



საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტი  
1922 წლიდან

ტიტე ჯიშიაშვილი

არახისტი საგზაო სამოსების საექსპლუატაციო  
მდგომარეობის შეფასება და მათი გაუმჯობესების  
მეთოდების კვლევა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
სადოქტორო პროგრამა „მშენებლობა“

შიფრი 0732

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი თბილისი, 0160, საქართველო

2023 წ



საქართველოს ტექნიკური  
უნივერსიტეტი  
1922 წლიდან

**ს ა ქ ა რ თ ვ ე ლ ო ს ტ ე ქ ნ ი კ უ რ ი უ ნ ი ვ ე რ ს ი ტ ე ტ ი**

**ს ა მ შ ე ნ ე ბ ლ ო ფ ა კ უ ლ ტ ე ტ ი**

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით **ტიტე ჯიშიაშვილის** მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: **არახისტი საგზაო სამოსების საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება და მათი გაუმჯობესების მეთოდების კვლევა** და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საინჟინრო, ტექნოლოგიური და საბუნებისმეტყველო საუნივერსიტეტო სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

„----- „ ----- 2023წელი

ს ა მ ე ც ნ ი ე რ ო ხ ე ლ მ დ ვ ა ნ ე ლ : **პ როფ ე ს ო რ ი ა ლ ექ ს ი ბ უ რ დ უ ლ აძ ე**

რ ე ც ე ნ ზ ე ნ ტ ი : \_\_\_\_\_

რ ე ც ე ნ ზ ე ნ ტ ი : \_\_\_\_\_

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2023 წ

ავტორი: ტიტე ჯიშიაშვილი

დასახელება: არახისტი საგზაო სამოსების საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება და მათი გაუმჯობესების მეთოდების კვლევა

სადოქტორო პროგრამა: მშენებლობა

ხარისხი: მშენებლობის ინჟინერიის დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: \_\_\_\_\_

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ შემოთავაზებული დასახელების დისერტაციის გაცნობის მიზნით მოთხოვნის შემთხვევაში მისი არაკომერციული მიზნებით კოპირებისა და გავრცელების უფლება მინიჭებული აქვს საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტს.

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს და ნარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი ნაშრომის და არც მისი ცალკე ულკომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდი თრეპროდუქცია და უშვებელა ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით დაცულ მასალაზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხოვენ მხოლოდ სპეციფიურ მიმართებას ლტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველ მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

განვითარებული და მოწესრიგებული საავტომობილო გზათა ქსელი უზრუნველყოფს როგორც ტურისტების, ისე ადგილობრივი მოსახლეობის კოფორტულ და უსაფრთხო გადაადგილებას, რაც საბოლოო ჯამში ქვეყნის განვითარებაზე აისახება

საქართველოში საავტომობილო გზების მშენებლობისათვის ყოველწლიურად მილიონობით ლარი იხარჯება. მნიშვნელოვანია, რომ სამშენებლო სამუშაოების შესრულების ხარისხმა უზრუნველყოს გზის, მაქსიმალური საექსპლუატაციო ვადა და ჩატარებულ სამშაოზე ხელმეორედ არ მოგვიწიოს ხარჯების გაწევა მის ვადამდე შესაკეთებლად. აღნიშნულის უზრუნველსაყოფად, აუცილებელია მშენებლობის პროცესი როგორც საპროექტო, ისე სამშენებლო ეტაპზე წარმართოს თანამედროვე, საერთაშორისოდ აღიარებული და მოწესრიგებული სამშენებლო წესებისა და ნორმატივების შესაბამისად.

გზის საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება, განსაკუთრებით არახისტი საგზაო სამოსებთან მიმართებაში მნიშვნელოვანია არსებული პრობლემების იდენტიფიცირებისა და შემდგომში სწორად გადასაჭრელად. არსებული მდგომარეობის შეფასებისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა გამახვილდეს სარეაბილიტაციო ობიექტზე წარმოქმნილი დეფექტების ზუსტ აღრიცხვასა და მათი გამომწვევი მიზეზების დადგენაზე, ხოლო შემდგომ, სწორი გადაწყვეტილების მიღებით მოხდეს დაზიანებული უბნის იმგვარად შეკეთება, რომ მისი საექსპლუატაციო ვადა განისაზღვროს საერთაშორისოდ დადგენილი ნორმატივების შესაბამისად.

სადისერტაციო ნაშრომში დეტალურად არის განხილული სხვადასხვა ტიპის არახისტი სამოსებზე, არსებული დაზიანებების სავარაუდო გამომწვევი მიზეზების დადგენის მეთოდოლოგია, თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნების გამოცდილების გაზიარებით. ნაშრომში დეტალურადაა აღწერილი დაზიანების გამომწვევი მიზეზების შეფასება და მათი თანამედროვე სტანდარტების შესაბამისად გადაჭრის გზები. დღეის მდგომარეობით დაზიანებები ახლად რეაბილიტირებულ სამოსებზე საკმაოდ აქტუალური პრობლემაა, რომელიც როგორც წარსულში, ისე აწმყოში, გამოწვეულია როგორც მშენებლობამდე, ისე მშენებლობის პროცესში უხარისხოდ ან/და მოძველებული ნორმატივების მიხედვით შესრულებული სამუშაოებით.

ნაშრომში ასევე განხილულია საქართველოში ბოლო წლებში გავრცელებული ასფალტბეტონების მოდიფიცირების სხვადასხვა მეთოდები. სიტყვა მოდიფიცირება გულისხმობს რაიმეს სახეცვლილებას, ანუ რაიმე დანამატით თუნდაც ერთი ფიზიკურ-მექანიკური თვისების გაუმჯობესებას, მაგრამ სხვადასხვა ტიპის სამოსებისათვის, მაგალითად იქნება ეს საფუძვლის ფენები თუ ასფალტბეტონის საფარი, მნიშვნელოვანია დადგენილი იყოს თუ რა ტიპის მოდიფიცირებაზე გვაქვს გათვლა, რათა შემდგომში მივიღოთ ზუსტად იმ ხარისხის პროდუქტი, რაც გვჭირდება. ნაშრომში დეტალურად არის შესწავლილი და ექსპერიმენტული ცდების საფუძველზე დადგენილია ასფალტბეტონის ნარევის მოდიფიცირების ის ოპტიმალური ვარიანტები, რაც საერთაშორისო სტანდარტებს შეესაბამება.



გამოთვლები შედარებულია ცემენტისა და წიდით დამზადებული სტაბილიზირებული ნიმუშების პრაქტიკულ შედეგებთან და დადგენილია მათი თანხვედრა. აღნიშნულის გამოყენებით, შესაძლებლობა გვაქვს ცემენტის გამკვრივებისთანავე, მაგალითად 2-3 დღის შემდეგ, ან ჩვენთვის სასურველ დღეს მიღებული შედეგით განვსაზღვროთ მისი საბოლოო სიმტკიცე, რაც გვაძლევს საშუალებას, სამშენებლო პროცესები წარვმართოთ შეფერხებების გარეშე.

## Abstract

The developed and organized road network in Georgia ensures the comfortable and safe movement of tourists and local residents, which ultimately affects the country's development.

Millions of Georgian lari are spent annually on the construction of roads, for carrying out construction works in such a way, to maximize the useful life and to avoid incurring costs for the repair of the completed work before its due date. In order to ensure the above mentioned it is necessary to conduct the process both in the design and construction stages, in accordance with modern, internationally recognized, and regulated construction norms and test methods.

Evaluation of the operation condition, especially in regards to the non-rigid road pavement, is important for solving a problem correctly later. During the evaluation of the current situation, special attention should be paid to the accurate recording of the existing defects on the rehabilitation site and the determination of their causes. By means of adopting the correct decision the damaged area should be repaired in such a way that its operation condition meets the internationally established norms.

In this graduate work, determination of the possible causes of the existing defects on the various types of pavements by means of modern technologies and experience of the leading countries of the developed world is discussed in detail. Evaluation of the reasons causing the defects and ways to solve them according to modern standards are described in detail through drawings and pictures. Currently, defects on the newly rehabilitated pavements is a very urgent problem, which was caused in the past and is also caused in the present by the poor quality of works and/or works performed according to the outdated norms, both in pre-construction and construction stages.

This paper also discusses various methods of modification of road pavements widely used in Georgia during the last years. The term modification implies changing something, e.i. improving at least one physical-mechanical feature by means of any additive. But for various types of pavement, for base layers or asphalt concrete pavement for example, it is important to determine what type of modification we are counting on, so that we can subsequently get a product of exactly such quality as we imply.

For this purpose, in this paper, such optimal options for modification of the asphalt concrete mixture, which correspond to international standards are discussed in detail and ascertained based on experimental tests.

Also, optimal results for solutions to the current problem, polymer-modified asphalt concrete with additives available on the market, are presented in the form of appropriate diagrams and tables, based on laboratory tests and obtained results, which also supports the assumption of how long the work performed on the roads will be able to safely and comfortably serve the movement of vehicles.

The course of the experiment includes the processes of optimal selection of the mixes, as well as the use of processed slag in the form of inert materials in construction works which, on the one hand, reduces the impact on the nature from material extraction viewpoint, and on the other hand, reduces the cost of construction works and increases the quality of construction.

The laboratory research was carried out on the slag obtained from Zestafoni Ferroalloys Plant, which represents 30 percent of the remaining after ferroalloys processing. By means of a special crusher, the obtained slag fractions were tested in accordance with European tests, and all the physical-mechanical properties, which are established for materials used in asphalt concrete pavement, were determined. After obtaining positive physical mechanical properties, traditional asphalt concrete mixes were produced using slag. Mixes were tested for all those indicators, which are determined by the technical norms. Based on the evaluation of results and feasibility study we can conclude, that by using processed slag we can obtain non-rigid road pavements of the highest quality, which allows us to reduce the cost of the construction project several times, and to increase its useful life compared to traditional methods.

At the last stage of the experiment, processed slag was used for base layers, in particular in cement and bitumen stabilized layers. Based on the research it was determined, that due to the small quantity, by adding 5-20 slag fractions to the natural sand-gravel material in the base layer instead of its complete replacement, we can increase the final indicator, the compressive strength of the obtained product. By the addition of slag, which also increases the total quality of a mix, we get the possibility to decrease the quantity of cement by 1% during the stabilization process and obtain the same result. As known, compression strength in the case of the materials where cement is used is determined after 28 days. By means of certain graphs for example, based on the percentage of the result obtained on the 7th day, it is possible to determine what will be the result obtained at the end of the 28-day cycle. But in the construction process, 7 days is a long period since the stabilization process can last for several days or months, which does not allow us to speed up the process, since for each manufactured product, it is necessary to obtain the final results and their compliance with the design requirements. Based on the above mentioned, this paper shares the knowledge obtained from Eurocodes and theoretically describes the sequence of strength limits for different classes and types of cement, besides the theoretical calculations are compared with the practical results of stabilized samples made of cement and slag, and their coincidences are determined. Using the above mentioned, we have the opportunity to determine the final result immediately after the cement has hardened, for example on the 2nd or 3rd day, or on that day which we desire, this allows implementation of construction processes without interruptions.



## სარჩევი

რეზიუმე.....	4
შესავალი.....	14
1. ლიტერატურის მიმოხილვა.....	19
1.1 ტექნიკური მოთხოვნების მნიშვნელობა საექსპლუატაციო ვადაზე.....	21
1.2 არსებული მდგომარეობის ტრადიციული შეკეთების ტექნოლოგიები .....	25
1.2.1 აჭირო სარეაბილიტაციო გადაწყვეტისა და დაპროექტების ტრადიციული მეთოდები .....	32
1.2.2 ლაბორატორიული კვლევები საექსპლუატაციო ვადისა და დაპროექტების გადასაწყვეტად.....	36
1.3 საავტომობილო გზაზე არსებული დაზიანებების მოვლა-შეკეთება ექსპლუატაციის პროცესში.....	41
1.4 მშენებლობის კლასიფიკაცია.....	43
2. შედეგების განსჯა.....	47
2.1 საგზაო სამოსის ფენები და მათი თანამედროვე ტექნიკური მოთხოვნები .....	47
2.1.1 საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება და სამუშაოების მიღება.....	48
2.2 არსებული მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე ტექნოლოგიები .....	51
2.3 ბიტუმის ტრადიციული და თანამედროვე სახეცვლილება საგზაო ინფრასტრუქტურაში .....	57
2.4 ასფალტბეტონის საფარზე გამოწვეული დაზიანებების იდენტიფიცირება, შეფასება და მათი გაუმჯობესება .....	71
2.5 ასფალტბეტონის შემადგენლობა და საექსპლუატაციო ვადის გაზრდის თანამედროვე მეთოდები .....	77
2.5.1 ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სხვადასხვა დანამატების გამოყენებით და მოდიფიცირებული ბიტუმის ოპტიმალური სახეცვლილება.....	81
2.6 ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სტანდარტული და პოლიმერ-მიდიფიცირებული ბიტუმით დამზადებული ოპტიმალური ა/ბეტონის ნარეგების ზეგავლენა საექსპლუატაციო მდგომარეობაზე.....	81
2.6 ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ასფალტბეტონის საფარში ლითონის გადამუშავებული ნარჩენის, წიდის გამოყენებაზე .....	88
2.6.1 ეკონომიკური დასაბუთება ასფალტბეტონში წიდის გამოყენებაზე.....	91
2.7 საგზაო ფენილების ცემენტით გამდიდრება.....	92
2.7.1 არახისტი საგზაო სამოსის ცემენტით სტაბილიზაცია .....	94
2.7.2 ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ცემენტით სტაბილიზირებულ ფენებში წიდის გამოყენებაზე .....	95

3. დასკვნა.....	103
გამოყენებული ლიტერატურა.....	105

## ცხრილების ნუსხა

ცხრილი 1	საავტომობილო გზის კონსტრუქციაში დასაშვები დეფექტების მაჩვენებლები .....	26
ცხრილი 2	სტატიკური დრეკადობის მოდული გზის კლასის მიხედვით.....	32
ცხრილი 3	მოთხოვნები საგზაო სამოსის მიმართ .....	46
ცხრილი 4	ასფალტბეტონის საერთაშორისო მოთხოვნები.....	48
ცხრილი 5	დეფლექტომეტრით მიღებული შედეგები.....	52
ცხრილი 6	მოთხოვნები საგზაო ბიტუმის მიმართ.....	56
ცხრილი 7	სტანდარტული ბიტუმის გამოცდის შედეგები.....	60
ცხრილი 8	სტანდარტული და პოლიმერ-მოდფიცირებული ბიტუმის მოთხოვნები.....	63
ცხრილი 9	სასობიტით მოდიფიცირებული ბიტუმის შედეგები.....	64
ცხრილი 10	ელვალოით მოდიფიცირებული ბიტუმის შედეგები.....	65
ცხრილი 11	სბს-ით მოდიფიცირებული ბიტუმის შედეგები.....	66
ცხრილი 12	ავსტრიაში ჩატარებული ექსპერიმენტი #1.....	67
ცხრილი 13	ავსტრიაში ჩატარებული ექსპერიმენტი #2.....	68
ცხრილი 14	ავსტრიაში ჩატარებული ექსპერიმენტი #3.....	68
ცხრილი 15	ქვის მაქსიმალური ზომისა და ფენილის სისქის კავშირი.....	77
ცხრილი 16	მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.....	81
ცხრილი 17	სტანდარტული ასფალტბეტონის გამოცდის შედეგები.....	83
ცხრილი 18	4.5% სბს პოლიმერით დამზადებული ა/ბეტონის გამოცდის შედეგები.....	84
ცხრილი 19	წიდით დამზადებული ასფალტბეტონის შედეგები.....	89
ცხრილი 20	კალიფორნიის მაჩვენებელი.....	94
ცხრილი 21	სტანდარტული ნარევისა და ცემენტით სტაბილიზირებული ფენის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე..	98
ცხრილი 22	სტანდარტულ ნარევი შერეული წიდისა და ცემენტით სტაბილიზირებული ფენის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე..	99

## ნახაზების ნუსხა

ნახაზი 1	ცივი ა/ბეტონის ნარევი .....	28
ნახაზი 2	დასაწყობებული ცივი ა/ბეტონის ნარევი ორმოული შეკეთებისათვის .....	29
ნახაზი 3	გზის სამოსზე ღერძული დატვირთვების გადაცემის სქემა..	34
ნახაზი 4	საგზაო სამოსის დაზიანებები გამომდინარე საფარისა და საფუძვლიდან.....	36
ნახაზი 5	კერნის ამოღება საგზაო სამოსიდან .....	37
ნახაზი 6	მზიდუნარიანობა დინამიური პენეტრომეტრით.....	37
ნახაზი 7	მასალის მზიდუნარიანობის შეფასება.....	38
ნახაზი 8	დაზიანებული საფარი შეკეთებამდე და შეკეთების შემდეგ.....	41
ნახაზი 9	დრეკადობის მოდულის განსაზღვრა მცირე ზომის დეფლექტომეტრით.....	51
ნახაზი 10	დრეკადობის მოდულის განსაზღვრა მისაბმელიანი დეფლექტომეტრით.....	51
ნახაზი 11	მისაბმელიანი დეფლექტომეტრით მიღებული შედეგები...	52
ნახაზი 12	მულტიფუნქციური მანქანა „IRIS10” .....	53
ნახაზი 13	ლაზერული სისტემით მიღებული სკანირება .....	54
ნახაზი 14	გზის ციფრული მოდელი .....	55
ნახაზი 15	ბზარების დეტექტორის ჩანაწერი .....	55
ნახაზი 16	ბიტუმის პენეტრომეტრი .....	58
ნახაზი 17	ბურთულა და რგოლი .....	59
ნახაზი 18	დუქტილომეტრი .....	60
ნახაზი 19	ბადისებრი ბზარები.....	71
ნახაზი 20	გრძივი ბზარები.....	71
ნახაზი 21	განივი ბზარები.....	71
ნახაზი 22	საავტომობილო გზაზე გაჩენილი ე.წ.„ნაკვალევები” .....	74
ნახაზი 23	სტანდარტული და ლორღოვან-მასტიკური ასფალტბეტონი	78
ნახაზი 24	ლორღოვან-მასტიკური ასფალტის ფაქტურა.....	79
ნახაზი 25	ოპტიმალური შემადგენლობის ასფალტბეტონი.....	82
ნახაზი 26	ასფალტბეტონის შერევის პროცესი .....	82
ნახაზი 27	სბს პოლიმერის შერევის პროცესი .....	82

ნახაზი 28	მოდულიზირებული ასფალტის გამოცდა კვალის გაჩენაზე..	85
ნახაზი 29	ბიტუმისა და წიდის მიკვრადობა .....	88
ნახაზი 30	ცემენტის არასწორი დოზირებით გამოწვეული საგზაო საფარის დაზიანება .....	92
ნახაზი 31	სიმკვრივისა და ტენიანობის კავშირი .....	93
ნახაზი 32	გაჯირჯვებისა და მზიდუნარიანობის პროცესი .....	95
ნახაზი 33	წილით მიღებული ფრაქცია გარეცხვამდე და გარეცხვის შემდეგ.....	95
ნახაზი 34	სტაბილიზირებული ნიმუშების გამოცდის პროცესი.....	97
ნახაზი 35	ცემენტის აქტივობა სხვადასხვა დღეზე.....	98

## შესავალი

ბოლო წლების განმავლობაში, საქართველოში აქტიურად მიმდინარეობს როგორც საერთაშორისო მნიშვნელობის მაგისტრალური, ისე შიდასახელმწიფოებრივი და ადგილობრივი მნიშვნელობის გზების მშენებლობა, რეკონსტრუქცია, რეაბილიტაცია, მოვლა-შენახვა, მოძრაობის უსაფრთხოების გაუმჯობესება და ა.შ.

არსებული პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ხშირად, ნორმატიულ მოთხოვნებზე გაცილებით სწრაფად, 3-5 წელიწადში ან საგარანტიო ვადის ამოწურვამდე ხდება ახალი აშენებული ან რეაბილიტირებული გზის დაზიანება და მის შესაკეთებლად ხელმეორედ გვიწევს საკმაოდ მოცულობითი თანხებისა და რესურსების გამოყოფა. საავტომობილო გზების მშენებლობა-რეაბილიტაციაზე, სახელმწიფოს მიერ არარენტაბულარად დახარჯული თითოეული ლარი, უარყოფითად აისახება მის ხვალისდელ დღეზე, მომავლის განვითარების გზაზე. ძალიან მნიშვნელოვანია საგზაო სამუშაოები თავიდანვე შესრულდეს ისე, რომ მინიმალური დანახარჯებით მიღებულ იქნას მაქსიმალურად მაღალი შედეგი, რათა საავტომობილო გზის საექსპლუატაციო ვადა იყოს გაცილებით მეტი, ვიდრე მისი ხარვეზებითა თუ არათანამედროვე ტრადიციული მეთოდებით შესრულების პირობებში.

სადისერტაციო ნაშრომში განხილულია თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით, არსებული უკვე დამკვიდრებული ტრადიციული მეთოდების დახვეწა, გაუმჯობესება. ასევე საგზაო სამოსების როგორც მშენებლობის, ისე ექსპლუატაციაში მყოფი ან და უკვე სარემონტო სამოსების საექსპლუატაციო მდგომარეობის პროგნოზირება, რაც გულისხმობს როგორც უკვე დაშვებული უხარისხოდ შესრულებისგან გამოწვეულის ნაკლები დანახარჯებით ოპტიმალურად შეკეთებას, ისე მათ გამდიდრებას სხვადასხვა თანამედროვე დანამატების გამოყენებით. ნაშრომში ასევე განხილული და ექსპერიმენტალურად, კვლევების საფუძველზე დასაბუთებული იქნება როგორც სხვადასხვა ტიპის სამოსების ოპტიმალური ვარიანტების შერჩევა, ისე გათვალისწინებული იქნება გარემოზე ზემოქმედების ფაქტორები, რაც ბუნებისა და ეკო კლიმატის შენარჩუნებისთვის ერთ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია. სადოქტორო ნაშრომში

განხილული მეტალურგიული წარმოების ნარჩენების გამოყენებით, საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების, როგორც ასფალტბეტონის, ისე საფუძვლის ფენების ფიზიკურ-მექანიკური და საექსპლუატაციო თვისებების გაუმჯობესების როგორც ფინანსური, ისე ხარისხობრივი მეთოდოლოგიის კვლევა - **რაც განაპირობებს მის აქტუალობას.** აღნიშნულ მიმართულება საკმაოდ პერსპექტიულია და გააჩნია დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა, რამდენადაც როგორც საქართველოში, ისე ბევრ მეზობელ ქვეყანაში არსებობს მეტალურგიული წარმოების ნარჩენების საკმარისი რაოდენობის მარაგი, რომელსაც დღეისათვის არ გააჩნია არანაირი ფუნქცია, ხოლო მისისაგზაო მშენებლობაში გამოყენებით შესაძლებელია მივიღოთ მნიშვნელოვანი ეფექტი.

**თემის აქტუალობა:** დღეის მდგომარეობით, საქართველოში საავტომობილო გზების მშენებლობისათვის ყოველწლიურად ბიუჯეტიდან იხარჯება რამდენიმე მილიარდი ლარი. ინფრასტრუქტურული პროექტების შესასრულებლად ასევე საკმაოდ სოლიდური თანხები მოდის სესხების სახით როგორც ევროკავშირის, ისე აზიის განვითარებისა და სხვა საერთაშორისო ინვესტორული ორგანიზაციებიდან, რომელიც რათქმაუნდა მომავალში დასაბრუნებელია და მომავალი თაობისთვის გარკვეულ დაბრკოლებებს წარმოადგენს. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია ინფრასტრუქტურულ პროექტებზე დახარჯული თითოეული ლარი იყოს რენტაბელური, ანუ თანხა, რომელიც მოხმარდა სამუშაოებს, უზრუნველყოს რამდენიმე ათწლეულები ავტოსატრანსპორტო საშუალებების უსაფრთხო და კომფორტული გადაადგილება, რაც ქვეყნის განვითარებისთვის, ისევე როგორც ტურისტების მოზიდვისათვის ძალიან მნიშვნელოვანი ფაქტორია. ტურისტულ განვითარებას მოჰყვება ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებაც, რაც საბოლოო ჯამში ისევ ჩვენსა და მომავალ თაობებზე აისახება. იმ შემთხვევაში, თუ სამუშაოების შესრულებისას არ იქნება იდენტიფიცირებული სამშენებლო ხარისხის ნაკლოვანებები, მისი საექსპლუატაციო ვადა იქნება ძალიან მოკლევადიანი და რამდენიმე წელიწადში ხელმეორედ იქნება საჭირო დამატებითი რესურსების იგივე პროექტებზე დახარჯვა.

**დისერტაციის მიზანია** არახისტი საგზაო სამოსებზე საექსპლუატაციო მდგომარეობის პროგნოზირება, რაც მოიცავს როგორც საპროექტო ეტაპზე მაღალი ხარისხისა და საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისი პროცესების დაგეგმვას, ისე მშენებლობის პროცესში სამუშაოების იმგვარად ჩატარებას, რომ თითოეულ კონსტრუქციულ ფენაზე გამოყენებული მასალებისა და მოწყობილი ფენების მაღალი ხარისხით შესრულებას. რაც საბოლოო ჯამში გაზრდის შესრულებული სამუშაოების საექსპლუატაციო ვადას.

**მეცინერულ სიახლეს წარმოადგენს:** სამშენებლო სამუშაოებში ინერტული მასალების სახით რეგენერებული წიდის გამოყენება, რომელიც ერთის მხრივ ამცირებს ბუნებაზე მავნე ზემოქმედებას, რამდენადაც მცირდება ინერტული მასალების კარიერებზე მოპოვება, მეორეს მხრივ ამცირებს სამშენებლო სამუშაოების ღირებულებას და ზრდის ხარისხს.

ლაბორატორიული კვლევები ჩატარებულია ზესტაფონის ფეროს ქარხნიდან ნარჩენის სახით მოპოვებულ წიდაზე, რომელიც ფეროს გადამამუშავების შედეგად 30 პროცენტის სახით რჩება. სპეციალური სამტვრევის საშუალებით, მიღებული წიდის სხვადასხვა ფრაქციები გამოიცადა ევროპული ცდების შესაბამისად და დადგინდა ყველა ის ფიზიკო მექანიკური თვისება, რაც ასფალტბეტონის საფარში გამოსაყენებელი მასალებისთვის არის დადგენილი. მასალების დადებითი ფიზიკო-მექანიკური თვისებების მიღების შემდგომ დამზადდა ტრადიციული ასფალტბეტონის ნარევი წიდის გამოყენებით და შემდგომ გამოიცადა ყველა იმ მაჩვენებელზე, რაც ტექნიკური ნორმატივებით არის განსაზღვრული. შედეგების განსჯისა და ასევე ეკონომიკური დასაბუთებით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ გადამამუშავებული წიდის გამოყენებით შეგვიძლია ავაგოთ უმაღლესი ხარისხის არახისტი საგზაო სამოსები, რაც გვამლევს როგორც სამშენებლო პროექტის ღირებულების რამდენიმეჯერ შემცირებას, ისე მისი საექსპლუატაციო ვადის ტრადიციულ მეთოდებთან შედარებით გაზრდას.

