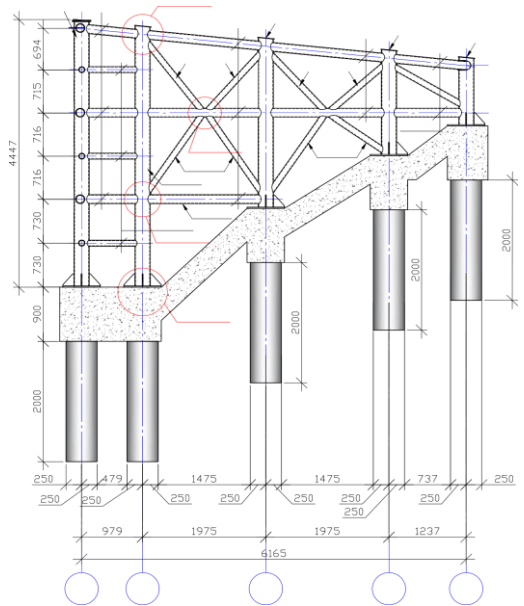
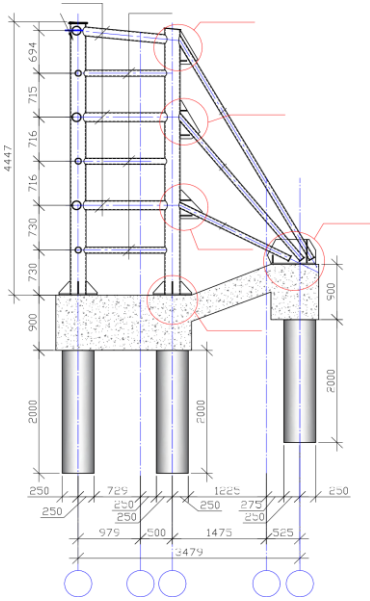


Figure 4.6: Results of the analysis
 Project: PCV-Chad_1 (Chad) (12-24-17)



მაქსიმალური გამოყენების კოეფიციენტი 71,8 %.

ნახ. 4.6. ლითონის კვეთების შემოწმება ადგილობრივ მდგრადობაზე



ნახ. 4.7. თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქციის კვანძები

წარმოდგენილი რეკომენდაციების გათვალისწინებით განგარიშდა, დაპროექტდა და აშენდა თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქცია საქართველოს სამხედრო გზის კობი-გუდაურის ალპურ უბანზე ზღვის დონიდან 2338 მ-ზე, რომლის საერთო ხედი მოცემულია 4.8 ფოტოზე.



ფოტო. 4.8. თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქციის საერთო ხედი საქართველოს სამხედრო გზის კობი-გუდაურის ალპურ ზონაში (ზღვის დონიდან 2238 მ)

5. ციტირებული ლიტერატურა

1. **Абдушелишвили К.Л., Калдани Л.А., Салуквадзе М.Е.** – Катастрофические лавины на территории Грузии. Тр. ЗакНИИГМИ, вып. 68(74), Л.: 1979.
2. **Абдушелишвили К.Л., Калдани Л.А., Салуквадзе М.Е., Цомаия В.Ш.** – Снеголавинный режим Кавказских перевальных дорог и картирование лавинной опасности. Труды 3-го Всесоюзного совещания по лавинам. Тбилиси, 1998.
3. **Gavardashvili G.V., Kukhalashvili E.G., Iremashvili I.R.** - Study of the Mathematical Model of Snow Avalanche Kobi-Gudauri Section of the Georgian Military Road on Sensitive Areas. XVI International Scientific and Practical Conference „Science and Society, Patterns and Trends of Development“, Vienna, Austria, March 30–April 02, 2021, pp. 221-226. <https://isg-konf.com /science - and-society-patterns-and-trends-of-development/>.
4. **Gavardashvili G, Kukhalashvili E., Iremashvili I., Gavardashvili N.** - The outcomes of field survey of sensitive areas at Kobi - Gudauri section of the Georgian military road for the purpose of arranging an innovative snow avalanche construction. //„Annals of Agrarian Science“ Volume 19, Number 2, Tbilisi, June, 2021, pp. 181 – 189.
5. **გავარდაშვილი გ., კუხალაშვილი ე., ირემაშვილი ი., გავარდაშვილი ნ.** - თოვლის ზვავის ინოვაციური კონსტრუქციის დაპროექტებისათვის მეთოდოლოგიის დამუშავება. მე-10 საერთაშორისო კონფერენცია - „წყალთა მეურნეობის, გარემოს დაცვის, არქიტექტურისა და მშენებლობის თანამედროვე პრობლემები“ მიძღვნილი აკადემიკოს ცოტნე მირცხულავას დაბადე-