ექსპერიმენტის ბოლო ეტაპზე განხორციელდა გადამამუშავებული წიდის გამოყენება საფუძვლის ფენებისათვის, კერძოდ ცემენტისა და ბიტუმით სტაბილიზირებულ სამოსებში. ჩატარებული კვლევებით დადგინდა, რომ საფუძვლის ფენაში, რაოდენობის სიმცირიდან გამომდინარე, ნაცვლად სრულად



ჩანაცვლებისა, შესაძლებლობა გვაქვს 5-20 ფრაქციის წიდის ბუნებრივ ქვიშახრეშოვან მასალაზე დამატებით, გავზარდოთ მიღებული პროდუქტის საბოლოო მაჩვენებელი, სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე. წიდის დამატებით, რაც ზრდის საერთო ნარევის ხარისხს, გვეძლევა შესაძლებლობა სტაბილიზაციის პროცესში ცემენტის რაოდენობა შევამციროთ 1%-ით და მივიღოთ იგივე შედეგი. როგორც ცნობილია, სიმტკიცის ზღვარი ცემენტით გამოყენებული მასალების შემთხვევაში დგინდება 28 დღის შემდგომ, გარკვეული გრაფიკებით ცნობილია მაგალითად 7 დღეზე მიღებული შედეგი რამდენ პროცენტს წარმოადგენს მთლიანი, 28 დღიანი ციკლის დასრულებისას მისაღებ შედეგს, მაგრამ მშენებლობის პროცესში 7 დღეც საკმაოდ ბევრია, ვინაიდან სტაბილიზაციის პროცესი შეიძლება გაგრძელდეს რამდენიმე დღე ან თვეები, რაც არ გვადლევს საშუალებას პროცესი დავაჩქაროთ დროში, ვინაიდან თითოეული წარმოებული პროდუქტისათვის საჭიროა საბოლოო შედეგების მიღება და მათი შესაბამისობა საპროექტო მოთხოვნებთან. ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, ნაშრომში გაზიარებულია ევროკოდებიდან მიღებული ცოდნა, რომელიც თეორიულად აღწერს სხვადასხვა მარკისა და ტიპის ცემენტებისათვის სიმტკიცის ზღვრის თანმიმდევრობას, ასევე თეორიული გამოთვლები შედარებულია ცემენტისა და წიდით დამზადებული სტაბილიზირებული ნიმუშების პრაქტიკულ შედეგებთან და დადგენილია მათი თანხვედრა. აღნიშნულის გამოყენებით, შესაძლებლობა გვაქვს ცემენტის გამკვრივებისთანავე, მაგალითად 2,3 ან ჩვენთვის სასურველ დღეზე მიღებული შედეგით განვსაზღვროთ მისი საბოლოო შედეგი, რაც გვადლევს საშუალებას, სამშენებლო პროცესები წარვმართოთ შეფერხებების გარეშე.

**პრაქტიკული მნიშვნელობა:** ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულებისა და საქართველოს ევროპისკენ სწრაფვის პარალელურად, მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს მოწესრიგებული სტანდარტებისა და ტექნიკური მოთხოვნების არსებობა. აღნიშნული საქართველოში განსაკუთრებით აქტუალური პრობლემაა, ვინაიდან დღეის მდგომარეობით საქართველოში მოქმედებს როგორც 37 სხვადასხვა კლიმატური პირობების მქონე ქვეყანის, ისე საბჭოთა კავშირის დროინდელი გოსტ სტანდარტები, რომელიც საკმაოდ მოძველებულია და დაკარგული აქვს აქტუალურობა. ნაშრომში ექსპერიმენტებისა და

ლაბორატორიული შედეგების გაანალიზებით, ჩამოყალიბებულია როგორც ტრადიციული მეთოდების გაუმჯობესება უკეთესი ხარისხის მისაღებად, ისე ბაზარზე არსებული დანამატებით ოპტიმალური ვარიანტების შერჩევა შემდგომში მისი საექსპლუატაციო მდგომარეობის გასაუმჯობესებლად. ნაშრომში ასევე განხილულია არსებული დაზიანებების გამომწვევი მიზეზები და ტრადიციულთან, თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით მათი აღწერა და დეტალური დეფექტური უწყისების შედგენის მეთოდოლოგია.

**სადისერტაციო ნაშრომის მოცულობა და სტრუქტურა:** ნაშრომი წარმოდგენილია 105 გვერდზე, იგი შედგება შესავლის, 2 თავისა და 19 ქვეთავის, დასკვნებისა და 42 გამოყენებული ლიტერატურისგან.

**ნაშრომის აპრობაცია და გამოქვეყნებული პუბლიკაციები:** კვლევის მასლების მიხედვით გამოქვეყნებულია 4 სამეცნიერო სტატია, დისერტაციის ძირითადი შედეგები მოხსენებულ იქნა სტუდენტთა 2 - 84-ე და 86-ე ღია საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე:

1. საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება ა.ბურდულაძე, ტ.ჯიშიაშვილი, თ.შილაკაძე. სტუ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა, თბილისი, 2022წ.გვ.108
2. საგზაო მშენებლობაში ბაზალტის ბოჭკოვანი მასალების გამოყენების ეფექტურობა, ა.ბურდულაძე, თ.შილაკაძე, ტ.ჯიშიაშვილი. სტუ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა თბილისი, 2022წ. გვ.113
3. ასფალტბეტონის საფარზე გამოწვეული დაზიანებების პრევენცია მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოყენებით. ტ.ჯიშიაშვილი. სტუ-სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა, თბილისი, 2023 წ. გვ.34.
4. სტანდარტული და პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმით(პმბ) დამზადებული ა/ბეტონის ნარევის გამოცდის შედეგები. ა.ბურდულაძე, ტ.ჯიშიაშვილი. სტუ-სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა, თბილისი, 2023 წ. გვ.93.

## 1. ლიტერატურის მიმოხილვა

ბოლო წლების განმავლობაში, მათ შორის მას შემდეგ რაც ევროკავშირსა და საქართველოს შორის გაფორმდა ასოცირების ხელშეკრულება, გაიწერა გეგმა საქართველოს ევროატლანტიკურ გზაზე ინტეგრაციისათვის, სადაც ერთ-ერთ პუნქტს წარმოადგენს ნორმატიული დოკუმენტებისა და სტანდარტების დახვეწა-განვითარება, რომელიც ხარისხის განვითარებისთვის თანმდევი პროცესია.

ვინაიდან უმეტეს შემთხვევაში საქართველოს არ აქვს საკუთარი სტანდარტები და ტექნიკური სპეციფიკაციები, საქართველოს მიერ (საქართველოს მთავრობის 2013 წლის დადგენილება №50) სამოქმედოდ არის დაშვებული ევროკავშირისა და ეკონომიკური თანამშრომლობისა და განვითარების ორგანიზაციის წევრი 37 ქვეყნის ხარისხის შესაბამისობის დამადასტურებელი დოკუმენტები. აქედან გამომდინარეობს, რომ საქართველოში მოქმედებს 37 ქვეყნის სტანდარტი, მათ შორის ისეთი წარმატებული და განვითარებული ქვეყნის როგორებიცაა დიდი ბრიტანეთი, გერმანია, შვედეთი, ფინეთი და ა.შ. რომელთა საერთაშორისო ცოდნა და პრაქტიკა გაწერილია სტანდარტებსა და მოთხოვნებში, რომლის მიხედვითაც მიმდინარეობს სამშენებლო სამუშაოების ტექნიკურ ნორმატიულ დოკუმენტებთან შესაბამისობა[19,20].

იმ შემთხვევაში, თუ ზემოთ ჩამოთვლილი ქვეყნებიდან ვერ ხდება მოძიება სხვადასხვა ნორმების, 2014 წლის №409 დადგენილებით, სამშენებლო სფეროს ტექნიკური რეგულირების მიზნით, შესაბამისი ტექნიკური რეგლამენტების მიღებამდე აღიარებული და საქართველოს ტერიტორიაზე დროებით სამოქმედოდ არის დაშვებული ყოფილი საბჭოთა კავშირის 1992 წლამდე მოქმედი და შემდგომ პერიოდში მოდიფიცირებული სამშენებლო ნორმები და წესები, ტექნიკური რეგულირების სხვა დოკუმენტები და მათი ის ნაწილები, რომელთა ალტერნატივა არ არსებობს საქართველოში მიღებული ტექნიკური რეგლამენტების ან სხვა ნორმატიული აქტების სახით და რომლებიც არ ეწინააღმდეგება საქართველოს მოქმედ კანონმდებლობას ან/და იმ საერთაშორისო ხელშეკრულებებს, რომელთა მონაწილეც არის საქართველო.

სამწუხარო რეალობა არის ის ფაქტი, რომ დღესდღეისობით სამშენებლო პროექტების მიმდინარეობა და მათი ხარისხთან შესაბამისობა, ძირითადად ხდება ყოფილი საბჭოთა კავშირის 1992 წლამდე მოქმედ სამშენებლო ნორმებით, რომელიც დაფუძნებულია და შედგენილია მე-20 საუკუნის 80-იან წლებამდე მიღებულ ცოდნასა და გამოცდილებაზე. მიუხედავად იმისა, რომ ბევრი მათგანი მოდიფიცირდა, განვითარდა და განიცადა აქტუალიზაცია, საქართველოში ხშირად პროექტებში ხაზგასმულია, რომ, სამუშაოების წარმოება უნდა განცხორციელდეს 1984 წლამდე აღიარებული ნორმატივებით. ამის მიზეზიცაა, რომ საგზაო სამოსახეშირად წარმოიქმნება სხვადასხვა ტიპის დაზიანებები.

დღეის მდგომარეობით, საქართველოში საკმაოდ ხშირია საავტომობილო გზებზე წარმოჩენილი პრობლემები, მაშინაც კი, სანამ მათი საექსპლუატაციო ვადის ნახევარი არ არის გასული. ყოველივე ამის მიზეზი ხდება როგორც ტექნოლოგიური პროცესების არასათანადოდ შეფასება და მიმდინარეობა, ისე გაზრდილი ინტენსივობა და თანამედროვე ტექნოლოგიების ქვეყანაში განუვითარებლობა.

სადიესრტაციო ნაშრომში ერთ-ერთი მთავარი აქცენტი გამახვილებული იქნება ბუნებაზე ზიანის მინიმუმამდე შემცირებით, რეგენერებული მასალებით მივაღწიოთ უკეთესი ხარისხის შედეგების მიღებას, რომელიც ტრადიციულად, მდინარიდან თუ სხვადასხვა კარიერებიდან მოპოვებული მასალების შემცირებით ნაკლებ ზიანს მიაყენებს გარემოს, გაზრდის ხარისხს და შეამცირებს საინვესტიციო ღირებულებას.

გარემოზე ზიანის მიყენების შემცირების გარდა, განსაკუთრებული აქცენტები გამახვილდება როგორც მოძრაობის უფრო მეტად კომფორტულ გადაადგილებაზე, ასევე უსაფრთხოების გაუმჯობესებაზე.

აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ საავტომობილო გზების მშენებლობაში მიღებული ბოლო 30 წლიანი გამოცდილებიდან, არსებითად მნიშვნელოვანია სამუშაოების მაღალტექნოლოგიურად, ხარისხიანად და სრულაფსოვნად შესრულება, ასევე იმ ახალი ტექნოლოგიების გამოყენება, რომელმაც პრაქტიკულად საკმაოდ გაზარდა საგზაო სამოსების საექსპლუატაციო ვადა.

სადოქტორო ნაშრომში გამოყენებული ცდებისა და კვლევების შედეგებზე დაყრდნობით, მოსალოდნელია არსებული მდგომარეობის გაუმჯობესება როგორც ფინანსური ეკონომიკით, ისე საავტომობილო გზის საექსპლუატაციო ვადის 2-3 ჯერ გაზრდით.

მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში, ასფალტბეტონის საფარით დამზადებული გზის სასიცოცხლო პერიოდად განისაზღვრება 20-30 წელიც კი, მაშინ, როდესაც საქართველოში აღნიშნული პერიოდი 7-10 წლამდე მერყეობს. ეს ყველაფერი განპირობებულია როგორც მოთხოვნებისა და სტანდარტების დახვეწით, ისე განვითარებული, წლების განმავლობაში ნაგროვები ცოდნის გაუმჯობესებითა და დანერგვით[44,45].

საგზაო სამოსზე წარმოქმნილი დაზიანებები დამოკიდებულია როგორც კლიმატურ პირობებზე, ისე მასზე წარმოქმნილ დატვირთვებზე, რომელთა გათვალისწინებითაც ხარისხი განსაზღვრავს მის საექსპლუატაციო მდგომარეობას. ნაშრომში განხილული საკითხები დღეისათვის წარმოადგენენ საკმაოდ აქტუალური პრობლემების წარმომავლობას, არსებულის გადაჭრის გზებსა და ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევას. ზრდასთან ერთად მათი ტექნოლოგიური პროცესების დახვეწაზე.

აქტუალურია პრობლემების გადაჭრა, როგორცაა არსებული გზის რეაბილიტაციისა თუ სხვა ტიპის სამუშაოების ჩასატარებლად თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით სარეკონსტრუქციო, სამშენებლო თუ ნებისმიერი სხვა ტიპის სამუშაოების მოკლე დროში, ხარისხიანად და წარმატებით წარმართვა. ნაშრომში გამოყენებული იქნება არსებული საგზაო სამოსების დაზიანების შეფასების კრიტერიუმებისა და მათი გამომწვევი გზების, ასევე სამომავლოდ დაგეგმილი სამუშაოების ოპტიმალური ვარიანტების შერჩევა თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით.

## 1.1 ტექნიკური მოთხოვნების მნიშვნელობა საექსპლუატაციო ვადაზე

სამშენებლო პროცესის მართვა და ნორმატიული დოკუმენტების მნიშვნელობა საექსპლუატაციო მდგომარეობის პროგნოზირებისათვის

საექსპლუატაციო მდგომარეობის პროგნოზირება და მათი საექსპლუატაციო ვადის ან/და მომავალში სავარაუდო დაზიანებების შესაფასებლად, განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია რომ სამშენებლო პროცესში ლაბორატორიული კვლევებისა და საექსპლუატაციო მოთხოვნების შეფასება მოხდეს თანამედროვე სტანდარტების შესაბამისად.

საქართველოში დღეის მდგომარეობით სამშენებლო პროცესების მართვა, ტექნიკური მოთხოვნებისა და ლაბორატორიული ცდების მიმდინარეობა ხშირ შემთხვევაში ხორციელდება გასული საუკუნის 80-იანი სტანდარტების მიხედვით, რომელიც თანამედროვე სამყაროში, მათ შორის პოსტ საბჭოთა ქვეყნებშიც დღემდე ვითარდება და იხვეწება. როგორც მოგვეხსენება, „СНиП 3.06.03.85” საავტომობილო გზების ნორმატიული დოკუმენტი შედგენილია საბჭოთა კავშირის პერიოდში მათში შემავალი ქვეყნებისათვის, რომელიც თავის მხრივ მოიცავდა სხვადასხვა კლიმატური ქვეყნების საერთო მოთხოვნებს, რომლებიც შესაბამისი საშუალო ტემპერატურის მიხედვით იყოფოდა ქვესახეობებად - კლიმატურ ზონებად. თუმცა, მაგალითისთვის თუ ავიღებთ ГОСТ 9128-1978 ან 1984-ს - ტექნიკურ მოთხოვნებს ასფალტბეტონის ნარეგებისა, ვნახავთ რომ ასფალტბეტონის ძირითადი ფიზიკო-მექანიკური მოთხოვნები ყველა კლიმატური პირობისათვის ერთნაირია, მაგრამ არის გარკვეული დაყოფილი მოთხოვნები შესაბამისი კლიმატური პირობების მიხედვით, მაგ. სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, წყალმდედგობის კოეფიციენტი და ა.შ. გასათვალისწინებელია ასევე ის ფაქტი, რომ აღნიშნული დოკუმენტით აუცილებელია სამუშაოების პროცესში ხარისხის კონტროლი, მათი საექსპლუატაციო მდგომარეობის შესაფასებლად განხორციელდეს სტანდარტის დანართის შესაბამისად[17,1,2,3,4].

მართალია ასფალტბეტონის გოსტ 9128-1984 მსგავსად 1978-ისა, გარკვეული პოსტ საბჭოთა ქვეყნების ჩართულობით, პერიოდულად განიცდიდა განახლებას და ჯერ 1998, 2009 და საბოლოო ვერსია 2013 წელს განახლდა, რომლის დროსაც ავტომატურად მოხდა იმ სხვა ძველის გაუქმება, მაგრამ ნორმატიული დოკუმენტი „СНиП 3.06.03.85” 2012 წლამდე იყო მოქმედი, რაც ავტომატურად სამუშაოების წარმოებისას არ აჩენდა ვარაუდს იმისა, რომ 1984 წლის ასფალტბეტონის მოთხოვნების გამოყენება არ უნდა განახლებულიყო და წლების განმავლობაში,

სამუშაოების ხარისხთან შესაბამისობა მიმდინარეობდა სწორედ გაუქმებული მოთხოვნებით.

ვინაიდან აღნიშნული ნორმატივების განახლებაში ძირითადი ინიციატორი იყო რუსეთის ფედერაცია, რომელმაც თავის მხრივ 2012-2013 წლიდან დაიწყო მუშაობა ევროპული ნორმებისა და გამოცდის მეთოდების დამუშავებაზე და ეტაპობრივად ნაცვლად გოსტ (საერთაშორისო სტანდარტისა) თავის სახელმწიფოში აღიარა გოსტ რ (ძირითადად ევროპული ნორმებიდან გადმოთარგმნილი მოთხოვნები, მოხდა მათი აქტიურად დარჩენა, მაგრამ სავარაუდოა ის ფაქტი, რომ დარჩენილი ქვეყნებიდან ვინც მონაწილეობას იღებდნენ დახვეწასა და თანამედროვეობასთან მიახლოებაში, ვერ მოახერხებენ სათანადოდ მათ დახვეწას. შესაბამისად, დარჩენილ ქვეყნებსაც განვითარებისათვის აუცილებლად დასჭირდებათ საკუთარი კურსის შესაბამისად იმუშაონ ქვეყნის განვითარებაზე[44].

საქართველოს მოსახლეობის გადაწყვეტილებით, ქვეყანამ საბჭოთა კავშირის დაშლის შემდგომ ერთხმად გადაწყვიტა მათი სურვილი ევროპულ ოჯახში გაწევრიანებისა და ევროპული ღირებულებების საკუთარ ძირძველ, ტრადიციულ ღირებულებებთან გაზიარება, რაც თავის მხრივ ჩვენი მომავალი თაობისათვის მშვიდ და წარმატებულ, განვითარებულ ცხოვრებას ნიშნავს.

2016 წელს საქართველომ ხელი მოაწერა ევროკავშირთან ასოცირების ხელშეკრულებას, რომლის თანახმადაც, ქვეყანაში გარკვეული პერიოდის მანძილზე სხვადასხვა საკანონმდებლო თუ მმართველობით ღონისძიებებთან ერთად, აუცილებელია ქვეყანაში ევროპული ნორმების დანერგვა და შემუშავება. სწორედ ამიტომ, საქართველოში ჩამოყალიბდა სახელმწიფოს საქვეუწყებო დაწესებულება, სტანდარტიზაციისა და მეტროლოგიის ეროვნული სააგენტო, რომლის მთავარი ფუნქციაა, ნებისმიერი სფეროს მიმართულებით, მათ შორის მედიცინა, სპორტი, მშენებლობა და სხვა ევროპული ნორმების საქართველოს სახელმწიფო სტანდარტად თარგმნა და შემდგომ დარეგისტრირება, რაც კანონმდებლობის შესაბამისად, სხვადასხვა პროფესიის ადამიანებს ავალდებულებს მათი როგორც სახელმწიფო ეროვნულ სტანდარტად გამოყენებას.

ევროპული ნორმებისა და სტანდარტების დახვეწა, მიმდინარეობს სხვადასხვა განვითარებული ევროკავშირის ქვეყნებში შემავალი კვლევითი და სამეცნიერო ინსტიტუტების ერთიანობით, რაც თავის მხრივ ზრდის წარმატებისა და განვითარების ალბათობას.

გამოცდის მეთოდები, სხვადასხვა სამშენებლო სამუშაოებისათვის, მაგალითად ასფალტბეტონის მშენებლობა, ც/ბეტონის ნაწარმი, საფუძვლის ფენები და ასე შემდეგ დაყოფილია შესაბამისი დასახელებითა და ნუმერაციით, სადაც თითოეულში დეტალურადაა აღწერილი ლაბორატორიული შედეგების მისაღებად მეთოდოლოგიის სწორი შერჩევა და შეფასება. აღნიშნული ცდების მიმდინარეობა, მაგალითად ასფალტბეტონის კერნის საშ.მოცულობითი მასის დადგენა EN12697-6, რომელიც კანონმდებლობის შესაბამისად გერმანიაში მიღებულია როგორც DIN EN12697-6, საფრანგეთის FR EN12697-6, საქართველოს სსტ ენ 12697-6 სხვადასხვა ქვეყნების მიუხედავად, წარიმართება ერთნაირად. შესაბამისად არის სხვა ნებისმიერ საქმიანობაში, მაგალითად პლასტმასის ბოთლის ქიმიური შემცველობის დადგენა და ა.შ.

რაც შეეხება ტექნიკურ მოთხოვნებს, მაგალითად ასფალტბეტონის ნარევების ხარისხთან შესაბამისობა, რომელსაც წარმოადგენს სსტ ენ 13108-1, სადაც შეყვანილია სხვადასხვა კლიმატური პირობებისა და ადგილმდებარეობისათვის, ზოგადი მოთხოვნები ასფალტბეტონის ნარევების შესახებ, შესაბამისად, თითოეული ქვეყნის სხვადასხვა ინსტიტუტებისა და მეცნიერების მეშვეობით, ხდება აღნიშნული მოთხოვნების საკუთარი ქვეყნის პირობებზე მორგება და დამტკიცება. მაგალითად გერმანელებს, რომლებიც საკმაოდ წარმატებულებული არიან სამშენებლო განვითარების მიმართულებით, შემუშავებული აქვთ თავისი ქვეყნის კლიმატური პირობების შესაბამისად, DIN EN13108-1-ის გამოყენებით ტექნიკური მოთხოვნები, სადაც დეტალურად არის ასფალტბეტონის სხვადასხვა ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლების მოთხოვნები და რომლის გამოყენებაც სხვა ევროპული, შესაბამისი კლიმატური პირობების ქვეყნისათვისაც მიზანშეწონილია.

საქართველოში მოქმედი კანონმდებლობის შესაბამისად, შესაძლებელია იგივე გერმანული მოთხოვნებით განხორციელდეს სამშენებლო სამუშაოების



შესაბამისობა ხარისხთან, რაც ერთი შეხედვით არ უნდა წარმოადგენდეს გარკვეულ პრობლემას, მაგრამ იმ ფაქტორების გათვალისწინებით, რომ მაგალითად: საცვეთი ფენის შემთხვევაში ან ქვედა ფენის შემთხვევაში ფორიანობის მაჩვენებელი განსაზღვრულია მხოლოდ ნაკლები მაქსიმალურ მაჩვენებელზე, ანუ არ არის გათვალისწინებული მინიმალური მაჩვენებლები. საჭიროებს განსაკუთრებულ ყურადღებას. ვინაიდან, გერმანიაში საშუალოდ ზაფხულში ფიქსირდება მაქსიმუმ 25 გრადუსი, ხოლო ზამთარში -4, აღნიშნული მაჩვენებელი(ფორიანობა) ნაკლები დადგენილ მოთხოვნაზე იქნება საკმარისად ყინვა გამძლე ზამთარში, ხოლო არ გამოიწვევს დატვირთვების შედეგად მაღალი ტემპერატურით გამოწვეულ ჩაღრმავებებს.

გერმანული მოთხოვნების საქართველოში გამოყენება, განსაკუთრებით მაღალი დატვირთვების გზებისათვის არარენტაბელურია, ვინაიდან საქართველოში ზაფხულის პერიოდში არის ადგილები, სადაც ცხელ სეზონზე მაქსიმალური ტემპერატურა 40-45 გრადუსსაც უახლოვდება, სადაც შესაძლებელია მზეზე ასფალტბეტონის საფარი 60 გრადუსსაც მიუახლოვდეს. ყოველივე ამან, კერძოდ სამუშაოების წარმოებამ გერმანული ნორმატივების მიხედვით, შესაძლებელია დამაკმაყოფილებლად დასრულდეს, მაგრამ გარკვეული პერიოდის გავლის შემდეგ, დაბალმა ფორიანობამ, მაგალითად: ზედა ფენაში 1.0%, ან ქვედა ფენაში 3-4%-მა, გამოიწვიოს გრძივი ნაკვალევის გაჩენა, რამაც საბოლოოდ შეამციროს მისი საექსპლუატაციო ვადა.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, აუცილებელია სწორედ იქნას შერჩეული თუ რამდენად კლიმატური პირობების შესაბამისი ქვეყნის სამშენებლო ნორმებს გამოვიყენებთ ან ტექნიკური მოთხოვნების მიღებაში, რა გამოცდილებას და ცოდნას გამოვიყენებთ, ვინაიდან სრულფასოვანი ტექნიკური მოთხოვნების შედგენა, რაც თავის მხრივ გაზრდის საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო ვადას, საჭიროებს თითოეული მოსალოდნელი შედეგების განსჯას და გაანალიზებას.

## 1.2 არსებული მდგომარეობის ტრადიციული შეკეთების ტექნოლოგიები

საფარის დეფექტების აღმოსაფხვრელად სამუშაოების ხარისხი, დამოკიდებულია არა მარტო გამოყენებულ ტექნოლოგიებზე, არამედ მასალის

ფიზიკო-მექანიკურ თვისებებზე და ექსპლუატაციის კონკრეტულ პირობებზე. საფარის დეფექტების აღმოსაფხვრელად იყენებენ მასალებს, რომლებიც აკმაყოფილებენ ნორმატივებით განსაზღვრულ მოთხოვნებს.

ა/ბეტონის დამზადებისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მასში გამოსაყენებელი მასალების თვისებებს. მასალების სიმტკიცე და მათი ცვეთის მიმართ მახასიათებლები განაპირობებს ა/ბეტონის საფარის ექსპლუატაციისას მის მდგრადობას, რათა არ მოხდეს დასაშვები დეფექტების მაჩვენებლების ნორმატიული მოთხოვნებიდან გადახვევა.

საავტომობილო გზის საექსპლუატაციოდ გზის სამოსზე დეფექტების გაჩენა მეტი ინტენსიობით ხდება გაზაფხულსა და შემოდგომაზე, როდესაც გარემოში ხშირია ნალექი. საგზაო სამოსში შეღწეული სისველის და გარემო ტემპერატურის ზემოქმედების შედეგად, გზის სამოსში არსებულ სიცარიელეში (ფორებში) შესული წყალი პერიოდულად იყინება- ლღვება, შესაბამისად ფართოვდება- იკუმშება. შედეგად ხდება გზის საფარის დაზიანება, წარმოიშვება დეფექტები ორმოების სახით. საავტომობილო გზაზე დეფექტების გაჩენა იწვევს მოძრაობის სიჩქარის შემცირებას. შესაბამისად იზრდება სამომრავო დრო, რაც უარყოფითად აისახება ქვეყნის ეკონომიურ მდგომარეობაზე და რაც მთავარია, როგორც უკვე ზემოთ ავღნიშნეთ მატულობს ავტოსაგზაო შემთხვევების რისკები.

ცხრილში 1 მოცემულია საავტომობილო გზის კონსტრუქციაში დასაშვები დეფექტების მაჩვენებლები[5,6,7].

ცხრილი1

**საავტომობილო გზის კონსტრუქციაში დასაშვები დეფექტების  
მაჩვენებლები**

გზის კონსტრუქციული ემენტების მაჩვენებლები	დაშვებული მნიშვნელობები მსუბუქ ავტომობილზე დაყვანილი მოძრაობის ინტენსიობა, ავტ/დღე-ღამე				
	>6000	2000-6000	1000-2000	200-1000	<200
დაზიანება (ორმოს) ზომით ფართობი, არაუმეტეს 15X60X5სმ, 1000მ <sup>2</sup> საფარზე, მ <sup>2</sup> ა). ზაფხულში	0,3	1,0	1,5	2,0	2,5

ბ). გაზაფხულზე	1,5	3,0	4,5	6,0	7,0
გ). ზამთარში	1,5	3,0	4,5	6,0	7,0
საფარზე არსებული ცალკე ულიზარები, სიგანით > 5 მმ. გრძ. მ <sup>2</sup> 1000მ <sup>2</sup> -ზე	10	20	30	40	40
საფარზე ბიტუმი თგაოფლი ანებული ადგილები, მ <sup>2</sup> 1000მ <sup>2</sup> -ზე	7	10	15	20	25
საფარის კიდეებზე (სიგანით 0,5მ-მდე) და ბინძურებული ზოლების არსებობა. საფარის საერთო ფართობი სარაუმეტეს, %	არა	3	5	8	10

საგზაო სამოსის პერიოდული ან ორმოული შეკეთებისთვის მე-20 საუკუნეში შეიმუშავეს ცივი ასფალტობეტონის ნარევი, რომელიც საკმაოდ პოპულარული გახდა მთელ მსოფლიოში. ცივი ასფალტით სამუშაოების ჩატარება ნაკლებად არის დამოკიდებული გარემოს ტემპერატურაზე, განსხვავებით ცხელი ასფალტობეტონისგან, რომლის დაგების დროსაც განსაზღვრულია გარემოს მინიმალური ტემპერატურის აუცილებლობა  $+5^{\circ}\text{C}$  ცივ ა/ბეტონის ნარევის მიეკუთვნება ყველა ტიპის ნარევი გარდა A ტიპისა, დამზადებული თხევად ან გათხევადებულ ბიტუმზე:

ცივი ა/ბეტონის ნარევი არის რამდენიმე ტიპის:

- ცივი დასაწყობებული ორგანულ-მინერალური ნარევები;
- ცივი ემულსიურ-მინერალური ა/ბეტონის ნარევი;
- ნარევი ემულსიაზე მყისიერი გამოყენებით.

ცივი ა/ბეტონის ნარევი სტრუქტურული შემადგენლობით არ განსხვავდება ტრადიციული ასფალტისგან. იგი მზადდება სპეციალური ტექნოლოგიით და მასში გამოიყენება სპეციალური დანამატები. ბიტუმის შემადგენლობა ღორღის მასის 4%-დან 4.7% პროცენტამდეა. ცივი ა/ბეტონის გამოყენებით ორმოული შეკეთების განხორციელება შესაძლებელია მშრალ ამინდში, როდესაც ჰაერის საშუალო ტემპერატურა  $-10^{\circ}\text{C}$ -მდეა. ნარევის მომზადებისას, მინერალური

მარცვლების ზედაპირზე, მისი გაგრილების ხარჯზე, ბიტუმი კარგავს წებოვნებას და გარკვეული დროის შენახვის შემდეგ ნარევი უვარგისია დასაგებად. მსგავსი ნარევის დაგების შემდეგ, იმისთვის რათა წარმოიქმნას მკვრივი ფენა, უნდა გაცხელდეს გარემოს ტემპერატურის ხარჯზე, ასევე საჭიროა სატკეპნებით და ტრანსპორტით ერთდროულად დატკეპნა 2-3 კვირის განმავლობაში. გზის საფარის შეკეთების მსგავსი ტექნოლოგია ეფექტურია ჰაერის ტემპერატურის დადებითი მაჩვენებლების დროს, გზაზე სადაც ინტენსივობა არ აღემატება 1000 დან 3000 ავტ/დღე-ღამეში მე-3 და მე-4 კატეგორიის გზებზე. ასეთი ნარევის გამოყენება ცხელი ნარევისგან განსხვავებით არ მოითხოვს დროის გარკვეულ პერიოდში შესრულებას, რადგან ცხელი ტექნოლოგიებისას ნარევი ჩქარა ცივდება და რთული ხდება მისი დატკეპნა.

ორმოული შეკეთებისას ფართოდ გამოყენება ჰპოვა ცივი ასფალტობეტონის ნარევებმა, რომლებიც დამზადებულია ბიტუმის და ემულსიის საფუძველზე, ასეთ ნარევებს ეწოდება ემულსიურ-მინერალური ნარევი. გზის კატეგორიის და მასალის სიმყარეზე დამოკიდებულებით ირჩევა ემულსიის ტიპი და მისი გამოყენებით მზადდება ცივი ნარევი, რომელიც შეიძლება იყოს დასაწყობებული და შენახული.

ცივი ა/ბეტონის ნარევი შესაძლებელია დამზადების შემდეგ ჩამოიყაროს, მოგროვდეს დიდი გროვად და სურვილისამებრ იქნეს გამოყენებული (ნახაზი 1), იგი ცხელი ა/ბეტონის ნარევისგან განსხვავებით არ არის დამოკიდებული კონკრეტულ ტემპერატურაზე და შესაძლებელია გამოვიყენოთ დამზადების შემდეგ რამდენიმე თვის განმავლობაშიც.



ნახაზი 1. ცივი ა/ბეტონის ნარევი

მე-2ნახაზზე ნაჩვენებია ცივი ა/ბეტონის ნარევი, რომელიც დასაწყობებულია და შესაძლებელია მისი მარტივად გამოყენება საავტომობილო გზებზე ორმოული შეკეთებების აღმოსაფხვრელად.

როდესაც ვირჩევთ ცივი ა/ბეტონის ტექნოლოგიით ორმოულ შეკეთებას, როდესაც შესაკეთებელია დაბალი კატეგორიის გზები, იყენებენ აგრეთვე ტენიან ორგანულ-მინერალურ ნარევეს (ტომნ). იგი პლასტიურია და კარგად ებრძვის გზაზე ნაპრალების გაჩენას. ტომნ ნარევით დამზადებული კონსტრუქცია უნდა იყოს 3-სმ ან მეტი. იგი გამოიყენება არასასურველ ამინდშიც და გადაუდებელი შესაკეთებელი ორმოებისათვის. ტომნ ნარევის ფრაქციული შემადგენლობა შემდეგნაირია: 5-20მმ (40%-მდე), ქვიშა სიმსხოს მოდულით არაუმცირეს 1, ფილერი (6-12%) და წყალი. ეს ნარევები, ისევე როგორც ცივი ა-ბეტონის ტრადიციული ნარევი, მზადდება ასარევ მოწყობილობებში, ა-ბეტონის ქარხნებში და ა.შ. ნარევი ცხელდება 30-40 °C-ზე და ინახება რამდენიმე თვის განმავლობაში. იგი გამოიყენება -10°C-მდე კლიმატურ პირობებშიც და არ არის დამოკიდებული ორმოს ზედაპირის ტენიანობაზე.



ნახაზი 2. დასაწყობებული ცივი ა/ბეტონის ნარევი ორმოული შეკეთებისათვის.

მისი ნაკლი არის ის, რომ ნარევის მყარი სტრუქტურის ჩამოყალიბება და სიმკვრივის აღება ხდება ნელა ტემპერატურის ხშირი ცვლილების გამო. მისი სიმყარე მაქსიმალურ ნიშნულს აღწევს როდესაც ბოლომდე შრება, მაგრამ გაცილებით მცირეა ცივი და ცხელი ა-ბეტონის ნარევებთან შედარებით.

მაღალი კატეგორიის გზებზე, სადაც მაღალი ინტენსივობაა და დიდია დატვირთვები, გამოიყენება ცხელი ა/ბეტონის ნარევი. სპეციფიკაციების მიხედვით, ასეთ ასფალტს ეწოდება A -ტიპის ასფალტი, რაც ნიშნავს, რომ 5მმ-იანი საცერზე დარჩენილი ღორღის რაოდენობა შეადგენს მთლიანი მასის 50-80% -ს.

ორმოული შეკეთებისთვის ასევე გამოიყენებენ ღორღოვან მასტიკურ ნარევის, რომელის გამოყენებით აგებული საფარი გამოირჩევა კარგი წყალშეკავების უნარით, არის ყინვაგამძლე, მდგრადია ცვეთის მიმართ. მასტიკური ასფალტის თვისებურებაა ის, რომ ხელს უწყობს გაციების მაღალ ტემპს, რაც ამცირებს დატკეპნის პროცესის დროს. ასეთი ნარევებით მუშაობა რთულია რადგან მსგავსი ნარევები გამოირჩევიან სიხისტით, დაგებას და მომზადება ჭირდება მაღალი ტემპერატურა. ასევე გამომდინარე მისი სიხისტიდან, საჭიროა მაღალი სიმძლავრის სატკეპნი მანქანის გამოყენება და ტემპერატურული რეჟიმის მკაცრად დაცვა. სწორედ ზემოთ ჩამოთვლილი მიზეზები წარმოადგენენ ამ ტიპის ტექნოლოგიით ორმოული შეკეთების ნაკლს.

ზემოთ აღნიშნული მიზეზების აღმოსაფხვრელად, ასევე გამოიყენებენ სხმულ ა/ბეტონის ნარევის, რომელიც ასევე შეიცავს 50-55% ღორღს მაგრამ 10-12%

ბიტუმს, რის გამოც ტემპერატურული მატების დროს ბიტუმი გამოიყოფა საფარის ზედაპირზე, ასფალტი ხდება გლუვი და უარესდება საფარის შეჭიდულობის ხარისხი.

თუმცა, სხმული ა/ბეტონის გამოყენება შესაძლებელია მთელი წლის განმავლობაში. მისი დადებით მხარეა რეაბილიტირებული უბნის საექსპლუატაციო დროის ხანგრძლივობა. ვინაიდან მასალას გააჩნია ბევრი ბიტუმი, მასში ფორების რაოდენობა ძალიან მცირეა და რთულად ხდება წლის მოხვედრა გზის სამოსში. ასევე ასაღნიშნავია ისიც, რომ მასალა შეიცავს ბევრ ბიტუმს და მინერალურ ფხვნილს, რის გამოც ხდება მასალის ღირებულების ზრდა, რაც დამატებით ხარჯებთან არის დაკავშირებული.

ზოგიერთ შემთხვევაში, ფინანსური ეკონომიის მიზნით გამოიყენებენ თერმოპროფილირების მეთოდს. თერმოპროფილირების მეთოდი ეწოდება პროცესს, როდესაც ფრეზირების შემდეგ ემატება ახალი ა-ბეტონის ნარევი. ხდება აღსადგენის საფარის შემადგენლობის კორექტირება და ხანგრძლივდება ბიტუმის სიცოცხლისუნარიანობა.

გზის საფარის მშენებლობისას ძირითადად იყენებენ მკვრივ და ძალიან მკვრივ ასფალტბეტონს, რომელშიც ღორღის რაოდენობა მთლიანი მასიდან წარმოადგენს 60%-ს. თუმცა მისი სიხისტიდან გამომდინარე, უპირატესობას ანიჭებენ შედარებით წვრილმარცვლოვან ნარევებს.

ცხელი ა/ბეტონის ნარევის დატკეპნის პროცესი მიმდინარეობს 170-120°C-ამდე, თუმცა არსებობს სპეციალური დანამატები, რომელიც ნარევი ემატება ბიტუმის რაოდენობის 0,3% და ნარევის ეძლევა უნარი დაიტკეპნოს 90°C-ამდე, ასეთ დანამატს ეწოდება ადგეზიური დანამატი. დატკეპნის პროცესში ასფალტის გაშლის შემდეგ საავტომობილო გზაზე მოძრაობას იწყებს მსუბუქი, შემდეგ საშუალო და ბოლოს მძიმე სატკეპნი მანქანები. ა/ბეტონის ნარევის გააჩნია დატკეპნის კოეფიციენტი მაქს. 1.01%, სამუშაოების დასრულებისას, დატკეპნის კოეფიციენტი უნდა იყოს არანაკლები იმაზე, ვიდრე ნორმატიული დოკუმენტების მიხედვით არის განსაზღვრული.

ა/ბეტონის დატკეპნის ხარისხი იზომება ა/ბეტონის კერნის საშუალო მოცულობითი მასის ფარდობით მის ოპტიმალურ სიმკვრივესთან.

ასფალტბეტონის ნარევის დატკეპნის მიზანია ნარევი ფორების რაოდენობის შემცირება. თუ ფორიანობა ასფალტბეტონის გაციების შემდეგ იქნება სპეციფიკაციებით განსაზღვრული ნორმის ფარგლებში, ეს ხელს შეუშლის ზედმეტი წყლის შეღწევას გზის სამოსში.

ცხელი ა/ბეტონის ნარევის გამოყენება არის ყველაზე გავრცელებული მეთოდი საფარის შესაკეთებლად, თუმცა აუცილებელია მაქსიმალურად იყოს დაცული ტექნოლოგია და სამუშაო იყოს შესრულებული მაღალი ხარისხით. ასეთი მეთოდით მუშაობისას დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გარემოს კლიმატურ პირობებს, ვინაიდან ტემპერატურული რეჟიმის დაცვა ერთ-ერთი აუცილებელი პირობაა ასფალტის იმ კონდიციამდე დასატკეპნად, რაც განსაზღვრულია მის საექსპლუატაციოდ.

### 1.2.1. საჭირო სარეაბილიტაციო გადაწყვეტისა და დაპროექტების ტრადიციული მეთოდები

საავტომობილო გზის დაპროექტებისას, მისი საექსპლუატაციო ვადის განსაზღვრისას და სწორი სტრუქტურის შერჩევისას, განსაკუთრებული ყურადღება ენიჭება საავტომობილო გზის დანიშნულებას. საავტომობილო გზები მოძრაობის საანგარიშო ინტენსიურობიდან გამომდინარე იყოფა 5 სხვადასხვა კატეგორიად(კლასად)

- Ia - ავტ/დღ-ღ > 150000 / Ib - ავტ/დღ-ღ > 7000
- II - ავტ/დღ-ღ 3000-7000-მდე
- III – ავტ/დღ-ღ 1000-3000-მდე
- IV - ავტ/დღ-ღ 200-1000-მდე
- V – 200-ზე ნაკლები ავტ/დღ-ღ.[8,9,10].

გზების მშენებლობისა თუ დაპროექტებისას, ევროკოდების მიხედვით საავტომობილო გზებზე გზის სამოსის გაანგარიშება და დაპროექტება ხდება გზის კლასის შესაბამისად E-MPa სტატიკური დრეკადობის მოდულის მიხედვით. მაგალითად ქვემოთ მოცემულ ცხრილში მოყვანილია სხვადასხვა კლასის გზების შემთხვევაში მინიმალური საანგარიშო მოდული[29,31,32].



## სტატიკური დრეკადობის მოდული, გზის კლასის მიხედვით

საავტომობილო გზის კლასი	Ev2 - სტატიკური დრეკადობის მოდული, Mpa
1	Ev2 ≥ 200 Mpa
2	Ev2 ≥ 180 Mpa
3	Ev2 ≥ 160Mpa
4	Ev2 ≥ 140 Mpa
5	Ev2 ≥ 120 Mpa

იმისდა მიხედვით, თუ კონკრეტულად რა სახის სამუშაო გვაქვს შესასრულებელი, ანგარიში შეიძლება დაიწყოს „ზემოდან - ქვემოთ“, როდესაც მოცემული გვაქვს დრეკადობის საერთო საჭირო მოდული და აუცილებელია დავადგინოთ საფუძვლის ქვედა ფენის საჭირო სისქე ან ერთ-ერთი ფენის გრუნტის დრეკადობის მოდული. შესაძლებელია ამოცანა დასმული იყოს პირიქით - ანგარიში იწარმოოს „ქვემოდან - ზემოთ“, როდესაც საჭიროა განისაზღვროს არსებული კონსტრუქციის საერთო ფაქტიური მოდული. საგზაო კონსტრუქციების ფენების სისქის ან გამოყენებულ მასალათა ხარისხის ცვლილებით შეიძლება მივიღოთ საგზაო სამოსის ის სასურველი დრეკადობის მოდული, რომელიც ესაჭიროება კონკრეტული კატეგორიის გზას, ცხრილი 2.

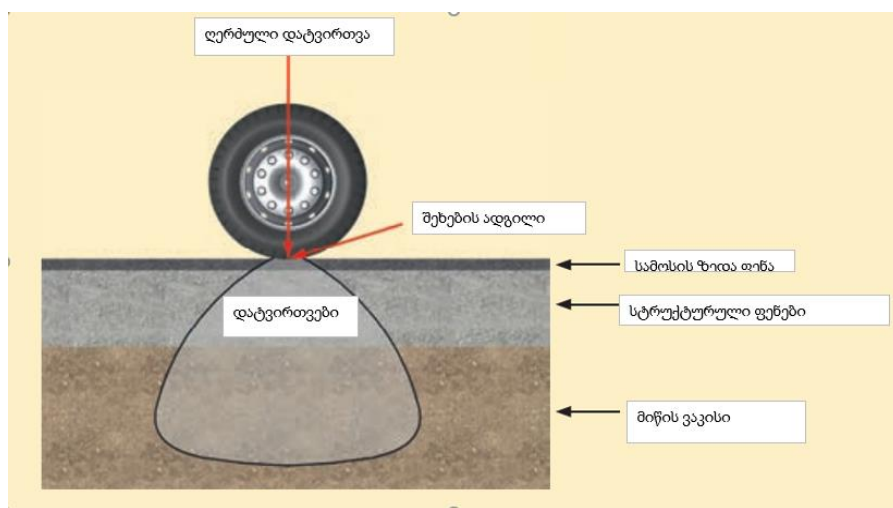
რამდენიმე ფენიანი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის ანგარიშისას, სხვადასხვა მასალის შესაბამისი დრეკადობის E მოდულის მიხედვით განიხილება და ისაზღვრება დრეკადობის როგორც ექვივალენტური, ისე საბოლოო მოდული.

საანგარიშო მოდულისა და გზის სამოსის გაანგარიშება ხდება შემდეგნაირად: არსებულ გზაზე, რომელზეც ხდება საპროექტო სამუშაოები შემდგომში მშენებლობის ან სხვა ტიპის სამუშაოებისთვის, გზის მთელ მონაკვეთზე იზომება არსებული (ფაქტიური) დრეკადობის მოდული. მიღებული მონაცემებიდან მინიმალური მაჩვენებლით ფასდება გარკვეული მონაკვეთზე არსებული საფარი, რომლის შემდეგაც საჭირო დრეკადობის მოდულის მისაღებად ხდება გაანგარიშებები, რათა განისაზღვროს მაგალითად არსებული გრუნტის შემდგომ რა ტიპის, სიმაღლის თუ მონაცემების მქონე კონსტრუქციაა საჭირო საბოლოო ჯამში სასურველი მოდულის მისაღებად.

გზის სამოსის გასაანგარიშებლად საჭიროა ასევე გამოკვლეული და გაწერილი იქნას მასალების გამოსაყენებლად ხარისხის დამადასტურებელი დოკუმენტები, რომელიც ლაბორატორიული კვლევების შედეგად დგინდება.

ტრადიციული მეთოდებით გზების მშენებლობისას, ხშირად ხორციელდება არსებული საფარის მოჭრა გარკვეულ სიმაღლემდე და მისი გატანა ნაყარში, ხოლო მის ადგილას საჭირო სიმაღლის და ხარისხის შესაბამისი ქვიშახრემის, ქვიშალორდის და შემდგომ გზის საფარის მოწყობის სამუშაოები. იმ შემთხვევაში, როდესაც არაა დასაბუთებული საგზაო სამოსის კონსტრუქციული ფენების მოწყობა, შესაძლებელია საპროექტო გადაწყვეტებმა წარმოშოს, როგორც სამშენებლო პროექტის თანხობრივად გაძვირება, ასევე სამუშაოების მოცულობების ზედმეტად გაზრდა, რაც ერთის მხრივ აძვირებს სამშენებლო სამუშაოს, მეორეს მხრივ ახანგრძლივებს მის მშენებლობის პერიოდს. ხშირ შემთხვევაში, შესაძლებელია საექსპლუატაციო და შემდგომში სარეაბილიტაციო სამუშაოები განისაზღვროს არსებული გრუნტების სტაბილიზაციის მეშვეობით.

ქვემოთ მოცემულ ნახაზზე ნაჩვენებია ღერძული დატვირთვებისგზის სამოსსზე გადაცემის მექანიზმი[28].



ნახაზი 3. გზის სამოსზე ღერძული დატვირთვების გადაცემის სქემა

გზის სამოსის ზედაპირზე ავტომობილების ზემოქმედება იწვევს ძაბვებს და დეფორმაციებს, რომელიც დროთა განმავლობაში უარყოფითად აისახება გზაზე და ხდება მისი დაზიანება. საავტომობილო გზის საცვეთ ფენაზე გზის სამოსის

ქვესაგები ფენების დაზიანების შედეგად შესაძლოა წარმოიშვას შემდეგი ტიპის დაზიანებები:

- ვერტიკალური ბზარები;
- ჰორიზონტალური ბზარები;
- საფუძველში გამოყენებული მასალის გაჯირჯვებით გამოწვეული დაზიანებები;
- საფუძვლის ჯდენით გამოწვეული დაზიანებები;
- სუსტი გრუნტის პირობებში საფარის ზედაპირზე წარმოშვებული დაზიანებები და ა.შ.

შესაბამისად, საჭიროა საავტომობილო გზის ფენების დაპროექტებისას, გათვალისწინებული იყოს მსოფლიო პრაქტიკისგან მიღებული გამოცდილება და როგორც ხარისხის კონტროლი, ისე მშენებლობის პროცესი მიმდინარეობდეს მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში მოქმედი ნორმებისა და წესების შესაბამისად.

მსოფლიო პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ სხვადასხვა ტიპისა თუ კლიმატის პირობებში, ნებისმიერი კატეგორიის გზებზე სამოსის სტაბილიზაციარესიკლირების თანამედროვე მეთოდების გამოყენება 2-3 ჯერ ამცირებს სამშენებლო ხარჯებს, ამასთანავე იზრდება გზის სამოსის საექსპლუატაციო მახასიათებლები და გვაახლოებს სამუშაოების შემდგომ ხარისხის მაქსიმალური შედეგის მიღებას.

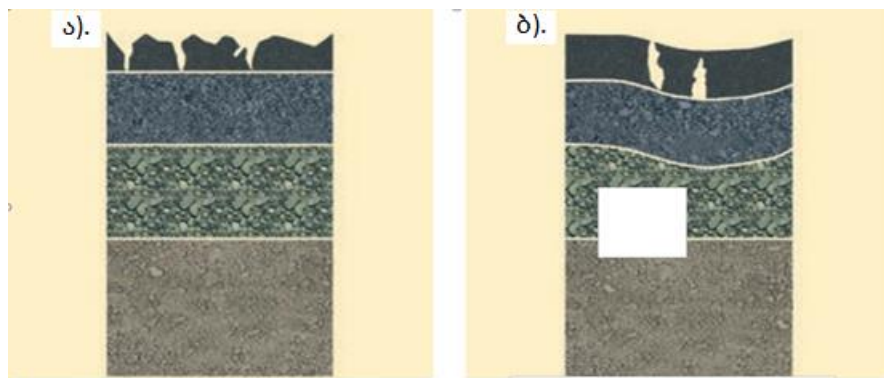
დაახლოებით 20 წელია, რაც მსოფლიოში ინერგება ცივი რესიკლირებული ნარევით საფუძვლის გამაგრება, ამ წლების განმავლობაში რა თქმა უნდა საწყისთან შედარებით იხვეწება როგორც მანქანა-რესაიკლერებ , ასევე სტაბილიზაციისთვის გამოსაყენებელი მასალები, ამ პერიოდში მთელი მსოფლიოს მამტაბით იყენება ცივი რესიკლირება როგორც ერთ-ერთი საუკეთესო პროცესი სტრუქტურული ფენების გასამაგრებლად, განსაკუთრებით გზების რეაბილიტაციის პირობებში.

რეაბილიტაციის პროცესი ნიშნავს აწ უკვე დაზიანებული საფარის განახლებას. რესიკლირების ან/და სტაბილიზაციის პროცესი მოიცავს ყველა ტიპის საგზაო სამოსის მშენებლობას, დაწყებული ადგილობრივი მნიშვნელობის დაბალი კატეგორიის გზებიდან, დამთავრებული საერთაშორისო მნიშვნელობის მაგისტრალურ გზებამდე.

გზაზე რესიკლირების სამუშაოების დაწყებამდე აუცილებელია შემდეგი დეტალებისა და ინფორმაციების მოძიება-დაზუსტება:

- გზის სამოსის ზოგადი მდგომარეობა;
- არსებული დაზიანებული საფარში გამოყენებული მასალების დეტალური ინფორმაცია;
- არსებული გზის სამოსის სიმაღლე ფენების მიხედვით;
- დეტალური გეოლოგიური კვლევა;
- მეტეოროლოგიური ჩანაწერები უახლესი მეტეო სადგურიდან;
- არსებული ა/ბეტონის საფარის მოცულობითი მახასიათებლები;
- საჭიროების შემთხვევაში საფარში შემკვრელის რაოდენობის დადგენა და მისი განსაზღვრა როგორც აქტიური თუ არააქტიური შემკვრელი;
- ვიზუალური დათვალიერება.

მხოლოდ ზემოთ მოყვანილი სრულყოფილი ინფორმაციის შეგროვების შემდეგაა შესაძლებელი შეფასდეს არსებული დაზიანების სავარაუდო გამომწვევი მიზეზი - ისინი გამოწვეულია საფუძვლის ფენისაგან თუ გზის საფარიდან (იხ. ნახაზი 4).