ბიდან 100 წლის იუბილისადმი თბილისი, 2021, 25-27 ივლისი, გვ. 36-45.

6. **Gavardashvili G, Kipiani G., Tskhvedadze R.** - Calculation of New Anti-Snow Avalanche Construction. Proceedings of the 4th International Conference on Contemporary Problems in Architecture and Construction. September 24-27, Czestochowa, POLAND, 2012, pp. 41- 47
7. **Gavardashvili G, Tsulukidze L.** - Analysis of the Onset of Avalanche Motion Using the Theory of Catastrophes. Bull. of The Georgian National Academy of Sciences. Tbilisi, T. 173, #2, 2006, pp. 396 – 399
8. **გავარდაშვილი გ., გავარდაშვილი ნ., კასაბური ი.**- სტიქია საქართველოს სამხედრო გზის მლეთა-გუდაურის სერპანტინიან უბანზე და მისი შეფასება. //მეცნიერება და ტექნოლოგიები, # 7 - 9 , თბილისი, 2006, გვ. 20 – 22
9. **Gavardashvili G., Kasaburi I.** - Mathematical Model of Landslide Flow Motion. Bull. of the Georgian Academy of Sciences. Tbilisi, T.161, №1, 2000, 88-89 p.
10. **გავარდაშვილი გ. ვ., პასიკაშვილი მ. გ., ცხოვრებაძე ა. გ.** ზვავსაწინააღმდეგო ნაგებობა საქართველოს პატენტი # 278, ბიულ. # 2(7), თბილისი, 1996, გვ. 30.
11. **სალუქვაძე მ.ე.** საქართველოს თოვლის ზვავების კადასტრი. თბილისი, 2018, 154 გვ.
12. **ქალღანი ლ., სალუქვაძე მ.** თოვლის ზვავები საქართველოში (მონოგრაფია), თბილისი, 2015.
13. Defense structures in avalanche starting zones (technical guideline as an aid to enforcement). WSL Swiss Federal

Institute for Snow and Avalanche Research SLF (Davos).
Bern, 2007. 134 p.

14. Инженерные изыскания для строительства в лавиноопасных районах. Общие требования. Москва, 2018, 63 с.
15. <https://www.debian.org/users/org/slf.ru.html>
16. <https://www.debian.org/doc/manuals/debian-handbook/index.ru.html>
17. Статковский Б.И. Проект дороги через хребет Кавказских гор между урочищем Квишеты и станцией Коби. – Журнал Главного управления путей сообщения и публичных зданий. Т. 29. Санкт Петербург, Тип. Гл. упр. Путей сообщ., 1859, с. 249-282.
18. **Черноморец С.С., Гавардашвили Г.В., Савернюк Е.А. и др.** - Ледово-каменный обвал и последующий селевой поток в Девдоракском ущелье (Кавказ, Грузия) в 2014. IV международная конференция – “Селевые потоки: катастрофы, риск, прогноз, защита. г. Иркутск, Россия, 2016, 5 с.
19. <https://elib.rgo.ru/safe-view/123456789/222568/1/UnVQUkxJQjEyMDM5NzU3LIBERg#330>
20. <https://elib.rgo.ru/handle/123456789/222568>

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 Structure Against Snow Avalanches

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

Book 4

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