ნახაზი 4. საგზაო სამოსის დაზიანება

ა). გამომდინარე საფარიდან.    ბ). გამომდინარე საფუძვლიდან

### 1.2.2 ლაბორატორიული კვლევები საექსპლუატაციო ვადისა და დაპროექტების გადასაწყვეტად

საგზაო სამოსის დაზიანების ხარისხისა და მიზეზების დასადგენად საჭიროა ჩატარდეს ლაბორატორიული კვლევები. დაზიანებული გზის სამოსიდან

აღებული ნიმუშებით უნდა დადგინდეს მასალების ხარისხი თითოეულ ფენაზე, როგორც ასფალტის საფარიდან, ასევე ქვსაგები ფენიდან, ვინაიდან რესიკლირების პროცესში აუცილებელია დადგინდეს რეგენერებული მასალების გამოყენებადობა, ან/და საჭიროების შემთხვევაში მათი გამდიდრების შესაძლებლობა ოპტიმალური შედეგების მისაღებად. ლაბორატორიული კვლევები ზოგადად მოიცავს შემდეგს:

- კალიფორნიის რიცხვის დადგენა (CBR);
- საცრულ ანალიზი;
- პლასტიურობის ინდექსის განსაზღვრა.

მიღებული შედეგებიდან ხდება მასალების კლასიფიკაცია და მაგალითად ისეთი მნიშვნელოვანი პარამეტრის დადგენა, როგორცაა ელასტიურობის მოდული. შედეგებზე დაყრდნობით ასევე შესაძლებელია განისაზღვროს მასალისთვის სტაბილიზირებული დანამატის შერჩევა (ცემენტი, კირი, ნაცარი, ემულსია და ა.შ.)[26,27].

საფარიდან კერნების ამოღება ხდება სპეციალური საბურღი დანადგარის საშუალებით, ნახაზი 5.



**ნახაზი 5. კერნის ამოღება საგზაო სამოსიდან**

არსებული საფარის თავზე კერნების ამოღების შემდეგ, შესაძლებელია გზის სამოსის და საფუძვლის ფენების მზიდუნარიანობის დადგენა.

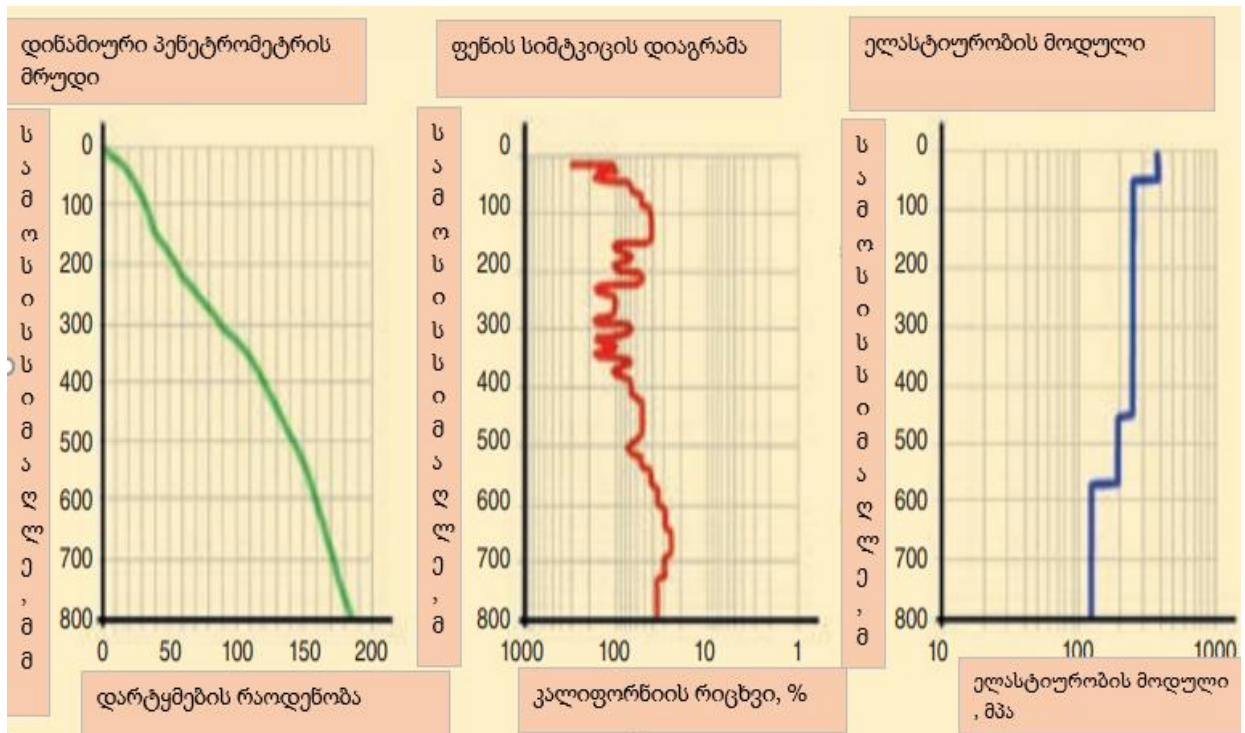
არსებული სამოსის მზიდუნარიანობა შესაძლებელია დადგინდეს დინამიური პენეტრომეტრით(ნახაზი 6). იგი არის დანადგარი რომელიც

ეფუმნებასტანდარტული მასის ტვირთის თავისუფალი ვარდნების შედეგად საგზაო სამოსის ზედაპირის გადაადგილების განსაზღვრას, რის შემდეგაც დგინდება პენეტრაციის ინდექსი, მმ/დარტყმების რაოდენობაზე. მისი გამოყენებით, შესაძლებელია როგორც სამშენებლო, ისე სარეაბილიტაციო ან უკვე შესრულებული სამუშაოების მიღებისას, ერთი ადამიანის მეშვეობით განხორციელდეს ლაბორატორიული სინჯების აღება - გაიზომოს მთელი გზის სიგრძეზე სბრ მოდული,



**ნახაზი 6. საგზაო სამოსის მზიდუნარიანობის განსაზღვრა დინამიური პენეტრომეტრით**

დინამიური პენეტრომეტრის შედეგებით დგინდება მასალის მზიდუნარიანობა (CBR) ნახაზი 7, ცემენტის შემკვრელით არსებობის შემთხვევაში მასალის სიმტკიცის მაჩვენებელი, რომლის შემდეგაც შესაძლებელი ხდება განისაზღვროს და შეფასდეს არსებული სიტუაცია.



ნახაზი 7.მასალის მზიდუნარიანობის შეფასება

გზის სამოსი შედგება სამი ძირითადი კომპონენტისგან:

1. საცვეთი ფენა - ფენა რომელიც უშუალოდ შეხებაშია საბურავთან და სამოსის მხოლოდ ის ნაწილი, რომლის დანახვაც შესაძლებელია თვალთ
2. სტრუქტურული ფენები - მზიდი ფენები, რომელიც შესაძლებელია იყოს 1 მეტრზე მეტიც და შედგენილი იყოს სხვადასხვა ტიპის მასალებით
3. მიწის ვაკისი - დედამიწის ზედაპირი, რომელზეც შემდგომ მოსაწყობია საგზაოსამოსი.

არსებული გრუნტს - მიწის ვაკისს არ აქვს საკმარისი მზიდუნარიანობა, რათა პირდაპირ მიიღოს არსებული ტრანსპორტიდან მიღებული ღერძული დატვირთვები, რის გამოც აუცილებელია მასზე სხვადასხვა ტიპის დამცავი მზიდი ფენების მოწყობა. სტრუქტურული ფენებს, შესაბამისი მოდულის მიხედვით შეუძლიათ მიიღონ შესაბამისი დატვირთვები, რათა არ მოხდეს მათი დაშლა და სატრანსპორტო მოძრაობა განხორციელდეს უსაფრთხოდ და კომფორტულად.

შერჩეული სტრუქტურის ტიპი და სისქე განსაზღვრავს საპროექტო მზიდუნარიანობას. მაღალი ინტენსივობისათვის საჭირო მზიდუნარიანობის მისაღწევად ხშირად გამოიყენება როგორც მაღალი ხარისხის ასფალტბეტონის ფენები, ისე საფუძვლის ფენების გამდიდრება სხვადასხვა შემკვერელი

დანამატებით. დაბალი ინტენსივობის გზებისთვის შესაძლებელია ნაკლები დანახარჯებით მისაღები შედეგების მიღება, რათა საავტომობილო გზაზე სატრანსპორტო ინტენსივობის დატვირთვების შედეგად მიღებული დეფორმაციებით არ განვითარდეს დაზიანებები და ქონდეს შესაბამისი საექსპლუატაციო ვადა. არსებობს ორი სახის საფარები:

- ხისტი საფარები - რომელიც ხშირ შემთხვევაში მოწყობილია მაღალი კლასის ბეტონის ზედაპირით
- არახისტი საფარები - გამოყენებული ბუნებრივი მასალებით: კარიერიდან მოპოვებული ქვა-ღორღით და შემკვრელი დანამატებით - ხშირ შემთხვევაში

ბიტუმით ან ცემენტით რათა მოხდეს საჭირო მზიდუნარიანობის მიღწევა.

ძირითადად, საავტომობილო გზის ექსპლუატაციის პროცესში ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებას განსაკუთრებით შემოდგომა-გაზაფხულის პერიოდში მივყავართ საავტომობილო გზების კონსტრუქციების ნგრევასთან, რაც დაკავშირებულია გზის კონსტრუქციული ელემენტების გაყინვა - გაღობასთან. ფენებში არსებული წყალი გადაიქცევა ყინულის კრისტალებად, შემდეგ ლღვება და ეს ყველაფერი წარმოქმნის დეფექტებს გზის სამოსზე.

სატრანსპორტო საშუალებების ღერძული დატვირთვისა და არასასურველი კლიმატური პირობების ზემოქმედებით უარესდება გზის ძირითადი საექსპლუატაციო მაჩვენებლები - წყალგაუმტარიანობა, სიმკვრივე, სისწორე და მოჭიდების კოეფიციენტი. მათი პარამეტრების გაუარესებას მივყავართ გზის კონსტრუქციული ელემენტების უნარის შემცირებასთან, რაც მჟღავნდება საფარის ზედაპირზე ბზარების, ძვრების, ნაკვალავის წარმოქმნის, ორმოების და ჯდენების სახით. ტემპერატურული რეჟიმების ცვლილების დროს, საავტომობილო გზის ექსპლუატაციისას, გზის საფარზე წარმოიქმნება გამჭოლი ბზარები, რომლებიც, დროთა განმავლობაში იხსნება და ხელს უწყობს გზის კონსტრუქციის სიმყარის შემცირებას და საბოლოო ჯამში ორმოების წარმოქმნას. წარმოქმნილი ორმოების გამო მცირდება სატრანსპორტო საშუალებების სიჩქარის რეჟიმი, იზრდება დინამიური დატვირთვა მანქანის ტრანსმისიაზე, რაც ზეგავლენას ახდენს საგზაო მოძრაობის უსაფრთხოებაზე.



### 1.3 საავტომობილო გზაზე არსებული დაზიანებების მოვლა-შეკეთება

#### ექსპლუატაციის პროცესში

მოძრაობის ინტენსიურობა და სატრანსპორტო საშუალებების ტვირთამწეობის მატებით გზის სამოსის ზედაპირზე ხდება ნარჩენი დეფორმაციის ინტენსიური დაგროვება, გზის ექსპლუატაციის პროცესში შემკვრელის თვისებების შეცვლას მოჰყვება ა/ბეტონის ბზარების მიმართ მდგრადობის შემცირება და დაშლა. მასალის ცვეთის გამო, საფარის ზედაპირზე წარმოიშვება ბზარები რომლებიც ა/ბეტონში აგროვებს წყალს და შემდგომ აჩენს გამჭოლ ბზარებს.

გამჭოლი ბზარების გაჩენას მიყვავართ გზის სამოსის სიმყარის მახასიათებლების შემცირებამდე და წრფივი ბზარების გაჩენამდე, არახისტი ტიპის საფარზე, როდესაც არასაკმარისია გზის სამოსის ქვედა ფენების მასალის სიმკვრივე. სატრანსპორტო საშუალებების დატვირთვისას და გზის ექსპლუატაციის დროს, ამინდის პირობების ზემოქმედებისას, საფარის სიმკვრივის მახასიათებლების გამო, ზედაპირზე წარმოიქმნება უსწორმასწორობა, რომელიც ახდენს გავლენას საგზაო უსაფრთხოებაზე. ორმოების გაჩენის მიზეზი გზის საფარის ლოკალური დანგრევაა, რომელსაც ჩაღრმავებული, სხვადასხვა ფორმა აქვს მკვეთრად გამოხატული კიდეებით, ორმოების გაჩენის მიზეზი შეიძლება იყოს სხვადასხვა ფაქტორები, მათ შორის საგზაო საფარის და გზის სამოსის მშენებლობის დროს ტექნოლოგიური დარღვევები, მასალის არასაკმარისი სიმტკიცე, ბზარები და ა.შ.

არსებობს რამდენიმე მიზეზი, რის გამოც გზაზე წარმოიქმნება ბზარები. უმეტესად, ბზარების წარმოქმნას იწვევს უხარისხოდ შესრულებული საფუძვლის სამუშაოები, ასფალტის საფარის არასაკმარისი სისქე, ასევე მისი სტრუქტურული დარღვევა. გრძივი და განივი ბზარები ასევე წარმოიქმნება მაღალი დატვირთვების, ხის ფესვების, და ყოველწლიურად გაყინვა-გაღობის გამო.

ძალიან მნიშვნელოვანია ბზარების შეკეთება ყოველწლიურად, თუ ამ ფაქტს არ მიექცევა ყურადღება, სამოსში შეაღწევს წყალი და დაზიანებს საფუძველს, რაც შემდგომში ბზარებიდან წარმოქმნის ორმოებს, რომელიც საშიშია უსაფრთხო

მგზავრობისთვის და ასევე დიდი ხარჯებთან არის დაკავშირებული მათი შეკეთება.

იმისთვის, რომ ხელი შევუშალოთ ორმოების გაჩენას, აუცილებელია ბზარების გაჩენისთანავე მოხდეს მათი დამუშავება შემდეგი ტექნოლოგიით: პირველ რიგში, აუცილებელია ბზარები იყოს მშრალ და სუფთა მდგომარეობაში. სამუშაოს დაწყებამდე აუცილებელია გავითვალისწინოთ კლიმატური პირობები, დარწმუნებული უნდა ვიყოთ რომ რამდენიმე დღის განმავლობაში არ იწვიმებს, ხოლო ტემპერატურა არ უნდა იყოს 15°C-ზე ნაკლები. შემდეგი პირობა არის ზედაპირის გასუფთავება, მაგრამ არა წყლის საშუალებით, რადგან წყალი შეაღწევს ბზარებში და დიდი ხანი დაჭირდება მის ამოშრობას. ამისთვის გამოიყენება ჯაგრისი ან სპეციალური საშრობი ფენი, რომელიც მთლიანად გაასუფთავებს შესაკეთებელ ადგილს. ბზარების გაწმენდის პროცესში უნდა აღიწეროს ბზარის ზომა და სიღრმე. ეს არის მნიშვნელოვანი იმიტომ რომ, ბზარები იყოფა ორ კატეგორიად - საშუალო და დიდი სიღრმის ბზარებად და მათი შეკეთების მეთოდები არის სხვადასხვანაირი. საშუალო ბზარი ეწოდება ბზარს, რომლის სიღრმეც არ აღემატება 1,3 სანტიმეტრს, ხოლო ღრმა ბზარები ეწოდება 1,3 სანტიმეტრზე მეტი სიღრმის მქონე ბზარებს. მათ შესაკეთებლად გამოსაყენებელი დანადგარები განსხვავდებიან როგორც ზომით, ასევე მართვის პრინციპით. პირველ შემთხვევაში ხელით არის შესაძლებელი დანადგარის მართვა, მეორე შემთხვევაში საჭიროა დიდი ზომის დანადგარი. ნახაზ 8-ზე ნაჩვენებია ა/ბეტონის ზედაპირი ბზარებისა და მათი დამუშავების შემდეგ.



ნახაზი 8. ა/ბეტონის დაზიანებული საფარი შეკეთებამდე და შეკეთების შემდგომ

რაც უფრო ხარისხიანად იქნება სამშენებლო სამუშაოები შესრულებული და თითოეული ზემოთ ჩამოთვლილი პარამეტრი მკაცრად იქნება დაცული, მით მეტ ხანს ექნება საგზაო სამოსს შესაძლებლობა სწრაფად, უსაფრთხოდ და დეფექტების გარეშე უზრუნველყოს ავტომობილების გადაადგილება. რაც ასევე საშუალებას იძლევა მათ შესაკეთებლად თუ სარემონტოდ გამოსაყენებელი თანხები მოხმარდეს ბევრად სხვა მნიშვნელოვან პროექტების განხორციელებას, რაც ქვეყნის ეკონომიკური განვითარებისთვის ერთ-ერთი უმთავრესი წინაპირობაა.

#### 1.4 მშენებლობის კლასიფიკაცია

საქართველოში საავტომობილო გზები იყოფა სამ კატეგორიად:

1. საერთაშორისო მნიშვნელობის გზები - მათ მიეკუთვნება საქართველოს სხვა სახელმწიფოებთან შემაერთებული გზები.
2. შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის გზები - მათ მიეკუთვნება:
  - საქართველოს დედაქალაქის, მნიშვნელოვან სამრეწველო და კულტურულ ცენტრებთან, ავტონომიური რესპუბლიკების დედაქალაქებთან და რაიონების ადმინისტრაციულ ცენტრებთან შემაერთებული გზები, აგრეთვე მათი შემოსავლები და მათთან მისასვლელები საერთაშორისო და შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის საავტომობილო გზებიდან;
  - ავტონომიური რესპუბლიკების დედაქალაქების, რაიონების, ადმინისტრაციულ, სამრეწველო და კულტურულ ცენტრებთან შემაერთებული გზები;
3. ადგილობრივი მნიშვნელობის გზები, მათ მიეკუთვნება:
  - რაიონების ადმინისტრაციული ცენტრების ამავე რაიონების დასახლებულ პუნქტებთან შემაერთებული გზები;
  - რაიონების დასახლებული პუნქტების ერთმანეთთან შემაერთებული გზები;
  - დასახლებული პუნქტების საერთაშორისო და შიდასახელმწიფოებრივი მნიშვნელობის საავტომობილო გზებთან შემაერთებული გზები;
  - კურორტების, დასვენებისა და ტურიზმის ადგილების, სპორტული კომპლექსების, ისტორიული და კულტურული ძეგლების, სამეცნიერო ცენტრებისა და განსაკუთრებული მნიშვნელობის მქონე სხვა ობიექტების რაიონების ადმინისტრაციულ ცენტრებთან (რომელთა ტერიტორიაზეც

მდებარეობენ აღნიშნული ობიექტები) შემაერთებელი გზები, აგრეთვე უახლოეს რკინიგზის სადგურებთან, აეროპორტებთან, საზღვაო ნავმისადგომებთან მისასავლელები საერთაშორისო, შიდასახელმწიფოებრივი და ადგილობრივი მნიშვნელობის გზებიდან;

- საავტომობილო გზები, რომელთაც თავდაცვითი და სპეციალური მნიშვნელობა აქვს.

საერთაშორისო მნიშვნელობის გზები საქართველოში მოიცავს 1565,5 კმ-ს, შიდასახელმწიფოებრივი გზები - 5446,4 კმ-ს, ხოლო ადგილობრივი მნიშვნელობის გზები - 15000 კმ[11,12,13].

საავტომობილო გზების საექსპლუატაციო მაჩვენებლების შემცირება შესაძლებელია ხდებოდეს სხვადასხვა მიზეზით. მაგალითად საფუძვლის ან გზის სამოსის მშენებლობის დროს გამოყენებული უხარისხო მასალით, ასევე მშენებლობის დროს ტექნოლოგიების დარღვევით.

სატრანსპორტო საშუალებების დატვირთვისას საგზაო საფარზე წარმოიქმნება დეფორმაციები ჯდენების, ნაპრალების, ორმოების სახით, რაც იწვევს საავტომობილო გზებზე სატრანსპორტო საშუალების სიჩქარის შემცირებას. დაზიანებული სამოსი ხშირად ხდება მიზეზი საგზაო სატრანსპორტო შემთხვევებისას.

არსებობს საავტომობილო გზების მშენებლობის სხვადასხვა სახეები:

საავტომობილო გზებზე შესასრულებელი საგზაო სამუშაოები იყოფა შემდეგ სახეობებად:

- მიმდინარე შეკეთება, ორმოების, ბზარების, ამონამტვრევების, ნაკვალევის, ჯდენების ლიკვიდაცია, ნაწიბურების და ბორდიურების შეკეთება, გაოფლი-ანებულ მონაკვეთებზე გამონაცერის მოყრა, საცვეთი ფენის ფრაგმენტულად აღდგენა ან ახლის მოწყობა (ზედაპირული დამუშავებით ან ასფალტბეტონით), ღორღოვან და ხრემოვან გზებზე საფარის შესწორება და შევსება, გრუნტის გზების პროფილის გასწორება ცალკეულ მონაკვეთებზე.

- პერიოდული შეკეთება - პერიოდული შეკეთება ითვალისწინებს: საფარის სისწორის, ხორკლიანობის და საცვეთი ფენის აღდგენას; მიწის ვაკისის ელემენტების, წყალამრიდი და წყალგამტარი ნაგებობების, მოძრაობის რეჟიმის

რეგულირების ტექნიკური საშუალებების და გზის კეთილმოწყობის დაზიანებების პერიოდულ შეკეთებას ან აღდგენას და მათი თანმდევი სამუშაოების შესრულებას. სამუშაოების შესრულება ხორციელდება საპროექტო დოკუმენტაციით ან დეფექტური უწყისით განსაზღვრული მოცულობების და ღირებულებების მიხედვით. პერიოდული შეკეთების შედეგად მთლიანად უნდა აღდგეს გზის საპასპორტო საგზაო პირობები.

- რეაბილიტაცია - რეაბილიტაცია ითვალისწინებს: განივი და გრძივი პროფილების აღდგენას, ვირაჟების მოწყობას, მიწის ვაკისის სიგანის, ფერდობების და წყალგამტარი ნაგებობების გეომეტრიული პარამეტრების მიყვანას საპასპორტო (საპროექტო) მაჩვენებლებამდე, გადატვირთულ სატრანსპორტო კვანძებში მოძრაობის ერთ დონეში გახსნის სრულყოფას, წყალ-ამრიდი ნაგებობების მთლიან აღდგენას ან ახლის მოწყობას, სამო-სის კონსტრუქციის მოძრაობის ინტენსივობის შესაბამისად გაძლიერებას, ხელოვნური ნაგებობების (კალაპოტების და სარეგულაციო ნაგებობების ჩათვლით) კონსტრუქციული ელემენტების შესწორებას და აღდგენას, მოძრაობის რეგულირების ტექნიკური საშუალებების სრულყოფილ აღდგენას ან გზის ახალი დისლოკაციის პროექტის მიხედვით აღჭურვას, გზის კეთილმოწყობის ახალი მოთხოვნების მიხედვით სრულყოფას, მათი თანმდევი სამუშაოების შესრულებით და შესაბამისი საპროექტო დოკუმენტაციის შედგენით. რეაბილიტაციის შედეგად მთლიანად უნდა აღდგეს გზის ტექნიკური მაჩვენებლები და გაიზარდოს გზის პრაქტიკული გამტარუნარიანობა. რეაბილიტაციის შედეგად უნდა გაუმჯობესდეს გზის ტექნიკური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლები.

- რეკონსტრუქცია - რეკონსტრუქცია ითვალისწინებს: გზების და საგზაო ნაგებობების ტექნიკური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლების გაუმჯობესებას, გზის გამტარუნარიანობის და საექსპლუატაციო სიჩქარეების გადიდებას, მიწის ვაკისის მდგრადობის გაძლიერებას, ჰორიზონტალური მრუდეების და გრძივი ქანობების გაუმჯობესებას, გზის სა-მოსის სიმტკიცის ამაღლებას, წყალამრიდი და წყალგამტარი ნაგებობების სრულყოფას, ხიდების გაბარიტების და დატვირთვების გაზრდას, გზის მოძრაობის რეგულირების ტექნიკური საშუალებებით და დამცავი ნაგებობებით სრულყოფილ აღჭურვას და სხვ.

რეკონსტრუქცია ხორციელდება გზების გადატვირთული მონაკვეთების ან ცალკეული საგზაო ნაგებობების სრულყოფის მიზნით, სათანადოდ დამუშავებული პროექტის მიხედვით. რეკონსტრუქციის შედეგად გზის ტექნიკური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლები უნდა იქნეს მიყვანილი ავტოტრანსპორტის პერსპექტიული ინტენსივობის მოთხოვნებამდე.

- მოდერნიზაცია - ითვალისწინებს გზების ან მისი მონაკვეთების ტექნიკური და საექსპლუატაციო მაჩვენებლების მკვეთრ გაუმჯობესებას. იგი ხორციელდება, როდესაც არსებული გზის პრაქტიკული გამტარუნარიანობა ამოწურულია და მისი გადიდება რეკონსტრუქციის მეშვეობით შეუძლებელია; საანგარიშო ინტენსივობის გატარებისათვის აუცილებელი ხდება სავალი ზოლების ორი ან მეტი რაოდენობით გადიდება, ყველა შესაბამისი გეომეტრიული პარამეტრების სრულყოფით.

- მშენებლობა - მშენებლობა ითვალისწინებს სათანადოდ დამუშავებული პროექტის მიხედვით ახალი გზის მშენებლობის მთელ კომპლექსს, მათ შორის, ქალაქის და დასახლებული პუნქტების შემოვლითი გზების მშენებლობას.

- სტიქიური მოვლენების შედეგების ლიკვიდაცია (შემდგომში საგზაო სამუშაოები) - 1. სტიქიურ მოვლენად ითვლება წყალდიდობა, ღვარცოფი, მეწყერი, შვავი, ზვავი, მიწისძვრა და სხვ., რომლებიც მიწის ვაკის და საგზაო ნაგებობებს მიაყენებს მნიშვნელოვან დაზიანებებს, რის გამოც ირღვევა მოძრაობის უსაფრთხოების მოთხოვნები, წესდება მოძრაობის ორგანიზაციის შეზღუდული რეჟიმი ან გზის ფაქტობრივი დაკეტვა.

თითოეული ზემოთ ჩამოთვლილი სამუშაოები ხშირ შემთხვევაში დაიწყო ან იწყება მშენებლობიდან, და შემდგომ უკვე გადადის მოვლა შენახვის, პერიოდული შეკეთებისა თუ სხვა ტიპის მდგომარეობაზე, რაც ერთმნიშვნელოვნად დამოკიდებულია შესრულებული სამუშაოების ხარისხზე - რომელიც შემდგომ მის საექსპლუატაციო ვადას განსაზღვრავს.

## 2. შედეგების განსჯა

### 2.1 საგზაო სამოსის ფენები და მათი თანამედროვე ტექნიკური მოთხოვნები

საავტომობილო გზის სამოსზე ფენები იყოფა სხვადასხვა ტიპებად, შესაბამისი შემადგენლობებითა და საპროექტო მოთხოვნებით (იხ. ცხრილი 3).

გზის საფარზე მიღებული შედეგებისა და გამოსაყენებელი მასალების მოდულის მიხედვით, ხდება სარეაბილიტაციო თუ სამშენებლო გზის დაპროექტება შესაბამისი საგზაო სამოსის მოწყობით[30].

ცხრილი 3

მოთხოვნები საგზაო სამოსის მიმართ

მასალის ტიპი	სიმტკიცის მოთხოვნა	მაქსიმალური სიხისტე, მკა
ცხელი ასფალტის ნარევი	მარშალი	2500
ბიტუმით სტაბილიზაცია	ITSdry $\geq$ 225 კპა ITSwet $\geq$ 100 კპა	600
ცემენტით სტაბილიზაცია	1.5 < სიმტკიცე კუმშვაზე < 3 მკა	550
დამტვრეული ღორღი	CBR > 100	400-700
ბუნებრივი ქვიშახრეში	CBR > 15 -80	140-375
გრუნტები	CBR > 3- 10	70-10

მსოფლიოში საგზაო სამოსის ფენების გასაძლიერებლად გამოიყენება, სხვადასხვა ტიპის დანამატები, მათ შორის:

- ცემენტის სტაბილიზატორები მაგ. ცემენტი, კირი, ნაცარი და ა.შ.
- ბიტუმის ემულსია
- მოდიფიცირებული, ნატურალური და სინთეტიკური პოლიმერები;
- გადამუშავებული რეზინა;

ყველა ზემოთ ჩამოთვლილი დანამატები საჭიროა იმისთვის, რომ მასალის მარცვლებს შორის მოხდეს უფრო მეტი შემჭიდროვება და გაიზარდოს მისი სიმტკიცე და სიხისტე, გახდეს მეტად მდგრადი წყლის მიმართ და გამძლე.

აღნიშნული ტექნოლოგიების გამოყენებით, შესაძლებელია შიდასახელმწიფოებრივი ან და ნებისმიერი სახის თუნდაც დაბალი კატეგორიის გზა, დამატებითი ექსკავაციისა და ყრილების მოწყობის გარეშე, რეკონსტრუქცირდეს როგორც თუნდაც მაღალი ინტენსივობისთვის გამოსადეგი გზა.

### 2.1.1 საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება და სამუშაოების მიღება

მშენებლობის პროცესში საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება და მდგომარეობის პროგნოზირება პირდაპირ კავშირშია სამუშაოების ჩაბარების ეტაპზე, თუ რამდენად სწორად იქნა მოთხოვნილი შესრულებულ სამუშაოებზე განხორციელებული კვლევების შედეგად მიღებული მათი ფიზიკო-მექანიკური მაჩვენებლები და რამდენად სწორად შეფასდა საპროექტო, ან საერთაშორისო სამშენებლო ნორმებთან.

ისტორიულად, სამუშაოების მიღების ეტაპზე, მშენებლობის ან სამუშაოების დასრულების პროცესში მოითხოვდნენ ასფალტბეტონის ნარევის რამდენიმე პარამეტრს და ადარებდნენ დადგენილ მოთხოვნებთან შესაბამისობას:

- მასალების გრანულომეტრიას, ბიტუმის ხარისხს და მის შემცველობას ნარევაში
- მოწყობილი ფენის სისქეს
- კერნების სიმკვრივეს
- ზედაპირის სისწორეს(3მ. ლარტყით)[18].

წლების განმავლობაში, მხოლოდ ზემოთ ჩამოთვლილი პარამეტრებით ხდებოდა შესრულებული სამუშაოს შეფასება, რის საფუძველზეც შეუძლებელია გააკეთო რაიმე პროგნოზი იმისა, თუ რამდენად ხარისხიანად არის სამუშაოები შესრულებული და რამდენად გრძელვადიანადაა შესაძლებელი მასზე კომფორტულად და უსაფრთხოდ გადაადგილება ვინაიდან ზემოთ მოყვანილი მაჩვენებლებით არ დგინდება ნარევის მოცულობითი(მათემატიკური) პარამეტრები.

ასფალტბეტონის ნარევის შეფასების ეტაპზე, რათქმაუნდა ის მაჩვენებლები, რაც ზემოთ გვაქვს მოყვანილი აუცილებელია, მათ შორის დამატებით სხვადასხვა დამატებითი ფიზიკო-მექანიკური თვისებების დადგენა, რაც მნიშვნელოვნად



გვამლევს ვივარაუდოთ შესრულებული სამუშაოების რეალური მდგომარეობა, თუმცა არ უნდა გამოგვრჩეს თანამედროვეობის სიახლე, რომლის მიხედვითაც მიღებული ფიზიკო მექანიკური თვისებების შემდგომ, გამოთვლით ხდება მასალის მოცულობითი პარამეტრების დადგენა, კერძოდ ფორიანობის გარდა, მინერალური ჩონჩხის ფორიანობა და მინერალური ჩონჩხის შევსებადობა.

თანამედროვე საგზაო სამოსის მიღებისას, შეგვიძლია მაგალითად მოვიყვანოთ ასფალტის ზედა ფენის ნარევის ფიზიკო-მექანიკური მოთხოვნები და განვიხილოთ მათი გამოთვლა-შეფასება ქვემოთ მოცემულ ცხრილში[30,31]:

ცხრილი4

**ასფალტბეტონის საერთაშორისო მოთხოვნები**

მარშალის სტაბილურობა, 60°C-ზე, კნ	მინ.7
მარშალის კოეფიციენტი, კნ/მმ	მინ.2
ფორიანობა,%	Vmin3.5-Vmax3.6
მინერალური ჩონჩხის ფორიანობა, VMA	არ არის მოთხოვნა
მინერალური ჩონჩხის შევსებადობა, VFB	VFBმინ65 – VFBმაქს80
საშ.მოცულობითი მასა	არ არის მოთხოვნა
ბიტუმის შემცველობა	არ არის მოთხოვნა

როგორც ცხრილიდან ჩანს, გარდა მასალის სტაბილურობისა, ძირითადი მოთხოვნა არის მასალის მოცულობითი პარამეტრები, ხოლო ბიტუმის მოთხოვნა არ გვაქვს, ვინაიდან ბიტუმის რაოდენობის, ფორიანობისა და შესაბამისი გამოთვლებით ხდება მინერალური ჩონჩხის მოცულობითი მაჩვენებლების დადგენა:

$$VMA = Vm + B X pb/PB \%$$

სადაც:

VMA - მინერალური ნაწილის ფორიანობა, %

Vm- ნარევი ფორიანობის შემცველობა, %

B - მთლიან ნარევი ბიტუმის რაოდენობა, %

Pb- ნარევის საშუალო მოცულობითი მასა, კგ/მ<sup>3</sup>

pB - ბიტუმის სიმკვრივე, 1 კილოგრამი მეტრ კუბში, კგ/მ<sup>3</sup>

მინერალური ჩონჩხის ფორიანობის გამოთვლის შემდეგ, ხდება ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მაჩვენებლის, მინერალური ჩონჩხის შევსებადობა - მინერალური ნაწილის ბიტუმით შევსებული ფორიანობის გამოთვლა:

$$VFB = \left( \frac{B \times \frac{Pb}{PB} \times P}{VMA} \right) \times 100, \%$$

სადაც:

VFB - მინერალური ჩონჩხის შევსებადობა , %

B - ბიტუმის პროცენტული წილი მთლიან მასაში, %

Pb - ნარევის საშუალო მოცულობითი მასა, კგ/მ<sup>3</sup>

pB - ბიტუმის სიმკვრივე, 1 კილოგრამი მეტრ კუბში, კგ/მ<sup>3</sup>

VMA - მინერალური ნაწილის ფორიანობა, %

ცხრილი 4 მიხედვით VFB-ს ტექნიკური მოთხოვნები უნდა იჯდეს 65-80-ს შორის. რაც უფრო მაღალი იქნება ეს მაჩვენებელი, მით უფრო დაბალი კატეგორიის გზისთვის არის მისი მოწყობა რეკომენდირებული , შესაბამისად ფორიანობაც დასაშვებ მინიმუმისკენ, ხოლო მაღალი კატეგორიის გზებისთვის, მაღალი ინტენსივობიდან გამომდინარე სასურველია შედარებით მაღალ ფორიანობა ნარევის გამოყენება, რაც მიუხედავად მისი სიმტკიცისა, გაცილებით მდგრადია დღეისათვის აქტიურ პრობლემა - კალიების მიმართ.

**ბიტუმის შემცველობა.** გამომდინარე იქიდან, რომ მასალები განსხვავდებიან როგორც ფიზიკო მექანიკური, ისე ქიმიური მაჩვენებლებით, კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ხარისხიანი ნარევის მისაღებად შერჩეული იყოს საავტომობილო გზის კატეგორიისა და დატვირთვების მიხედვით ოპტიმალური შემკვრელის რაოდენობა. მასალების გრანულომეტრია პირდაპირ კავშირშია ოპტიმალური ბიტუმის შერჩევასთან, კერძოდ რაც უფრო წვრილმარცვლოვანია მასალა, მით უფრო დიდია მასალის გარე ფართობი, შესაბამისად იზრდება ბიტუმის საჭირო რაოდენობა რათა მოხდეს ქვიშისა და კენჭის ბიტუმით ბოლომდე შევსება.

მასალის ზედაპირის ფართობისა და ოპტიმალური ბიტუმის რაოდენობის შერჩევასას ასევე მნიშვნელოვანი ფაქტორი უჭირავს მინერალური შემკვრელის(ფილერის) დაფქვის ხარისხსა და რაოდენობაზე. ფილერის მცირედი ზრდა პირდაპირ იწვევს ბიტუმის შეწოვასა და ნარევის სიმშრალეს, ხოლო

ფილერისა და ბიტუმის არაოპტიმალური რაოდენობისას, ფილერის მცირე რაოდენობა ნარევეში იწვევს ნარევის ზედმეტ სისველეს, რაც შემდგომ აისახება მის საექსპლუატაციო ხარისხზე, ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასებისას ძალიან მნიშვნელოვანია გამოსაყენებელი მასალებისა და შემკვრელის ოპტიმალური რაოდენობების შერჩევა.

## 2.2 არსებული მდგომარეობის შეფასების თანამედროვე ტექნოლოგიები

საქართველოში, როგორც სხვა ბევრ ქვეყანაში საავტომობილო გზის საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება მასზე შემდგომი სამუშაოების დასაგეგმად ხდება ტრადიციული მეთოდით, კონკრეტული გზის დასახელებით, დგება პიკეტური უწყისი, რომლის შემდგომაც ხდება არსებული გზაზე გამოწვეული დაზიანებების ვიზუალური დათვალიერება, შესაძლებლობების შემთხვევაში მათი საზომი ხელსაწყოებით გასინჯვა და შემდგომ, არსებული მდგომარეობის შეფასება და გადაწყვეტა თუ რა სახის სამუშაოებია ჩასატარებელი. ზემოთ ჩამოთვლილი პროცედურა საკმაოდ შრომატევადია, მოითხოვს გამოცდილი, შესაბამისი კვალიფიკაციის მქონე ადამიანების ჩართულობას და დამატებით ფინანსურ ხარჯებს, ასევე საკმაოდ დიდ დროს.

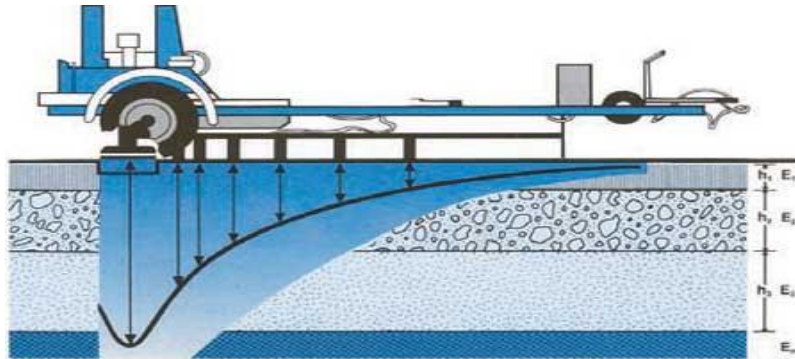
თანამედროვე სამყაროში ბევრი გამოთვლითი თუ საზომი საშუალებების მოდიფიცირება და განვითარება ხდება სხვადასხვა კომპიუტერული ტექნოლოგიების გამოყენებით, რაც განსაკუთრებულად ამცირებს ადამიანური ფაქტორით დაშვებული შეცდომების ალბათობას და ასევე ფინანსური ხარჯებისა თუ დროის შემცირებას. ყოველივე ზემოთ აღნიშნულის გათვალისწინებით, წარმოგიდგენთ დაზიანებების აღწერის თანამედროვე პროცედურას.

ქვემოთ ნაჩვენებ ნახაზზე 9 და 10 მოცემულია არსებული ასფალტისანი საფარის ზედაპირზე როგორც მცირე ზომის ხელის, ისე მისაბმელიან მზიდუნარიანობის საზომ დანადგარებს, რომლის გამოყენებითაც, 1 კმ გზის არსებული დრეკადობის მოდულის განსაზღვრა შემდგომში მისი სარეაბილიტაციო ან სარეკონსტრუქციო სამუშაოების ჩასატარებლად შესაძლებელია 15-20 წუთის განმავლობაში, მიღებული შედეგებით შეგვიძლია კონსტრუქციული ფენების გამოსათვლელი პროგრამით, მაგალითად „Prima 100”-

ის მეშვეობით შევარჩიოთ სასურველი შემდგომში სამშენებლო ფენების სისქე და ტიპები. სარეაბილიტაციო საფარზე განსაზღვრული მოდულით, შესაძლებელია სარეაბილიტაციო სამუშაოებისთვის გამოყოფილი თანხები მნიშვნელოვნად შევამციროთ და გამოვიყენოთ ისეთი ტექნოლოგიები, რომლითაც ბუნებასაც მინიმალურ ზიანს მივაყენებთ. მაგ.: რესიკლირება.



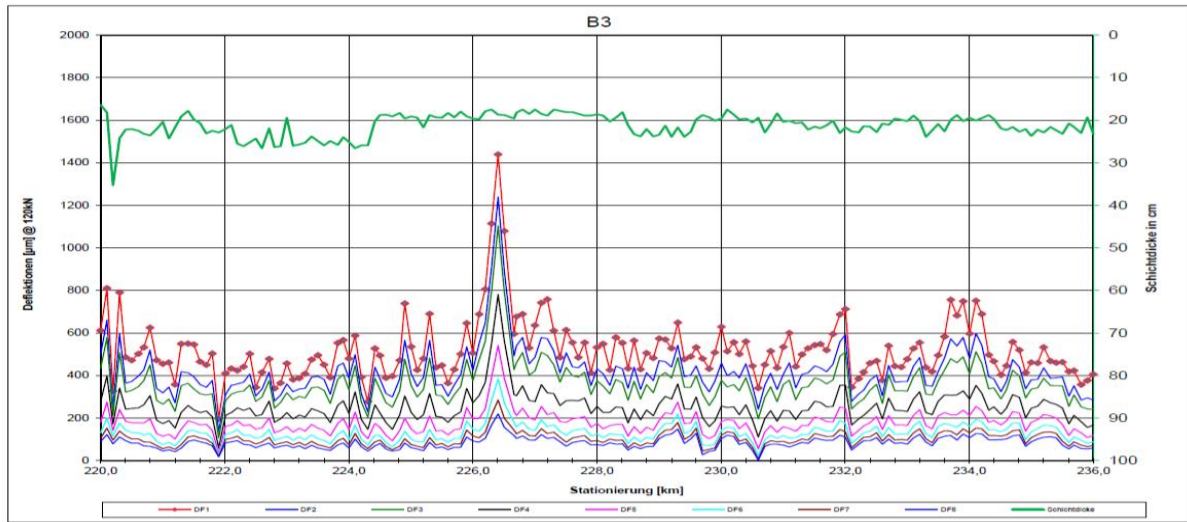
ნახაზი 9. დრეკადობის მოდულის განსასაზღვრე მცირე ზომის დეფლექტომეტრი



ნახაზი 10. დრეკადობის მოდულის განსასაზღვრე მისაბმელიანი დეფლექტომეტრი.

მისაბმელიანი დეფლექტომეტრი საკმაოდ პრაქტიკულია განსაკუთრებით მცირე დროში, მცირედი ავტომობილის გაჩერებებით, ავტომობილში დამონტაჟებული კომპიუტერის საშუალებით მანქანიდან გადმოუსვლელად გავიაროთ სრული გზა და 15 გეოფონის გამოყენებით, განვსაზღვროთ შესაბამის სიმაღლეზე შესაბამისი მოდულის განსაზღვრა, რომელიც შესაძლებელია ნაჩვენები იყოს ქვემოთ მოცემული გრაფიკების გამოყენებით.

დეფლექტომეტრის გამოყენებით, 2018 წელს მსოფლიო ბანკის დაფინანსებით განვახორციელეთ გურიის რეგიონში, 240 კმ გზის ორივე სავალი ნაწილის, შესაბამისად 480 კილომეტრი გზის სტატიკური მოდულის განსაზღვრა.



ნახაზი 11. მისაბმელიანი დეფლექტომეტრით მიღებული შედეგების გამოსახულება

აღნიშნული შედეგების მიღებისათვის, 480 კილომეტრ გზაზე სრული დრეკადობის მოდულის მისაღებად და შედეგების საპროექტო სამსახურისთვის გადასაცემად, დაგეგმირდა 10 დღე, შესაბამისად, აღნიშნულის გამოყენებით შესაძლებელია საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო მდგომარეობის შემდგომში სარეაბილიტაციო თუ სხვა ტიპის სამუშაოების დაგეგმვა ტრადიციულისგან განსხვავებით, ბევრად ნაკლებ დროში. მაგალითისთვის წარმოგიდგინთ ჩოხატაური საჯავახოს მარცხენა სავალ ზოლში, თითოეულ 200 მეტრში მიღებული შედეგებს:

**ცხრილი 5**

დეფლექტომეტრით მიღებული შედეგები

პიკეტი	გაზომვის დრო	მიღებული შედეგი, მკა
0+000	18:53:05	172
0+200	18:55:16	267
0+400	18:57:17	263
0+600	18:59:16	672
0+800	19:01:39	242
1+000	19:03:01	248
1+200	19:04:46	167
1+400	19:06:44	173
1+600	19:08:23	143
1+800	19:09:45	442

2+000	19:12:38	282
-------	----------	-----

როგორც ცხრილზეა მოცემული, ორ კილომეტრ გზაზე, 11 ადგილის დრეკადობის მოდულის განსაზღვრისთვის, ჯამში დაგვიჭირდა 19 წუთი, რომლის შემდგომაც კომპიუტერულად მიღებული შედეგები გადავუგზავნეთ შესაბამის საპროექტო სამსახურს, რომელმაც თავის მხრივ უზრუნველყო მიღებული შედეგებისა და შესაბამისი გამოთვლების გათვალისწინებით საჭირო საპროექტო სამუშაოების ჩატარება სასურველი საგზაო სამოსის კონსტრუქციის მისაღებად

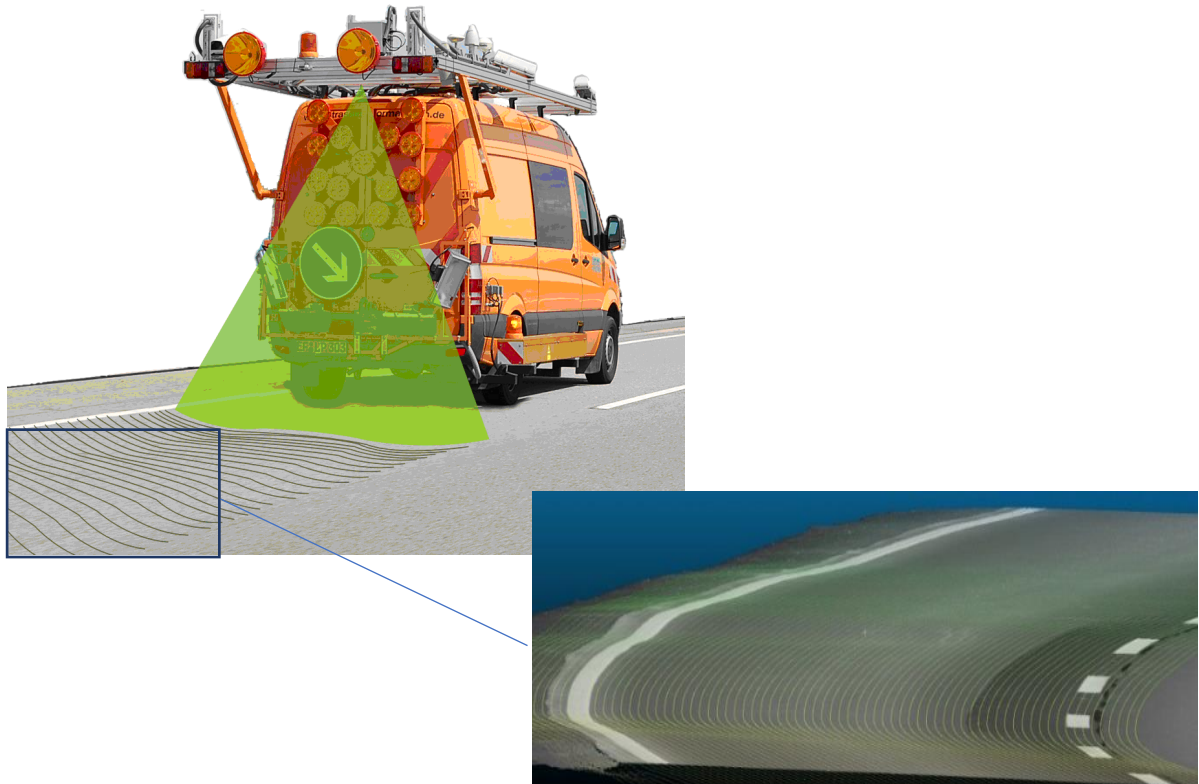
გარდა დეფლექტომეტრისა, არსებული მდგომარეობის შეფასებისას, თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით, წარმოგიდგენთ თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით შექმნილ მულტი ფუნქციურ მანქანას „IRIS10”



ნახაზი 12 მულტი ფუნქციურ მანქანა „IRIS10”

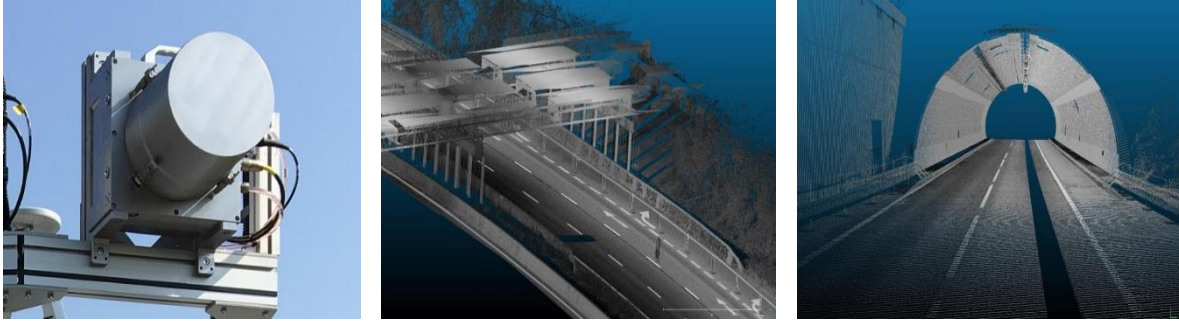
აღნიშნული ავტომობილი აღჭურვილია მაღალი ხარისხის GPS სისტემის ანტენებით, რომელსაც მაღალი სიჩქარისდა მიუხედავად (80კმ/სთ) შეუძლია თითოეული მიღებული მონაცემის სასურველ მონაკვეთებად განსაზღვრა და დაყოფა. აღნიშნული ავტომობილის გარშემო, 360 გრადუსიანი ჩვენებით ხდება საავტომობილო გზის 2მეტრიდან 20 მეტრამდე რადიუსში თითოეული დაზიანებისა თუ სასურველი კადრის დაფიქსირების შესაძლებლობა, რომელიც ავტომატურად ინახება ავტომობილში დამონტაჟებულ კომპიუტერში. მიღებული სურათების საშუალებით, შესაძლებლობა გვაქვს განვსაზღვროთ არსებული გზის სიგანე და სასურველი ადგილმდებარეობის მიხედვით შევქმნათ სრულყოფილი ფოტო კოლაჟი .

ავტომობილის უკანა მხარეს, დამაგრებული ლაზერული სისტემის გამოყენებით შესაძლებელია როგორც საფარის პროფილის სკანირება, ასევე სამოსზე მაკროტექსტურის გამოსახვა. ასევე სკანერის გამოყენებით იხ. ნახ.13 შესაძლებელია დახრის განსაზღვრა, ასევე გზის როგორც გრძივი, ისე განივი უსწორმასწორობის 0.3მმ სიზუსტით განსაზღვრა და მონაცემების ერთ უწყისად შეგროვება შესაბამისი GPS მონაცემებისა და დროის მითითებით.



**ნახაზი 13. ლაზერული სისტემით მიღებული სკანირება**

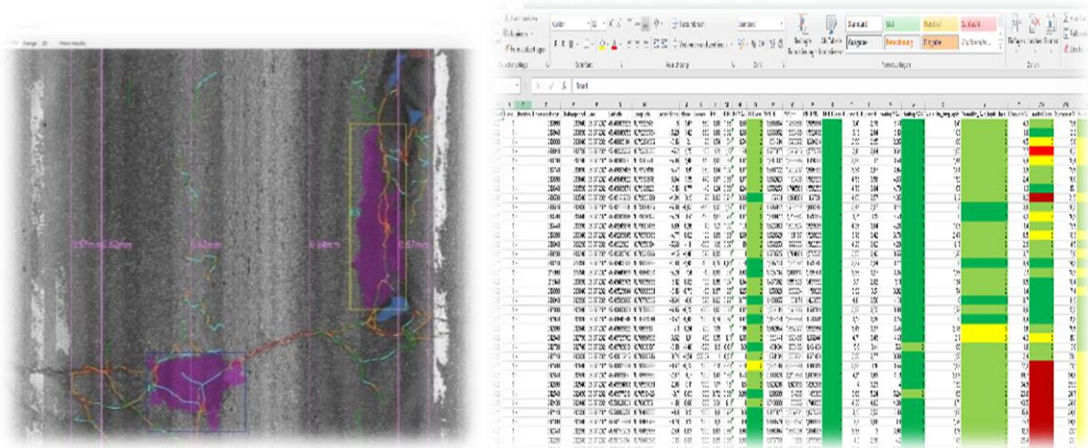
აღნიშნული ავტომობილი ასევე აღჭურვილია უნიკალური სკანერით, რომლის გამოყენებითაც შესაძლებელია როგორც საავტომობილო ხიდის, ასევე გვირაბისა თუ სხვა ნაგებობის 3-7მმ-მდე სიზუსტით მათი პარამეტრების დადგენა და მათი 3დ ფორმატში ვირტუალური გამოსახვა, ასევე სატელიტური მიმდების მეშვეობით, მთლიანი გზის კომპიუტერულად გამოსახვა. მისი გამოყენებით დეტალურადაა შესაძლებელი გზაზე არსებული ხიდების, გვირაბებისა და სხვა ხელოვნური ნაგებობების აღწერა, ზომების განსაზღვრა და შემდგომ კომპიუტერული სურათებისა თუ ნახაზების მიღება(ნახაზი 14).



ნახაზი 14. გზის ციფრული მოდელი

ავტომობილზე დამატებითი ლაზერული სკანერის გამოყენებით, ასევე შესაძლებელია ავტომატური ბზარების აღმომჩენი დეტექტორის დამონტაჟება, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელია ჩანაწერების წარმოება:

- ჩანაწერის სიგანე: 4მეტრი
- 1მმ იანი სიზუსტის გამოსახულება 80კმ/სთ სიჩქარემდე
- 2მმ იანი სიზუსტის გამოსახულება 120კმ/სთ სიჩქარემდე
- მაგისტრალურ გზებზე საგზაო ზოლის სიგანის დადგენა
- როგორც ვერტიკალური, ასევე ჰორიზონტალური და ბადისებრი ბზარების იდენტიფიცირება, და შესაბამის კლასებად დახარისხება



ნახაზი 15. ბზარების დეტექტორის ჩანაწერი

შესაბამისი მიღებული შედეგების კომპიუტერული დახარისხება და ყველა მნიშვნელოვანი პარამეტრის ავტომატური შედარება დადგენილ მოთხოვნებთან.

აღნიშნული მოწყობილობების გამოყენებით, იმ საშუალებების ჩატარება, რაც ტრადიციულ პირობებში ხდება, მნიშვნელოვნად ამცირებს სამემსრულებლო სამუშაოს ვადას, გრძელვადიან პროცესში მნიშვნელოვნად ამცირებს



საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასებისა და შემდგომში დაპროექტებისთვის საჭირო ხარჯების გაღებას და ზრდის შესრულებული სამუშაოების ხარისხს, სწორედ ამიტომ, ქვეყნისთვის ძალიან მნიშვნელოვანია აღნიშნული პროცესების გაცნობა, დანერგვა და მოდიფიცირება.

### 2.3 ბიტუმის ტრადიციული და თანამედროვე სახეცვლილება საგზაო ინფრასტრუქტურაში

ბიტუმი წარმოადგენს ასფალტბეტონის შემკვრელს, რომელიც წარმოება ნედლი ნავთობის გადამუშავების შედეგად. ნედლი ნავთობის გადამუშავება ხდება დაახლოებით 345°C-ზე და მიმდინარეობს მისი გამოხდის პროცესი. დაბალ ტემპერატურაზე იწარმოება ბენზინი, ხოლო მაღარ ტემპერატურაზე იწარმოება ზეთები. ამ პროცესის შედეგად მიღებულ ნარჩენს ეწოდება ასფალტის შემკვრელი.

საავტომობილო გზების მშენებლობაში ძირითადად გამოიყენება გადამუშავებული რამდენიმე სახეობა:

- ასფალტის შემკვრელი ბიტუმი;
- ემულსია.
- აქაფებული ბიტუმი.
- ბზარების შესავსები ბიტუმი და ა.შ.

ოთახის ტემპერატურაზე, ბიტუმი არის მყარ მდგომარეობაში, მაღალ ტემპერატურაზე იგი ხდება თხევადი. შესაბამისად, ბიტუმი იყოფა სხვადასხვა კატეგორიებად, რომელთა ძირითადი განმასხვავებელი არის მათი ტემპერატურასთან მიმართებით მგრძობელობა, ბიტუმის სახეობები შესაბამისი მოთხოვნებით მოყვანილია ქვემოთ მოცემულ ცხრილში(ცხრილი #6). ვინაიდან ბიტუმი მისი პენეტრაციის მიხედვით ხარისხით განსხვავდება, ძალიან მნიშვნელოვანია შესრულებული სამუშაოების საექსპლუატაციო მდგომარეობის შესაფასებლად, თავიდანვე სწორად მოხდეს ბიტუმის მარკის შერჩევა.

ცხრილი 6

#### მოთხოვნები საგზაო ბიტუმის მიმართ

ბიტუმის მარკა	საშ. სიმკვრივე	პენეტრაცია 25°C	დარბილების ტემპერატურა	წელვადობა	აფეთქების ტემპერატურა
---------------	----------------	-----------------	------------------------	-----------	-----------------------

30/40	1.01—1.06	30—40	55—63	მინ.100 სმ	მინ.250 წთ
40/60	1.01—1.06	40—50	40—50	მინ.100სმ	მინ.250 წთ
50/70	1.01—1.06	50—70	46—54	მინ. 100 სმ	მინ. 230 წთ
70/100	1.01—1.06	70-100	42—52	---	მინ. 225 წთ

სხვადასხვა მარკის ბიტუმის გამოყენება, სხვადასხვა კლიმატური პირობების მიხედვით ყალიბდება მისი პენეტრაციისა და სხვადასხვა პარამეტრების მიხედვით. რაც უფრო მაღალია ბიტუმის მარკიანობა, მაგ: 70/100 მით უფრო ცივი კლიმატური ქვეყნებისთვისაა მისი გამოყენება მიზანშეწონილი, ისევე როგორც დაბალი მარკის ბიტუმი მაღალი ტემპერატურის მქონე კლიმატური ქვეყნებისთვის. ყოველივე ეს გამომდინარეობს მხოლოდ და მხოლოდ იქიდან, რომ დატვირთვების შედეგად ბიტუმი შესაბამისი კლიმატური პირობების მიხედვით განიცდის შესაბამის დატვირთვებს, აუცილებელია მისი როგორც მაღალი ტემპერატურის მიმართ გამძლეობა, ასევე ყინვის მიმართაც[18,33].

საავტომობილო გზების მშენებლობაში ბიტუმის გამოყენება, როგორც ასფალტის შემკვრელი ხდება მე-20 საუკუნიდან, დროთა განმავლობაში, ავტომობილების ინტესივობის მატებასა და გაზრდილ დატვირთვებთან ერთად, ხდება ბიტუმის გაუმჯობესება და შესაბამისი ლაბორატორიული ცდებით მისი ასფალტთან ურთიერქმედებაში უკეთესი თვისებების დადგენა ან შექმნა, რაც სხვადასხვა მოდიფიკატორებითა თუ დანამატებით არის მიღებული და აქტუალური.

საქართველო, როგორც ევროპის ბევრი სხვა ქვეყანა განეკუთვნება ისეთ კლიმატურ ზონას, სადაც ყველაზე გავრცელებული და მიღებულ ბიტუმის მარკას წარმოადგენს 50/70.

ჩვეულებრივი ბიტუმის მარკიანობის დასადგენად, საჭიროა ცდების ჩატარება და მიღებული პარამეტრების შედარება დადგენილ მოთხოვნებთან. 50/70 მარკის ბიტუმის გაცხელება შესაძლებელია მაქსიმუმ 170°C-ზე, რათა თავიდან იქნეს აცილებული მისი გადაწვა და ფიზიკო-მექანიკური თვისებების დარღვევა. ჩვეულებრივი ბიტუმის, ტრანსპორტირება, შენახვა და ლაბორატორიული ცდების ჩატარება შესაძლებელია როგორც გაციებულ, ისე ცხელ მდგომარეობაში. ბიტუმის მასა, მიუხედავად მისი გაციება-გაცხელებისა ყოველთვის არის

ერთგვაროვანი და ზომიერი ტემპერატურის ცვლილების მიუხედავად, არ განიცდის თვისებების გაუარესებას. ბიტუმის მარკიანობის დასადგენად, აუცილებელია ნიმუშების გაცხელება შესაბამის ტემპერატურამდე, მისი სტანდარტით განსაზღვრულ ყალიბებში მოთავსება და შესაბამისი ცდების ჩატარება. ქვემოთ მოცემულ ნახაზებზე ნაჩვენებია ბიტუმის მარკიანობისათვის საჭირო ყალიბები და დანადგარები.

**პენეტრაცია.** ბიტუმის პენეტრაციის მაჩვენებელი დგინდება პენეტრომეტრით ნახაზი 16.



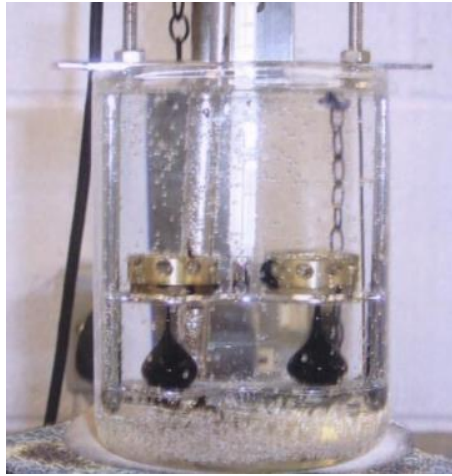
**ნახაზი 16. პენეტრაციის ტესტი**

ექსპერიმენტის მიმდინარეობის ერთ ერთ საკითხს წარმოადგენს ბიტუმის სახეცვლილება.

საწყის ეტაპზე, შპს „კავკასიური ინფრასტრუქტურის ტექნოლოგიას“ აკრედიტირებულ საგამოცდო ლაბორატორიაში ჩავატარეთ ექსპერიმენტები საქართველოში არსებული 50/70 მარკის ბიტუმზე.

ბიტუმის ევროპული სტანდარტის, EN 1426 შესაბამისად, გავაცხელეთ ბიტუმი და მოვათავსეთ შესაბამის კონტეინერებში. ოთახის ტემპერატურამდე გაციების შემდგომ, ისინი მოვათავსეთ 25 გრადუსიან წყლის ავზში, და 1 საათის შემდგომ გავსინჯეთ მისი პენეტრაციის მაჩვენებელი.

**დარბილების ტემპერატურა.** დარბილების ტემპერატურის განსაზღვრა ხდება სპეციალური ხელსაწყოთი ე.წ. „ბურთულა და რგოლი“ ნახაზი 17.



**ნახაზი 17. ბურთულა და რგოლი**

**EN1427** სტანდარტის შესაბამისად, ბიტუმი მოვათავსეთ სპეციალურ რგოლებში შემდგომში მისი დარბილების ტემპერატურის განსაზღვრად.

**დუქტილება.** ბიტუმის დუქტილების განსაზღვრა ხდება სპეციალურ დანადგარში ნახაზი 18.

პენტრაჯის მსგავსად, სტანდარტით გათვალისწინებულ 25 გრადუსიან აბაზანაში 1 საათის განმავლობაში მოვათავსეთ წელვადობისათვის საჭირო ყალიბები და განვსაზღვრეთ მისი ტრადიციული მაჩვენებელი - წელვადობა(დუქტილება)

წლების განმავლობაში, სტანდარტული ბიტუმის წელვადობამ აქტუალურობა დაკარგა, ვინაიდან კვლევებით დადგინდა, რომ აღნიშნული პარამეტრი არ იყო არსებითად მნიშვნელოვანი ბიტუმის მარკიანობისათვის და მისი ფიზიკო მექანიკური თვისებების დასადგენად, თუმცა, მიუხედავად წელვადობისა, დუქტილომეტრმა თავიში შინაარსით, რომელშიც სრულიად განსხვავებული სიახლე შევიდა, გაცილებით მნიშვნელოვანი და გარდამტეხი როლი შეასრულა თანამედროვე, გაუმჯობესებული ბიტუმების ეპოქაში, რომლის აქტუალურობა მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში, განსაკუთრებით მაღალი დატვირთვების გზებზე გახდა ძალიან პოპულარული. ელასტიურობის აღდგენით შესაძლებელია ბიტუმის მოდიფიცირების ხარისხის დადგენა, რომელიც დუქტილომეტრით 20 სანტიმეტრიანი გაწელვის შედეგად მიმდინარეობს.



**ნახაზი 18 დუქტილომეტრი**

ბიტუმის ტესტები მხოლოდ ზემოთ ჩამოთვლილით არ შემოიფარგლება და ასევე ძალიან მნიშვნელოვანია შემდეგი პარამეტრების განსაზღვა:

- DSR(Dynamic Shear Rheometer) - განსაზღვრავს ბიტუმის ელასტიურობისა და ათვლის მოდულს, როგორც მაღალ, ისე დაბალ ტემპერატურებზე;
- პირობითი სიბლანტე - რომელიც განსაზღვრავს ბიტუმის დენადობის მაჩვენებელს მაღალ ტემპერატურებზე;
- დაძველება - ვინაიდან ბიტუმი შედგენილია ორგანული მოლეკულებისგან, დროთა განმავლობაში, სხვადასხვა კლიმატური თუ გარემო პირობების მეშვეობით მოლეკულები განიცდის დაძველებას, რის შედეგადაც ბიტუმი დროთა განმავლობაში ხდება მეტად და მეტად ხისტი, რაც საბოლოო ჯამში აისახება საგზაო სამოსზე ნაპრალების-ბზარების გაჩენით.

მიღებული შედეგებით(იხ. ცხრილი 7) შეგვიძლია ვთქვათ, რომ დღეის მდგომარეობით საქართველოში გამოყენებული ბიტუმის ხარისხი შეესაბამება იმ მოთხოვნებს, რაც დადგენილია საერთაშორისო ნორმატივებით:

ცხრილი 7

**სტანდარტული ბიტუმის გამოცდის შედეგები.**

ცდის სახეობა	სტანდარტული ბიტუმი 50/70
პენეტრაცია, 25°C	57
დარბილების ტემპერატურა, ბურთულა და რგოლი°C	51
ყინვისას ბზარწარმოქმნა, °C	-10
წელვადობა	>100მმ

**მოდულიზებული ბიტუმი.** ვინაიდან ასფალტის სიცოცხლის უნარიანობა დამოკიდებულია როგორც მასალის, ისე ოპტიმალური ნარევისა და ბიტუმის შერჩევაზე, ინტენსივობის ზრდასთან ერთად მცირდება ასფალტბეტონის საექსპლუატაციო ვადა. ტრადიციული ბიტუმის გამოყენებისას, მაღალი დატვირთვების გზებზე ხშირად ჩნდება ე.წ. ნაკვალევები (ჩაღრმავებები), რომლებიც დროთა განმავლობაში ვლინდება სტანდარტულ ბიტუმზე განვითარებული დატვირთვებისგან, ვინაიდან ბიტუმს არ აქვს მაღალი უნარი დატვირთვის შედეგად, როდესაც ის შეიკუმშება, მოახდინოს საწყისი ფორმის აღდგენა.

ზემოთ ჩამოთვლილმა მიზეზებმა, განსაკუთრებული აქტუალურობა შემოიტანა, მოიძებნოს ბიტუმის ისეთი სახით გაუმჯობესება, რომ მას გაეზარდოს როგორც საექსპლუატაციო ვადა, ისე დატვირთვების მიმართ მეტად მდგრადობა. მიუხედავად იმისა, რომ ბიტუმის გაუმჯობესებამ შესაძლებელია ერთჯერადად გააძვიროს მისაღები პროდუქტი, გამოცდილება აჩვენებს, რომ საექსპლუატაციო ვადა გაცილებით იზრდება, რაც საბოლოო ჯამში ძალიან დიდ ეკონომიკურ შედეგს უკეთეს ნებისმიერ სახელმწიფოს. ყოველივე ეს, რათქმაუნდა არ არის საჭირო გამოყენებულ იქნეს ნებისმიერი დატვირთვის გზებისთვის, ამიტომ მისი სიძვირიდან გამომდინარე, აუცილებელია დადგინდეს რამდენად საჭიროა სხვადასხვა დატვირთვების გზებისთვის ბიტუმის თანამედროვე დანამატებით გამდიდრება. ეს საკითხი მსოფლიოში ბოლო 30 წლის განმავლობაში ყოველწლიურად იხვეწება და ხდება მისი გაუმჯობესება, საქართველოში აღნიშნული ბოლო რამდენიმე წელია გამოჩნდა და დროთა განმავლობაში ხდება მეტად და მეტად პოპულარული.

ბიტუმის მოდიფიკატორებსა და დანამატებს წარმოადგენს:

- ელასტიური მოდიფიკატორები (ელასტომეტრები);
- პლასტიური მოდიფიკატორები;
- რეზინის მოდიფიკატორები (მაგალითად გადმაუშავებული საბურავი);
- ქიმიური მოდიფიკატორები და ა.შ.

სტანდარტული ბიტუმისგან განსხვავებით, მოდიფიციებული ბიტუმებისათვის დამატებითი ლაბორატორიული ტესტები ხდება დროთა

განმავლობაში ცნობილი და დადგენილი სხვადასხვა ქვეყნების წამყვანი საერთაშორისო სამეცნიერო კვლევითი ცენტრების მიერ წარმოებული კვლევებით, ესენია:

- ბიტუმის ერთგვაროვნება (სტაბილურობა);
- სტრესის აღდგენა;
- ელასტიურობის აღდგენა.

როდესაც ვსაუბრობთ პოლიმერ-მოდფიცირებულ ბიტუმზე, როგორც სხვა სტანდარტულ ცდებთან ერთად, აუცილებელია ექსპერიმენტალურად დადგინდეს ზემოთ მოყვანილი ცდების შედეგები რაც პრაქტიკულად გვიჩვენებს თუ რომელი დანამატით, რამდენად სწორად და ხარისხიანად გვაქვს მიღებული პროდუქტი, რომლის გამოყენებას და ექსპლუატაციას ასევე განსაკუთრებული ყურადღება და სიფრთხილე სჭირდება.

## **2.4 ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სხვადასხვა დანამატების გამოყენებით და მოდიფიცირებული ბიტუმის ოპტიმალური სახეცვლილება**

ბიტუმის მოდიფიცირება ამერიკის შეერთებულ შტატებში 50 წელზე მეტია რაც მიმდინარეობს. 18 შტატიდან მოწვეული 20 მაღალკვალიფიციური ექსპერტისგან განხილულ იქნა შედეგები და გაანალიზებულ იქნა პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმით ასფალტბეტონის წარმოების უპირატესობები, რომლის საფუძველზეც ერთხმად აღიარეს, რომ ბიტუმის მოდიფიცირებით საგრძნობლად იზრდება ასფალტბეტონის კალიების მიმართ მდგრადობა, და იზრდება მისი საექსპლუატაციო ვადა, თუმცა დანამატების ხარჯზე იზრდება მისი თვითღირებულება. სწორედ ამიტომ, არ არის აუცილებელი მისი ყველა კატეგორიის გზაზე გამოყენება, მაგრამ იქ, სადაც მაღალი რისკია გზაზე მაღალი დატვირთვების შედეგად წარმოიშვას ნაკვალევები, ძალიან მნიშვნელოვნადაა შესაძლებელი საექსპლუატაციო ვადის გაზრდა და დაზიანებების წარმოქმნის შემცირება.

საქართველოში ბოლო წლებია გაჩნდა სიტყვა „მოდფიცირებული ბიტუმი“, რომელიც სხვადასხვა პროექტებშიც გვხვდება. სიტყვა მოდიფიცირება იგივეა რაც მოდიფიკაცია, და ნიშნავს რაღაცის სახეცვლილებას. მაგალითად გვაქვს სტანდარტული ბიტუმი, და იგი გავამდიდრეთ რაიმე სახის დანამატით,





სტანდარტული ბიტუმისა და შემდგომ ბიტუმის მოდიფიკატორების სხვადასხვა დოზირებებით, მოხდა შედეგების გაანალიზება და ოპტიმალური ვარიანტის შერჩევა.

ცხრილ 8-ზე გამოყენებულ იქნა სტანდარტული ბიტუმისა და სინთეტიკური დანამატ სასობიტის გამოყენება, მწრამობლის მიერ მოწოდებული სავარაუდო დოზირებების ფარგლებში. ლაბორატორიული შერევა განხორციელდა სპეციალური შემრევის გამოყენებით, რომელიც უზრუნველყოფს ნებისმიერი ზომისა და დანამატის ფორმის ბიტუმთან ერთგვაროვან შერევას.

ნიმუშის სწორად შერევისთვის ავიღეთ 1000გრამი ბიტუმი, რომელიც მოვათავსეთ სპეციალურ გამაცხელებელზე და დავიწყეთ ბიტუმის მოდიფიცირება, მიღებული შედეგები იხილეთ ქვემოთ.

ცხრილი 9

**სასობიტით მოდიფიცირებული ბიტუმის შედეგები**

ცდის სახეობა	სტანდარტული ბიტუმი 50/70	სას0.5%	სას.1%	1.5%	სას.2%
პენეტრაცია, 25°C	57	55	51	41	34
დარბილების ტემპერატურა, ბურთულა და რგოლი°C	51	52	61	68	75
ყინვისას ბზარწარმოქმნა, °C	-10	-10	-9	-8	-7
ელასტიურობის აღდგენა	0	0	0	0	0

ცხრილ 9 -ზე გამოყენებულ იქნა სტანდარტული ბიტუმისა და დანამატ ელვალის გამოყენება, მწრამობლის მიერ მოწოდებული სავარაუდო დოზირებების ფარგლებში: 0.5—2%

გამომდინარე იქიდან, რომ ელვალის წარმოადგენს ელასტიურ მოდიფიკატორს, სასობიტისგან განსხვავებით, მისი ბიტუმთან შერევას ჭირდება გაცილებით მაღალი ტემპერატურა და შერევის ხანგრძლივი დრო, ასევე შემრევის სპეციალური საფუძვლით უზრუნველყოფა, რომელიც მის ელასტიურ წვრილ

ნაწილაკებს გაფრქვევის სახით დააქუცმაცებს და შემდგომ მოხდება მისი ბიტუმთან ბოლომდე გახსნა.

ცხრილი 10

**ელვალლით მოდიფიცირებული ბიტუმის შედეგები**

ცდის სახეობა	სტანდარტული ბიტუმი 50/70	ელვ.0.5%	ელვ.1%	ელვ.1.5%	ელვ.2%
პენეტრაცია, 25°C	57	57	55	41	36
დარბილების ტემპერატურა, ბურთულა და რგოლი°C	51	51	53	58	63
ყინვისას ბზარწარმოქმნა, °C	-10	-10	-10	-13	-14
ელასტიურობის აღდგენა,%	0	3	20	45	70

ცხრილ 11 -ზე გამოყენებულ იქნა სტანდარტული ბიტუმისა და სბს პოლიმერის გამოყენება, მწრამოებლის მიერ მოწოდებული სავარაუდო დოზირებების ფარგლებში: 3-5%

გამომდინარე იქიდან, რომ სბს დანამატი მისი შემადგენლობით სრულად განსხვავებულია, იგი ელვალლიზე მეტად რთულად დასამუშავებელია. მასში დანამატის თავისებურებიდან - მოლეკულური ჯაჭვისა და მოდიფიცირების საუკეთესო მაჩვენებლიდან გამომდინარე, სბს დანამატს ელვალლისა და სასობიტზე მეტი, დაახლოებით 2-3 საათამდე შერევის დრო დასჭირდა რათა მასალა ყოფილიყო სრულად ჰომოგენური. არევა მიმდინარეობდა 180°C ტემპერატურაზე. სბს-დანამატით მიღებული შედეგები, სხვადასხვა დოზის გამოყენებით აშკარად ადასტურებს იმას, რომ განსხვავებით ელვალლისა და სასობიტისგან, სბს-დანამატის სხვადასხვა დოზირებების შემთხვევაში შედეგები როგორც პენეტრაციის, დარბილების, ყინვისა და ელასტიურობის თვალსაზრისით საგრძნობლად იცვლება. შესაბამისად, მნიშვნელოვანია არსებობდეს და პრაქტიკულად გამოიყენებოდეს პოლიმერ-მოდიფიცირებული ბიტუმისათვის ტექნიკური მოთხოვნები.

## სბს-ით მოდიფიცირებული ბიტუმის შედეგები

ცდის სახეობა	სტანდარტული ბიტუმი 50/70	SBS 3%	SBS 3.5%	SBS 4%	SBS 4.5%
პენეტრაცია, 25°C	57	53	50	48	45
დარბილების ტემპერატურა, ბურთულა და რგოლი°C	51	54	57	61	67
ყინვისას ბზარწარმოქმნა, °C	-10	-12	-14	-16	-20
ელასტიურობის აღდგენა,%	0	40	50	71	83

ლაბორატორიული კვლევების ჩატარების შედეგად მიღებული შედეგების განსჯისას, აუცილებელია გავითვალისწინოთ ის ფაქტი, რომ ნებისმიერი დანამატით ბიტუმის გამდიდრება შეიძლება ჩაითვალოს მოდიფიცირებად, თუმცა მნიშვნელოვანია და აუცილებლად გასათვალისწინებელია ის ფაქტი, თუ რა ტიპის მოდიფიცირებას ვუწოდობთ „მოდიფიცირებულ ასფალტს“.

სასობიტით მოდიფიცირებამ გვაჩვენა, რომ დანამატი უზრუნველყოფს მხოლოდ დარბილების ტემპერატურის გაზრდას - ბიტუმის ამგვარი მოდიფიკაციით შესაძლებელია გაიზარდოს მხოლოდ ტემპერატურის მიმართ დატვირთვების მედეგობა, თუმცა მხოლოდ სასობიტით მოდიფიცირებული ბიტუმი არ ნიშნავს, რომ გვაქვს პოლიმერ მოდიფიცირებული ნიმუში მიღებული. ასევე საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ სასობიტით დარბილების ტემპერატურის ზრდა იწვევს ნიმუშის ყინვის მიმართ მედეგობის შემცირებას. მიუხედავად იმისა, რომ დარბილების მაჩვენებელი იზრდება, რაც გვადლევს იმის შესაძლებლობას, რომ ამგვარი მოდიფიცირებით დამზადებულმა ასფალტბეტონმა გაცილებით მაღალ ტემპერატურაზე გაუძლოს დატვირთვებს და არ მოხდეს მასზე სხვადასხვა დაზიანებების წარმოქმნა, მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ სასობიტი ვერ უზრუნველყოფს ბიტუმისათვის ელასტიურობის მაჩვენებლის გაზრდას,

შესაბამისად, როგორც სტანდარტულ შემთხვევაში, აღნიშნული სახით სახეცვლილს ბიტუმს არ აქვს უნარი დატვირთვებით მიღებული შეკუმშვისგან აღიდგინოს და დაუბრუნდეს პირვანდელ სახეს.

ელვალის მოდიფიცირებით მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე ირკვევა, რომ მწარმოებლის მიერ რეკომენდირებული დოზებით დამზადებისას, მაქსიმალური 2%-იანი დოზით შერევისას სტანდარტულ ბიტუმს შეეძინა განსაკუთრებული თვისებები. დარბილების ტემპერატურა 0.5% და 1% ის შემთხვევაში, ასევე მისი პენეტრაციისა და ელასტიურობის მაჩვენებლები თითქმის არ შეცვლივა. 1.5%-იდან 2%-მდე ელვალის დამატებით დარბილების ტემპერატურამ, ასევე ყინვის მიმართ მგრძობელობამ მოგვცა ცვლილებები, მათ შორის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი - ელასტიურობის აღდგენა 70%. გამომდინარე იქიდან, რომ აღნიშნული მაჩვენებლებით ელვალის ცვლის, მაგრამ ვერ აკმაყოფილებს საერთაშორისო მოთხოვნებს, დამატებითი კვლევები ჩავატარეთ და ელვალისა და სბს-ის ნიმუშები გავაგზავნეთ ავსტრიაში, საერთაშორისო გამოცდილების სამშენებლო საგამოცდო ლაბორატორია - შპს „Nivelt Engineer GmbH“-ში მისი დამატებითი კვლევებისათვის. მიღებული შედეგები გამოიყურება შემდეგნაირად:

**ცხრილი 12**

ავსტრიაში ჩატარებული ექსპერიმენტი #1

ცდის დასახელება	გამოცდის მეთოდი	მაჩვენებელი	ტექნიკური მოთხოვნა, კმბ	სტანდარტული ბიტუმი 70/100, შედეგი
პენეტრაცია	EN 1426	[0,1mm]	45-80	88
დარბილების ტემპერატურა	N 1427	[°C]	≥65	45
ბზარწარმოქმნა, ფრაასი	N 12593	[°C]	≤ -18	--12
ელასტიურობის აღდგენა	EN 13398	%	≥ 80	0
კომპლექსური მოდული	EN 14770	[kPa]	არ აქვს	972
ფაზური კუთხე	EN 14770	[°]	არ აქვს	87

ავსტრიაში ჩატარებული ექსპერიმენტი #2 - 2% ელვალის გამოყენებით

ცდის დასახელება	გამოცდის მეთოდი	მაჩვენებელი	ტექნიკური მოთხოვნა, კმბ	2% ელვალი და ბიტუმი 70/100, შედეგი
პენეტრაცია	EN 1426	[0,1mm]	45-80	72
დარბილების ტემპერატურა	N 1427	[°C]	≥65	54,6
ბზარწარმოქმნა, ფრაასი	N 12593	[°C]	≤ -18	-18
ელასტიურობის ააღდგენა	EN 13398	%	≥ 80	57
კომპლექსური მოდული	EN 14770	[kPa]	არ აქვს	1575
ფაზური კუთხე	EN 14770	[°]	არ აქვს	75

ავსტრიაში ჩატარებული ექსპერიმენტი #3 - 4% სზს-ის გამოყენებით

ცდის დასახელება	გამოცდის მეთოდი	მაჩვენებელი	ტექნიკური მოთხოვნა, კმბ	4% სზს და ბიტუმი 70/100, შედეგი
პენეტრაცია	EN 1426	[0,1mm]	45-80	57
დარბილების ტემპერატურა	N 1427	[°C]	≥65	82,2
ბზარწარმოქმნა, ფრაასი	N 12593	[°C]	≤ -18	-20
ელასტიურობის ააღდგენა	EN 13398	%	≥ 80	96
კომპლექსური მოდული	EN 14770	[kPa]	არ აქვს	4075
ფაზური კუთხე	EN 14770	[°]	არ აქვს	61

მიღებული შედეგების გაანალიზების შედეგად, გამოვლინდა რომ მიუხედავად იმისა რომ ელვალთი ცვლის ბიტუმში თითქმის ყველა პარამეტრს, იგი

ვერ უზრუნველყოფს როგორც ელასტიურობის, ისე კომპლექსური მოდულის ისეთ მაჩვენებლებს, როგორც სხს დანამატი. შესაბამისად, საქართველოსა და ავსტრიაში ჩატარებული ექსპერიმენტების შედეგად, ერთმნიშვნელოვნად დგინდება, რომ ოპტიმალურ მოდიფიკატორად უნდა ჩაითვალოს სხს-დანამატი.

სხს პოლიმერის გამოყენებისას, ბიტუმში წარმოქმნილი მოლეკულური ჯაჭვები ქმნიან ისეთ სტრუქტურას, რომ დანამატით შესაძლებელი ხდება პოლიმერ-მოდიფიცირებული ბიტუმის იმგვარად სახეცვლილება, რომ დააკმაყოფილოს საერთაშორისო სტანდარტი პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმების მიმართ. მასში წარმოქმნილი ელასტომეტრების საშუალებით, სამოსის ფენას ენიჭება საკმაოდ ძლიერი მედეგობა როგორც მაღალ ტემპერატურაზე მოძრაობის ინტენსივობისას, ისე ელასტიურობის აღდგენის თვალსაზრისით, რაც შემდგომში გულისხმობს, რომ სტანდარტული ბიტუმისგან განსხვავებით, პოლიმერ-მოდიფიცირებულ ბიტუმი შეკუმშვის შემდგომ უბრუნდება მის საწყის მდგომარეობას, რაც საგზაო სამოსის მდგრადობას და მის საექსპლუატაციო ვადას რამდენჯერმე ზრდის.

საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ სინთეტიკური და სხვა ქიმიური დანამატებისგან განსხვავებით, რომელთა არევა ჩვეულებრივ ბიტუმის შემრევიან ავზშია შესაძლებელი 160-170 გრადუსზეც კი, სხს პოლიმერის გამოყენებას ჭირდება როგორც არევის პროცესში ტემპერატურის ზრდა 20-30 გრადუსით, ისე არევის რამდენიმე საათიანი უწყვეტი პროცესი, რაც უფრო ზუსტად დამოკიდებულია გამოსაყენებელი დანამატის გრანულატის ზომასა და შემადგენლობაზე. გარდა ამისა, აუცილებელია ბიტუმის ავზი აღჭურვილი იყოს სპეციალური საფქვაკი მილით, რომელში გავლის შემდეგაც სხს ნაწილაკები დაფქვისა და მაღალი წნევით მიწოდების შედეგად ფორმირებიან ძალიან წვრილ ნაწილაკებად, რომელთა შემდგომ ბიტუმთან არევა და მთლიანი ჰომოგენური მასის მიღება რამდენიმე საათიანი უწყვეტი არევის შემდეგაც შესაძლებელი. ვინაიდან სხს-დანამატს ყავს სხვადასხვა მწარმოებლები, მისი სამშენებლო

პროცესში გამოყენებისას სხვადასხვა სირთულეებთან ერთად, მნიშვნელოვანია განისაზღვროს მისი შენახვის სტაბილურობა, კერძოდ გაციებისა და შემდგომ ხელმეორედ გაცხელების შემთხვევაში თუ რა სახის ცვლილებებია მოსალოდნელი.

## **2.4 ასფალტბეტონის საფარზე გამოწვეული დაზიანებების იდენტიფიცირება, შეფასება და მათი გაუმჯობესება**

არსებული მდგომარეობის შეფასება, დაზიანების გამოწვევა და პროგნოზირება წარმოადგენს აქტუალურ პრობლემას, ვინაიდან საგზაო სამოსზე დაზიანებები შესაძლებელია გამოწვეული იყოს სხვადასხვა მიზეზებიდან გამომდინარე. დაზიანებული უბნის შეფასებისას, განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია სწორად იქნეს დადგენილი მიზეზი, თუ რამ გამოიწვია დაზიანება. მისი აღმოფხვრა, ასევე მისი შეკეთების თანამედროვე ტექნოლოგიები ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორებია ჩასატარებელი სამუშაოების სწორად დაგეგმვისა და ჩატარებისთვის.

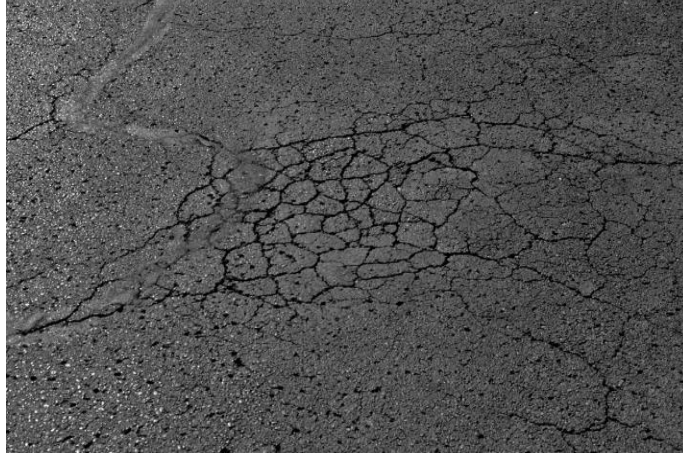
არახისტ საგზაო სამოსებზე წარმოიქმნება შემდეგი სახის დაზიანებები

- გრძივი ბზარები
- ბადისებრი ბზარები
- დეფორმაცია
- დაშლა
- შეჭიდულობის შემცირება
- ჩაღრმავებები ე.წ. კალიები
- ცვეთა

ზოგადად, ყოველივე ზემოთ ჩამოთვლილი დაზიანებები განსაკუთრებით ასფალტბეტონის ფენის შემთხვევაში წარმოიშვება რიგი მიზეზების გამო, ძირითადად ესენია:

- დატვირთვები ინტენსივობის შედეგად
- გარემო და კლიმატური პირობები
- წყალაცილება
- მასალის ხარისხის პრობლემები
- მშენებლობის ნაკლოვანებები

- მშენებლობის პროცესში დაშვებული შეცდომები და ა.შ.  
ასფალტბეტონის გზაზე შესაძლებელია წარმოიშვას სხვადასხვა ტიპის ბზარები, რომლებიც ასევე იყოფა ქვე სახეობებად.



ნახაზი 19. ბადისებრი ბზარები ( Alligator Cracking)



ნახაზი 20. გრძივი ბზარები



ნახაზი 21. განივი ბზარები



ბადისებრი ბზარები ნიშნავს ზედაპირზე წარმოქმნილ ბზარებს, რომლებიც გამოწვეულია განმეორებითი დატვირთვების შედეგად გამოწვეული მარცვლებს შორის გადაადგილებით და შემდგომ დაშლით, რაც ხშირ შემთხვევაში გამოწვეულია ასფალტბეტონის ნარევის ან საფუძვლის უხარისხობის შედეგად, არასაკმარისი კონსტრუქციის სისქით, ზედმეტი დატვირთვებით ან ჩამოთვლილი ფაქტორების ერთიანობით. ორი ტიპის ბზარებიდან, „ზემოდან ქვემოთ“ - ანუ საფარის ზედაპირიდან საფუძვლამდე ან პირიქით, რომლის დასადგანადაც აუცილებელია ლაბორატორიული ნიმუშების ამოღება და დათვალიერება.

გრძივი და განივი ბზარები შესაძლებელია განვითარდეს რიგი მიზეზების გამო, რომელიც მოიცავს როგორც საფუძვლის დაბალხარისხს, ასევე კლიმატურ პირობებს, განსაკუთრებით ყინვას. ბზარები ხშირად ვითარდება ორზოლიანი სამოსის შეერთების ნაკერში, და ხშირ შემთხვევაში პარალელურად მიუყვება სამოსის შეერთების ადგილს. იგი შესაძლებელია გამოწვეულ იქნას როგორც საცვეთი, ისე ქვესაგები ფენების ნაკერებიდან გამომდინარე, რომლის არ აღმოფხვრის შემთხვევაში, საავტომობილო გზის მთლიან სამოსში ჩავა წყალი და მოხდება როგორც საფუძვლის გამოფიტვა, ისე გაყინვა გალღობის პროცესში გზის სრულად დაზიანება.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან გამომდინარე, აუცილებელია დადგინდეს პირველ რიგში ბზარის გამომწვევი მიზეზი, ხოლო შემდგომ მოხდეს მისი მოვლა-შენახვის სამუშაოები, რაც ხშირ შემთხვევაში გულისხმობს ბზარის ზომების დადგენას, მის შეფასებას, შემდგომ მის ამოწმენდას და სპეციალური თხევადი ხსნარით მის შევსებას, რათა მოხდეს საფუძვლის დაცვა წყლის ჩადინებისგან.

დეფორმაცია - დეფორმაცია შესაძლებელია გამოხატული იყოს როგორც ე.წ. საფარზე წარმოშობილი ნაკვალევებით, ასევე საფუძვლის ან მიწის ვაკისის არამდგრადობით. დეფორმაციის დროს, შესაძლებელია მოხდეს გზის ნიშნულების შესამჩნევი ცვლილება, ამობურცვა, ჩაღრმავება და ზოგ შემთხვევაში ბზარების გაჩენაც.

საცვეთი ფენის დაშლა და შემდგომ მასზე წარმოქმნილი ორმოები - აღნიშნული დაზიანება განსაკუთრებით შესამჩნევი და თვალსაჩინო გახდა საქართველოში XXI საუკუნის დასაწყისში. მისი გამომწვევი ძირითადი მიზეზი

არახისტი, განსაკუთრებით ასფალტბეტონის საფარების შემთხვევაში შესაძლებელია იყოს არასაკმარისი სიმკვრივე, რომელიც xx საუკუნის 80-იანი წლებიდან მოყოლებული, საშუალო სტატისტიკური მონაცემებისა და მოძიებული ინფორმაციის მიხედვით, საშუალოდ შეადგენდა 2000-2150კგ/მ<sup>3</sup>. აღნიშნული გამოწვეული იყო იქიდან გამომდინარე, რომ ასფალტბეტონის ფიზიკო-მექანიკური თვისებებითა და მისი ექსპლუატაციისთვის საჭირო ტექნიკური მოთხოვნებით ვერ ხდებოდა დამატებით საჭირო პარამეტრებისა და ოპტიმალური ნარევის შეფასების მეთოდოლოგია, რაც საბოლოო ჯამში აისახებოდა შესრულებული სამუშაოს ხარისხზე. როდესაც მასალის საშ.მოცულობით მასა შეადგენს 2150 კგ/სმ<sup>3</sup>, საშუალოდ 1000 კილოგრამ ნარევი 60 კილოგრამი შემკვრელი ბიტუმის პირობებში, მისი მაქსიმალური სიმკვრივე იქნება 2400-2440 კგ/სმ<sup>3</sup>-ს. მაგალითისთვის გამოვიყენოთ შემდეგი ფორმულა.

$$V = \left( 1 - \left( \frac{2150}{2440} \right) \right) * 100$$

სადაც:

V - არის ფორიანობა, %

2150 - ასფალტბეტონის საშ.მოცულობითი მასა , კგ/სმ<sup>3</sup>

2440 - ასფალტბეტონის მაქსიმალური სიმკვრივე, კგ/სმ<sup>3</sup>

მიღებული შედეგებით გამომდინარეობს, რომ მასალის ფორიანობა საცვეთი ფენის შემთხვევაში, სადაც საკმაოდ დიდი რაოდენობით შემკვრელია გამოყენებული შეადგენს 11,8%-ს, რაც საცვეთი ფენის შემთხვევაში საკმაოდ მაღალია და მიუთითებს იმას, რომ საჭირო სიმკვრივე ვერ იქნა მიღწეული, რაც შემდგომში გამოიწვევს ზუსტად დაშლას და ორმოების გაჩენას.

ჩაღრმავებები - ე.წ. კალიები(იხ. ნახაზი 22)

როგორც ზემოთ განვიხილეთ, არასაკმარისი სიმკვრივის შედეგად შესაძლებელია როგორც დატვირთვებისას, ისე გაღობა-გაყინვის პროცესში მოხდეს საგზაო სამოსის დაშლა და მასზედ ორმოების წარმოქმნა. ქვემოთ მოცემულ ნახაზზე ნაჩვენებია წინა პრობლემის აღმოფხვრის შემდეგ, წარმოჩენილი ახალი სახის პრობლემები, რომლებიც დღეს საკმაოდ აქტუალურია საქართველოში როგორც საერთაშორისო, ისე დედაქალაქის ცენტრალურ გზებზე.

იმის გათვალისწინებით, რომ ქვეყანაში არ არის მოწესრიგებული სამშენებლო ნორმები და მშენებლებშიც არ არის ხარისხის მნიშვნელობა ბოლომდე შეცნობილი, ხშირად ისინი ყოველგვარი ექსპერიმენტებისა და რეცეპტების გარეშე ახორციელებენ ნარევი ბიტუმისა და შემკვრელის ტრადიციულად დამკვიდრებული რაოდენობებით შევსებას, რაც საბოლოო ჯამში იძლევა არასასურველ შედეგს.



**ნახაზი 22. საავტომობილო გზაზე გაჩენილი ე.წ. “ნაკვალევები“**

მსგავსი ტიპის დაზიანებები განსაკუთრებით სახიფათოა მგზავრთა უსაფრთხო გადაადგილებისთვის. მაგალითად თუ წარმოვიდგენთ მაღალი კატეგორიის გზას, სადაც დასაშვები სიჩქარე შეადგენს 110კმ/სთ-ს და ვმოძრაობთ გარკვეული მიმართულებით, მშრალ ამინდშიც კი სწორი ზედაპირიდან არსებულ ჩაღრმავებაში ავტოსატრანსპორტო საშუალების საბურავის მოხვედრამ შესაძლებელია გამოიწვიოს სერიოზული ავტოსაგზაო შემთხვევა, რომელიც ასევე საშიშია ადამიანის სიცოცხლისათვის. განსაკუთრებით სახიფათოა მსგავსი ჩაღრმავებები როდესაც ნალექიან ამინდში მასში გროვდება წყალი - ყოველივე ამან შესაძლებელია გამოიწვიოს ავტოსატრანსპორტო საშუალებისათვის წონასწორობის დაკარგვა, გზიდან გადავარდნა, ამოყირავება და ა.შ.

არსებობს ნაკვალევის გაჩენის სხვადასხვა მიზეზები - მაგალითად მიწის ვაკისში დატვირთვების შედეგად გადაცემული მძვებით გამოწვეული ჩაღრმავებები, გამომდინარე სუსტი გრუნტიდან, საფუძვლის ფენიდან და სხვა. თუმცა, ბოლო პერიოდში მსგავსი ტიპის დაზიანებები ხშირ შემთხვევაში გამოწვეულია ასფალტბეტონის ნარევის ფიზიკო-მექანიკური თვისებებიდან

გამომდინარე. მაგალითისთვის შეგვიძლია მოვიყვანოთ სენაკი-ფოთი-სარგის მონაკვეთზე, განსაკუთრებით ყულევის ტერმინალის გადასახვევამდე და მის გაგრძელებაზე წლების წინ შესრულებული საავტომობილო გზის რეაბილიტაცია, სადაც ობიექტი დაყოფილი იყო ორ მონაკვეთად. მიუხედავად სუსტი გრუნტის ორმაგი სტაბილიზაციისა, სენაკიდან ფოთის მიმართულებით, ჭალადიდის ტერიტორიაზე განსაკუთრებული დატვირთვებიდან გამომდინარე გზის გარკვეულ მონაკვეთზე წარმოიშვა მსგავსი ტიპის დაზიანებები - ე.წ.კალიები.

მიუხედავად იმისა, რომ მიღებული ფიზიკო-მექანიკური თვისებებიდან რაიმე საგანგაშო მდგომარეობა არ იკვეთებოდა, და მაგალითად სრულად აკმაყოფილებდა „TL-Asphalt StB” გერმანულ ტექნიკურ მოთხოვნებს, სადაც ფორიანობის მოთხოვნა შეადგენს არაუმეტეს 10%-ს, ხოლო შემკვრელის(ბიტუმის) რაოდენობა Bmin-4%-ს და აღნიშნული საფარი აკმაყოფილებდა როგორც ამ , სხვა ძირითად მოთხოვნებს, მაინც წარმოიშვა საკმაოდ ღრმა ნაკვალევები. გამოკვლეული მასალების შედეგებით, დადგინდა, რომ როგორც საცვეთი, ისე ქვედა ფენის ნარევი იყო მოწყობილი ნორმების შესაბამისად. სიმკვრივე ქვედა ფენის შემთხვევაში შეადგენდა საკმაოდ მაღალს, ანუ მასალა იყო კარგად ტკეპნადი და მკვრივი. ასევე საბჭოთა კავშირის ნორმების შესაბამისად, სიმტკიცის მაჩვენებელი ასფალტბეტონის ნარევისთვის ნაწილობრივ კავშირშია მასალის სიმკვრივესთან, შესაბამისად სიმტკიცის მაჩვენებელიც აკმაყოფილებდა მოთხოვნილ ნორმებს. ლაბორატორიულმა შედეგებმა გვაჩვენა, რომ ასფალტბეტონის ნიმუშებიდან მიღებული ფორიანობის პროცენტული მაჩვენებელი, ქვედა ფენის საფარის შემთხვევაში შეადგენდა 3-4%-ის ფარგლებში, რაც ნიშნავს, რომ მასალა არის ზედმეტად მკვრივი, ხოლო დატვირთვების შედეგად მას არ აქვს უნარი დრეკადობის და ელასტიურობის, შესაბამისად ზედმეტი სიმკვრივის შედეგად, სხვა ყველა პარამეტრის დაკმაყოფილების შემთხვევაშიც კი, არსებობს მაღალი რისკი იმისა, რომ არსებულ ან რეაბილიტირებულ გზაზე წარმოიშვას მსგავსი ტიპის სახიფათო პრობლემები, რომლის პროგნოზირება, აღმოფხვრა და განსაზღვრა შესაძლებელია მხოლოდ სწორი მასალების, ოპტიმალური რეცეპტისა და ხარისხიანად შესრულებული სამუშაოების წარმართვით, რომლისთვისაც სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია

თანამედროვე, შესაბამისი კლიმატური პირობების მიხედვით ქვეყანაზე მორგებული სამშენებლო ნორმები და წესები, სადაც გათვალისწინებული იქნება ყველა ის საფრთხის შემცველი ფაქტორები, რომლებიც ზემოქმედებას ახდენენ მსგავსი ტიპის დაზიანების წარმოქმნაზე.

ჩაღრმავებები საკმაოდ ხშირად გვხვდება დედაქალაქშიც, განსაკუთრებით მას შემდეგ, რაც ცენტრალურ ქუჩებზე გამოიყო ავტობუსის ზოლები და მოეწყო გაჩერებები. განსაკუთრებულ დაზიანებებს ვხვდებით ავტობუსის გაჩერებამდე, როდესაც შენელების შედეგად სრულ გაჩერებამდე განსაკუთრებით მაღალი დატვირთვები გადაეცემა სამოსს.

## 2.5 ასფალტბეტონის შემადგენლობა და საექსპლუატაციო ვადის გაზრდის თანამედროვე მეთოდები

ტრადიციული ასფალტბეტონისა და სტანდარტული ბიტუმის გამოყენებით, მაშინაც კი, თუ მისი ფიზიკო მექანიკური თვისებები დააკმაყოფილებს საერთაშორისო მოთხოვნებს, დროთა განმავლობაში დატვირთვიდან გამომდინარე ყოველთვის მოსალოდნელია ავტობუსის გაჩერება და სხვა ინტენსიურ გზებზე.წ. ნაკვლავების გაჩენა, არსებულ პრობლემას მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში სხვადასხვა მეთოდებით ებრძვიან, რომელთა გაუმჯობესება და განვითარებაც ყოველწლიურად მიმდინარეობს.

ასფალტბეტონის საფარის შემთხვევებში, მსგავსი დაზიანების პრევენციის მიზნით, განსაკუთრებულად მნიშვნელოვანია ასფალტბეტონის საპროექტო სიმაღლის და ჩონჩხის საკმაოდ ძლიერი სტრუქტურის შერჩევა, საჭიროების შემთხვევაში მისი ისეთი დანამატებით გაძლიერება, რომლებიც საგრძნობლად გაზრდის საგზაო საფარის დატვირთვების მიმართ მედეგობას.

ევროპული ნორმატივების მიხედვით, ასფალტბეტონის საცვეთი ფენის შემთხვევაში, საჭირო ფენილის სისქის მიხედვით იყოფა რამდენიმე სახეობად, რომლის მაქსიმალური ზომა შესაბამისი ოპტიმალური გრანულომეტრიის ზღვრებით განსაზღვრავს ა/ბეტონის ტიპის გამოყენებას ფენილის სისქესთან მიმართებაში, რაც ასევე საკმაოდ მნიშვნელოვნად არის წინასწარ შესაფასებელი, რათა განისაზღვროს ოპტიმალური ნარევის შერჩევა.

როგორც ცხრილი 15-დან ჩანს, ასფალტბეტონის ნარევი გამოყენებული მაქსიმალური ქვის ზომა 2.5-ჯერ ნაკლები უნდა იყოს სამოსის საპროექტო სიმაღლეზე, რათა შემკვრივებისას არ მოხდეს ასფალტის დაშლა და ორი ქვის ერთდროულად მოხვედრის შემთხვევაში არ გამოიწვიოს შემდგომი დაზიანება. იმ შემთხვევაში, თუ მაგალითად 16 მმ-იანი მაქსიმალური ზომის ნარევით მოხდება 3 სანტიმეტრიანი ფენის მოწყობა, გარდა ექსპლუატაციისას მიღებული დაზიანებებისა, ფიზიკურად ვერ მოხერხდება საფარის იმ დონეზე დატკეპნა, რომელიც შემდგომ უზრუნველყოფს მედეგ ფენას[31].

ცხრილი 15

ქვის მაქსიმალური ზომისა და ფენილის სისქის კავშირი

ა/ბეტონის ნარევის ტიპი	ფენილის სისქე
AC8DS	2-3 სმ
AC11DS	3-4სმ
AC16DS	4-5სმ

არსებობს ასფალტის ნარევის გაძლიერების(მოდიფიცირების) სხვადასხვა მეთოდები, რომლითაც შესაძლებელია საჭიროებიდან გამომდინარე ოპტიმალური დანამატებით მისი გამდიდრება. მსოფლიოს წამყვან ქვეყნებში ე.წ. კალიების გაჩენის პრევენციის მიზნით აქტიურად მიმდინარეობს ლორლოვან-მასტიკური და პოლიმერ-მოდიფიცირებული-ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონის ნარევები, რომლებიც კვლევებისა და გამოცდილების შედეგად ამტკიცებს, რომ არსებული ტექნოლოგიების გამოყენება საგრძნობლად აუმჯობესებს საფარის საექსპლუატაციო ვადას.

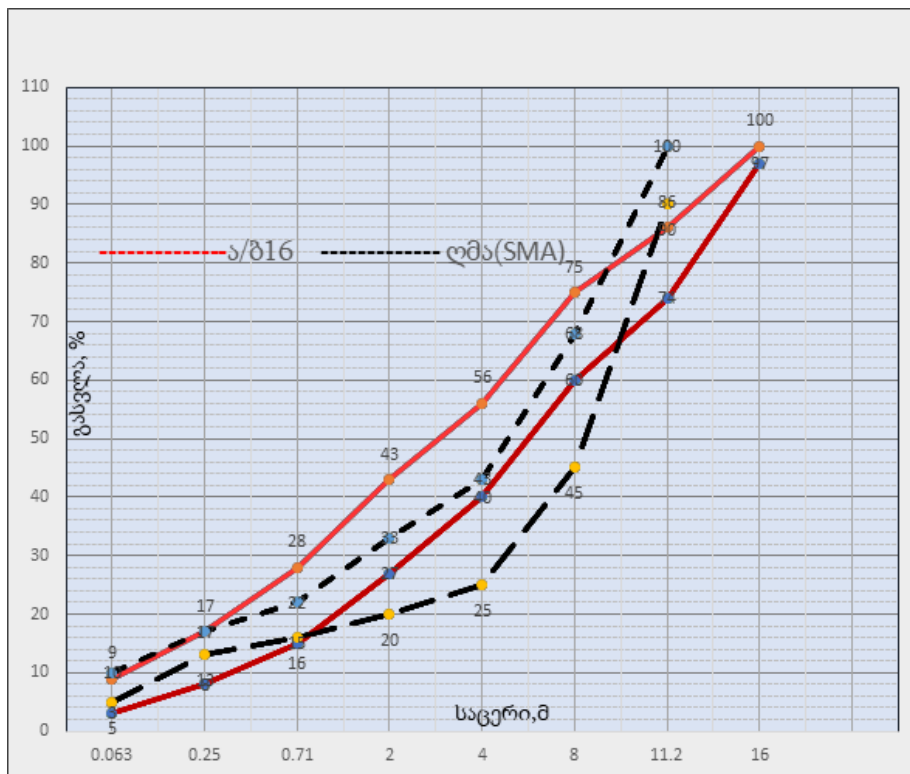
ასფალტბეტონი შედგება შემდეგი მასალებისგან:

- მინერალური შემკვრელი(ფილერი)
- ბუნებრივი ქვის მტვერი
- ქვიშა
- ფრაქციული ლორღი
- ბიტუმი

ოპტიმალური ნარევის მისაღებად, პირველ რიგში საჭიროა ინერტული მასალების გამოკვლევა და მათი შესაბამისობის დადგენა თანამედროვე მოთხოვნებთან, რომლის შემდეგაც საჭიროა ოპტიმალური დოზირებით მაქსიმალური ხარისხის მიღება.

როგორც ზემოთ ავღნიშნეთ, დაზიანების პრევენციის მიზნით აქტუალური ხდება ღორღოვან მასტიკური და კმბ.ასფალტბეტონების გამოყენება.

ღორღოვან მასტიკურ ასფალტბეტონში, ღორღის წილი წარმოადგენს 70-80%-ს, ხოლო ქვიშა 20-30%-ს. სტანდარტული ასფალტბეტონის შემთხვევაში კი ღორღის რაოდენობა 50-60%-ია, შესაბამისად ქვიშა 40-50 პროცენტს. ქვემოთ ნახაზ23 - ზე ნაჩვენებია სტანდარტული ასფალტისა და ღორღოვან მასტიკური ასფალტების შემადგენლობების გრაფიკი, სადაც შეგვიძლია დავინახოთ მათ შორის განსხვავება:



ნახაზი 23. სტანდარტული და ღორღოვან-მასტიკური ასფალტბეტონი

ღორღოვან მასტიკური ასფალტი, რომელიც განსაკუთრებული ინტენსივობის გზებზე გამოიყენება, აქვს ძალიან დიდი უპირატესობა სხვა ტიპის ასფალტის ნარევებთან მიმართებაში, თუმცა ასევე აქვს უარყოფითი მხარეები:

დადებითი მხარეები:

- 30-40 %ით იზრდება გზის საექსპლუატაციო ვადა
- აქვს მასალების კარგი შეჭიდულობა
- მასალაში ღორღის მაღალი შემცველობიდან გამომდინარე, იზრდება საბურავსა და მასალას შორის შეჭიდულობა, რომელიც განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სველ ამინდში
- ნარევის ფაქტურა საგრძნობლად ამცირებს ხმაურს
- უზრუნველყოფს ძლიერ, დატვირთვებისგან მედეგ საცვეთ ფენას
- მისი წარმოება შესაძლებელია ტრადიციული ასფალტბეტონის ქარხნის გამოყენებით
- მისი გამოყენება შესაძლებელია განსაკუთრებით მაღალი დატვირთვის გზებზე, სადაც მისი სტრუქტურა საგრძნობლად ზრდის მის მზიდუნარიანობას
- მისი საექსპლუატაციო ვადის გასვლის შემდეგ, შესაძლებელია 100%-ით მასალების ხელმეორედ გამოყენება

უარყოფითი ხარეები:

- ღორღოვან-მასტიკური ნარევის დამზადება მოითხოვს მაღალ ტემპერატურას სტანდარტული ასფალტბეტონისგან განსხვავებით
- გამომდინარე ბიტუმის მაღალი შემცველობიდან, 15-20-% ით ძვირი ჯდება
- შესაძლოა სამუშაოების დასრულების შემდეგ მოძრაობის გახსნის გადადება, იმიტომ, რომ აუცილებელია საფარი გაცივდეს 40°C-მდე, რათა თავიდან იქნეს აცილებული ბიტუმის ზედაპირზე ამოსვლა
- ბიტუმის ქვისგან განცალკევება



ნახაზი 24. ღორღოვან მასტიკური ასფალტის ფაქტურა



როდესაც ვსაუბრობთ მაღალ დატვირთვებზე, განსაკუთრებით ავტომაგისტრალზე, ღორღოვან-მასტიკური ასფალტის სიმკვრივიდან გამომდინარე, შესაძლებელია ეკონომიის თვალსაზრისით, ბიტუმისა და ფილერის დაახლოებით 1% ით ნაკლები დოზირებით, გამოვიყენოთ ჩვეულებრივი, სტანდარტული ასფალტი, მაგალითად AC16DS, თუმცა მისი საექსპლუატაციო ვადა და ძვრების მიმართ მდგრადობა გავზარდოთ ბიტუმის მოდიფიცირებით, რომელიც ასევე საკმაოდ აქტუალური და თანამედროვე ტექნოლოგიაა, რომელიც წლების მანძილზე იხვეწება და ვითარდება.

## **2.6. ლაბორატორიული ექსპერიმენტი სტანდარტული და პოლიმერ- მდიფიცირებული ბიტუმით დამზადებული ოპტიმალური ა/ბეტონის ნარევის ზეგავლენა საექსპლუატაციო მდგომარეობაზე**

ლაბორატორიული კვლევებით ბიტუმის მოდიფიცირებისას მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, შპს „კავკასიური ინფრასტრუქტურის ტექნოლოჯიას“ აკრედიტირებულ საგამოცდო ლაბორატორიაში ჩატარდა პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმისა და სტანდარტული ა/ბეტონის ნარევის დამზადება და შემდგომ მათი გამოცდა.

ექსპერიმენტული კვლევისთვის, გამოყენებული იქნა თერჯოლის ა/ბეტონის ქარხნიდან წარმოდგენილი ინერტული მასალები, ბიტუმი და პოლიმერ მოდიფიკატორი, რომელზე მიღებული შედეგებიდან შეგვიძლია წინასწარ გავაკეთოთ ანალიზი და გვქონდეს პროგნოზი იმისა, თუ როგორი ნარევის მოწყობით იქნება შესაძლებელი საერთაშორისო მნიშვნელობის მაგისტრალურ გზებზე უკეთესი შედეგის მიღება, რაც საგრძნობლად გაზრდის მის საექსპლუატაციო ვადას.

კვლევების საწყის ეტაპზე, გამოვიკვლიეთ ასფალტისათვის გამოსაყენებელი მასალების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ლოს ანჯელესის ტესტი სტანდარტის შესაბამისად ჩავატარეთ 4000გრამ ღორღი 10-18 ფრაქციაზე. მასალის წყალშთანთქმა და ფორმის ინდექსი ჩატარებულია როგორც ღორღის 5-10, ასევე 10-18 ფრაქციებზე და ცხრილში მოყვანილია საშუალო შედეგები. ქვიშის გამოცდის შედეგად მიღებული მაჩვენებელი - მტვროვანი და თიხოვანი

ნაწილაკების შემცველობა არ აღემატება იმ დასაშვებ მოთხოვნას, რომლითაც შესაძლებელია ნარევი წარმოიქმნას მოჭარბებული სიმკვრივისა და საფარზე ექსპლუატაციის პერიოდში ნაკვალევის გაჩენის შედეგად მიღებული დაზიანებები. ფრაქციებზე დამტვრეული და დაუმტვრეველი ნაწილაკების შემცველობა ჩატარდა ევროპული სტანდარტის შესაბამისად, მიღებული შედეგით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ ინერტულ მასალას აქვს საკმაოდ კარგი დამტვრევის ხარისხი, რაც ერთის მხრივ აადვილებს ნარევის დატკეპნას, მეორეს მხრივ ზრდის ძვრების მიმართ მედეგობას.

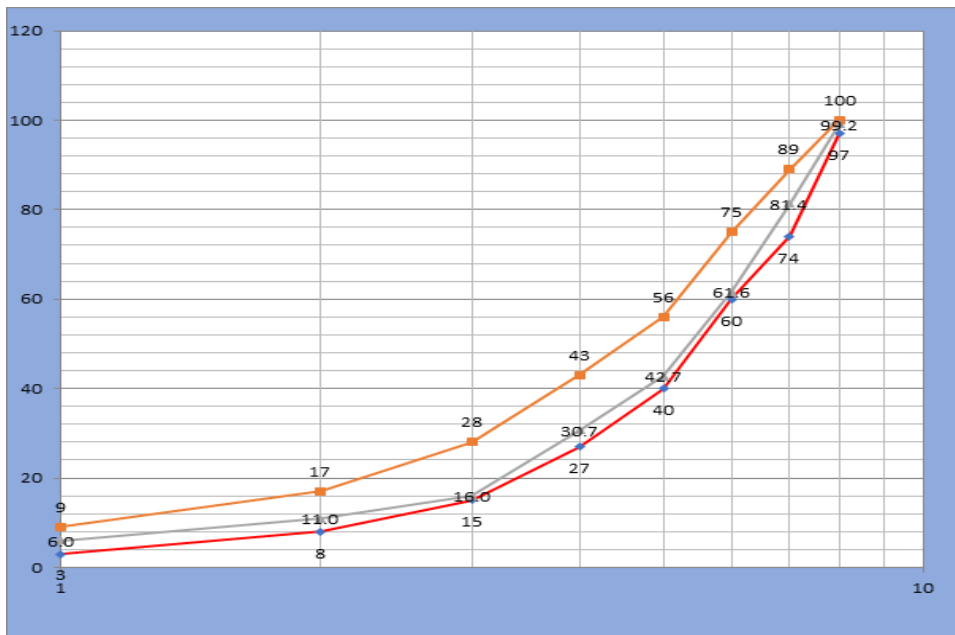
ცხრილი 16

**მასალების ფიზიკო-მექანიკური თვისებები**

დასახელება	გამოცდის შედეგი	ტექნიკური მოთხოვნა
მასალის ცვეთამედეგობა(LA),%	12	მაქს.20
მასალის წყალშთანთქმა, %	1.7	მაქს.2
ფორმის ინდექსი , SI(3:1),%	9	მაქს.15
მასალასა და ბიტუმს შორის მიკვრადობის განსაზღვრა, %	90	≥ 90
დამტვრეული ნაწილაკების შემცველობა, %	88	>80
მტვრისებრი და თიხისებრი ნაწილაკების შემცველობა - ქვიშის ინდექსი	69	SE60
მინერალური ფხვნილის 0.063მმ-იან საცერში გასვლა, %	82	მინ.70

მასალების კვლევით მიღებული დამაკმაყოფილებელი შედეგების შემდეგ, საცრული ანალიზის ჩატარების შემდგომ, მოხდა მათი ისეთი პროპორციული გადანაწილება, რათა ნარევი შექმნოდა ძლიერი ჩონჩხი(ნახაზი 25). ლაბორატორიული ექსპერიმენტისათვის ასფალტბეტონის გრანულომეტრიის

ზღვრები, შემდგომში ოპტიმალური ნარევის მისაღებად შეირჩა გოსტ 9128-2013 ის მიხედვით, რომელიც დღეის მდგომარეობით აღნიშნული სტანდარტის ბოლო, აქტიურ ვერსიას წარმოადგენს. წითელი და სტაფილოსფერი ხაზები განსაზღვრავს მის ზედა და ქვედა ზღვრებს, ხოლო ნაცრისფერი მიღებულ გრანულომეტრიას. რაც უფრო ქვევით არის ნარევის გრაფიკი, მიუთითებს იმას, რომ მასალაში არის ნაკლები შემავსებელი და არის მეტად ღორღოვანი. აღნიშნული ცდისათვის შერჩეულია წვრილმარცვლოვანი ღორღოვანი, ა ტიპის მარცვლოვანი შემადგენლობა.



ნახაზი 25. ოპტიმალური შემადგენლობის ასფალტბეტონი

ოპტიმალური გრანულომეტრიის ნარევის მიღების შემდგომ, მოხდა ასფალტის 2 ნარევის დამზადება სტანდარტული და შემდგომ მოდიფიცირებული ბიტუმის შერევებით.

ქვემოთ მოცემულ ნახაზებზე ნაჩვენებია ლაბორატორიულ ამრევში როგორც სტანდარტული ისე პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმით დამზადებული ასფალტბეტონის დამზადების პროცედურები:



ნახაზი 26. ასფალტის ნარევის არევა

ნახაზი 27. სბს პოლიმერის არევა

მიღებული ნარევების გამოცდა განხორციელდა ევროპული ნორმების გამოცდის მეთოდების მიხედვით. სტანდარტული ნარევის გამოცდის შედეგებით მივიღეთ შემდეგი სურათი:

**ცხრილი 17**

სტანდარტული ასფალტბეტონის გამოცდის შედეგები.

საშუალო მოცულობითი მასა, გ/სმ <sup>3</sup>	2,38	ენ 12697-6
ჭეშმარიტი(მაქსიმალური) სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>	2,47	ენ 12697-5
ნარჩენი ფორიანობა, %	3,5	ენ 12697-8
მდგრადობა მარშალის მიხედვით	15,3	ენ12697-34
დენადობა მარშალის მიხედვით	2,9	
სიხისტე	5,3	
ბიტუმის რაოდენობა	4,7	ენ 12697-1
მინერალური ჩონჩხის ფორიანობა, %	14,6	ენ 12697-8
მინერალური ჩონჩხის შევსებადობა, %	75,9	

მიღებული შედეგებით ა/ბეტონის ნარევი სრულად აკმაყოფილებს საერთაშორისო მოთხოვნების იმ პარამეტრებს, რაც მოცემულია სხვადასხვა ევროპულ თანამედროვე ტექნიკურ ნორმატივებში.

ქვემოთ მოცემული გვაქვს იგივე შემადგენლობით, მაგრამ პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმით გამოცდილი ა/ბეტონის შედეგები.

მიღებული ორი ნარევის შედეგებიდან ირკვევა, რომ ძირითადი მოცულობითი მაჩვენებლები დამაკმაყოფილებელია, მაგრამ პოლიმერმოდიფიცირებულის შემთხვევაში, მარშალზე გამოცდისას, სტაბილურობის მაჩვენებელი გაიზარდა, რაც იმას ნიშნავს რომ ასფალტბეტონის ნარევი მეტ ვერტიკალურ სტატიკურ დატვირთვას უძლებს, თუმცა ავტომობილის მოძრაობისას, საგზაო სამოსზე გადაიცემა დინამიური დარტყმები, რომლის მედეგობის მიმართ განსაზღვრა მხოლოდ ზემოთ მოცემული პარამეტრებით შეუძლებელია.

ცხრილი 18

4.5% სხს პოლიმერით დამზადებული ა/ბეტონის გამოცდის შედეგები

საშუალო მოცულობითი მასა, გ/სმ <sup>3</sup>	2,38	ენ 12697-6
ჭეშმარიტი(მაქსიმალური) სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>	2,47	ენ 12697-5
ნარჩენი ფორიანობა, %	3,6	ენ 12697-8
მდგრადობა მარშალის მიხედვით	22,7	ენ12697-34
დენადობა მარშალის მიხედვით	22,5	
სიხისტე	9,1	
ბიტუმის რაოდენობა	4,7	ენ 12697-1
მინერალური ჩონჩხის ფორიანობა, %	14,7	ენ 12697-8
მინერალური ჩონჩხის	75,3	

შეესებადობა, %		
----------------	--	--

იმის გათვალისწინებით, თუ რა ინტენსივობის საავტომობილო გზაზე გვიწევს ასფალტბეტონის მოწყობის სამუშაოები, მხოლოდ ზემოთ მოცემული პარამეტრების დაყრდნობით, გამომდინარე პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმის შემთხვევაში მის დამატებით დანახარჯებთან, რთულია იმის დადგენა, თუ რამდენად ეფექტურია პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმით ასფალტბეტონის დამზადება. გამომდინარე იქიდან, რომ მაგალითად ნორმატივების მიხედვით სტაბილურობის მინიმალური მაჩვენებელი შეადგენს >10კნ-ს[21,22].

იმის დასადგენად, თუ რა ეფექტს მოგვცემს სბს-პოლიმერით დამზადებული ასფალტბეტონი, გამოვიყენეთ კიდევ ერთი ევროპული ნორმა EN 12697-22 (დატვირთვა ბორბალზე), რომლისთვისაც 5სმ ნიმუშები დამზადდა 250 მმ-იანი დიამეტრის ცილინდრებში და მოხდა დიდი ზომის დანადგარზე(იხ.ნახაზი 28) მათი გამოცდა. აღნიშნული დანადგარი შექმნილია გერმანელების მიერ 1970 წელს და ახდენს 60°C-ზე გაცხელებულ ნარევის 5000N ბორბლის დატვირთვის ქვეშ სიმულაციას[23,24].





### ნახაზი 28. პოლიმერ მოდიფიცირებული ასფალტის გამოცდა კვალის გაჩენაზე

სტანდარტული ასფალტის ნარევის გამოცდის შედეგებით გამოვლინდა, რომ 20000 ციკლის დასრულების შემდეგ, პროპორციული ჩაღრმავების საშუალო პროცენტული მაჩვენებელი მივიღეთ  $P_i=4.8$  %, ხოლო სხს პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმის შემთხვევაში  $P_i=0.9$  %.

დამატებით ჩავატარეთ კვლევები ასფალტბეტონის 100%-იან დატკეპნილ ნიმუშებზე, კერძოდ წყლის მიმართ მგრძობელობა, რომლის დროსაც, სტანდარტულ შემთხვევაში მიღებული პროცენტული მაჩვენებელი 85% მოდიფიცირებულის შემთხვევაში გაიზარდა 98%-მდე, შესაბამისად, ასევე SBS პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმის მაღალ ყინვაზე მდგრადობის გათვალისწინებით, პოლიმერ SBS პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმით შეგვიძლია დავამზადოთ ასფალტბეტონის მაღალტექნოლოგიური საფარი განსაკუთრებული ყინვის ზონებშიც[14,15,16].

მიღებული შედეგების გაანალიზებით, შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმის ოპტიმალური მოდიფიკატორისა და ასფალტბეტონის ნარევის შერჩეული ოპტიმალური შემადგენლობით, შეგვიძლია დავამზადოთ და ვაწარმოოთ ისეთი მაღალი კლასის ასფალტი, რომელსაც საექსპლუატაციო ვადა, განსაკუთრებული დატვირთვების ქვეშაც შეიძლება გავუხანგრძლივოთ 20-30 წლამდე, და რაც ყველაზე მნიშვნელოვანია, არსებული

მასალის გამოყენება ხელმეორედ იქნება შესაძლებელი 30 წლის შემდეგაც. ეს ყველაფერი გვაძლევს იმის საშუალებას, როგორც გზის დაპროექტებისას, ასევე მისი მშენებლობისა თუ შემდგომ მისი ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგაც, გვქონდეს შესაძლებლობა გავაკეთოთ პროგნოზი თუ რა ტიპის დაზიანების წარმოქმნა არის შესაძლებელი და რამდენ ხანს შეძლებს ახლად მოწყობილი ინფრასტრუქტურული ობიექტი უსაფრთხო ექსპლუატაციას.

## 2.6 ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ასფალტბეტონის საფარში ლითონის გადამუშავებული ნარჩენის, წილის გამოყენებაზე

როგორც მსოფლიოში, ისევე საქართველოშიც ერთ-ერთ აქტუალურ პრობლემას წარმოადგენს მშენებლობის პროცესში გარემოზე ზემოქმედების ფაქტორები. მაღალი ხარისხის მისაღწევად, ექსპერიმენტალურად უკვე დადგენილია შესაბამისი ხარისხის მასალების გამოყენების აუცილებლობა, რომლებიც ძირითად შემთხვევაში წარმოადგენენ მდინარიდან მოპოვებული სხვადასხვა ზომის ქვებიდან მტვრევის შედეგად წარმოებულ სხვადასხვა ზომის ფრაქციებს. გამომდინარე ტექნოლოგიური მოთხოვნებისა, ძალაუბრებურად ზიანის მიყენება გვიწევს მდინარეებში ინერტული მასალის მოსაპოვებლად რაც მილიონობით კუბურ მეტრს აღწევს სხვადასხვა კარიერებიდან და მომავალში რთულია განისაზღვროს თუ რა სახის ზიანი შეიძლება მიადგეს ბუნებას, თუმცა გონივრული რისკი მაღალია. სწორედ ამიტომ, ძალიან მნიშვნელოვანია არსებულ ტრადიციულ მეთოდებში სიახლეების შემოტანა და დანერგვა, რათამაქსიმალურად მოხდეს ბუნებრივი რესურსების შემცირება.

ექსპერიმენტების მიმდინარეობისას, ერთ-ერთ საკითხს წარმოადგენდა ქვეყანაში არსებული ფაბრიკებისა და გადასამუშავებელი ქარხნების მოძიება, ასევე სხვადასხვა ლიტერატურის გაცნობა. გამოკითხვების შედეგად, განსაკუთრებული ყურადღება მიიქცია ზესტაფონის ფეროში წარმოებისას გადამუშავებულმა ნარჩენებმა, რომელსაც ეწოდება „გადამუშავებული წიდა“ და რომელიც ფოლადის გადამუშავებისას 30% ნარჩენის სახით რჩება.

ცდების პირველ ეტაპზე განისაზღვრა წილის სხვადასხვა ფრაქციების გამოცდები და სიმტკიცისა ( $M > 1400$ ) და მტვრევის ხარისხის დამაკმაყოფილებელი



შედეგების მიღების შემდგომ მოხდა მასალებზე სხვადასხვა ლაბორატორიული ცდების ჩატარება, კერძოდ:

- განისაზღვრა წიდის მაქსიმალური სიმკვრივე - 2.98 გ/სმ<sup>3</sup>
- წყალშთანთქმის ხარისხის დასადგენად განისაზღვრა მასალის წყალშთანთქმა - 1.3%, დასაშვები მოთხოვნა  $\leq 1.8\%$
- ყინვამედეგობის მახასიათებლის დასადგენად ჩატარდა 5 ციკლიანი ექსპერიმენტი ყინვის მიმართ, მაგნეზიუმ სულფატური ხსნარის გამოყენებით, რომლის მიღებული შედეგიდაც შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ მოპოვებული მასალა განსაკუთრებით მძლავრია გაღობა-გაყინვის პროცესების მიმართ, ვინაიდან სტანდარტული ბუნებრივი მასალებისგან შედარებით, წილამ ორჯერ ძლიერი შედეგი მოგვცა, 5%.
- განისაზღვრა მასალის ცვეთამედეგობა - 19%, დასაშვები მოთხოვნა  $\leq 25\%$
- გადამუშავებული წილით მსხვრევის შედეგად მიღებულ ქვიშაში განისაზღვრა ქვიშაში მტვროვანი და თიხოვანი ნაწილაკების შემცველობა(ქვიშის ინდექსი) - 89%, დასაშვები მოთხოვნა  $\geq 60\%$
- ფორმის ინდექსი - 8%, დასაშვები ზღვარი  $\leq 15\%$
- მასალასა და ბიტუმს შორის მიკვრადობის(ადგეზიურობის) განსაზღვრა(ნახაზი 31) - მიღებული შედეგი  $>90\%$ , დასაშვები ზღვარი  $\geq 80\%$
- მასალის მსხვრევის ხარისხი შეესაბამება იმ საერთაშორისო ნორმატივებს, რაც დადგენილია მსოფლიოს წამყვანი ქვეყნების ტექნიკურ მოთხოვნებში.
- მასალაში მსხვრევის შედეგად არ წარმოიქმნება ნემსისებრი და ფირფიტისებრი ნაწილაკების 5%-ზე მეტი რაოდენობა.



**ნახაზი 29 ბიტუმისა და წილის მიკვრადობა**

მასალების ფიზიკო მექანიკურ თვისებების დადგენით, დამაკმაყოფილებელი შედეგების მიღების შემდგომ, ლაბორატორიულ ქარხანაში განხორციელდა ასფალტბეტონის ნარევის ოპტიმალური შემადგენლობებით დამზადება. აღსანიშნავია ის ფაქტი, რომ ასფალტბეტონი დამზადდა მხოლოდ წილის ფრაქციული ლორღის, ქვიშის, მტვრისა და ბიტუმის გამოყენებით. ნარევის დატკეპნა განხორციელდა მარშალის მიხედვით, 50-50 დარტყმით თითოეული მხრიდან და შემდგომ ნიმუშები გამოიცადა როგორც სიმკვრივესა და ფორიანობაზე, ასევე მარშალის მიხედვით მისი მედეგობა დენადობასა და სტაბილურობაზე.

ცხრილი 19

**წილით დამზადებული ასფალტბეტონის შედეგები**

ცდის დასახელება	მაჩვენებელი	გამოცდის მეთოდი
საშუალო მოცულობითი მასა, გ/სმ <sup>3</sup>	2,54	ენ 12697-6

ჭეშმარიტი(მაქსიმალური სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup> )	2,65	ენ 12697-5
ნარჩენი ფორიანობა, %	4,2	ენ 12697-8
მდგრადობა მარშალის მიხედვით	9,9	ენ12697-34
დენადობა მარშალის მიხედვით	3,4	
ბიტუმის რაოდენობა	5,4	ენ 12697-1

მიღებული შედეგებით ლაბორატორიული ნარევის ფიზიკო მექანიკური თვისებები აკმაყოფილებს ასფალტის ნარევის იმ დასაშვებ მოთხოვნებს, რაც თანამედროვე საერთაშორისო ტექნიკურ რეგლამენტებსა და კვლევების შედეგად დადგენილ მოთხოვნებშია მითითებული. აღნიშნულის გათვალისწინებით, შესაძლოა წიდის გამოყენებამ გარკვეული როგორც ფინანსური, ისე ბუნებრივი რესურსების შემცირების შესაძლებლობა მოგვცეს, მაგრამ ხარისხი იყოს არანაკლები ვიდრე გადამუშავებული ბუნებრივი ქვის შემთხვევაში.

### 2.6.1 ეკონომიკური დასაბუთება ასფალტბეტონში წიდის გამოყენებაზე

ექსპერიმენტის ჩატარების პროცესში მოძიებული იქნა საქართველოში ასფალტბეტონის ქარხნების მუშაობისა და გამოყენებადი მასალების ფინანსური მდგომარეობა, რომლის შედეგადაც, დადგინდა, რომ გადამუშავებული ღორღისა და ქვიშის მოსაპოვებლად, ა/ბეტონის ქარხანას 1მ<sup>3</sup> ფრაქციული ბუნებრივი წიაღისეულისგან მოპოვებული ღორღის შესყიდვა უჯდება მაგ. 30 ლარი, ხოლო ფოლადის ქარხანაში გადამუშავებული წიდის ნარჩენი, რომელიც ფოლადად ფაქტიურად უვარგისია და დამატებითი ტვირთია ბუნებისთვის და მწარმოებლისთვის ნარჩენის სახით, ღირდა 15 ლარი. შესაბამისად 50% ით ნაკლები.

როგორც მოგეხსენებათ, ასფალტბეტონის ნარევი დაახლოებით 95%-ს წარმოადგენს ქვიშა-ღორღი, ხოლო 5%-ს შემკვრელი(ბიტუმი). აქედან გამომდინარეობს, რომ ასფალტბეტონის ქარხანას, 1 ტონა ასფალტბეტონის წარმოებისას ესაჭიროება:

- 1მ<sup>3</sup> ინერტული მასალა დაახლოებით იწონის 1600კგ.
- 1 ტონა ასფალტის წარმოებისათვის ქარხანას სჭირდება 950 კგ ინერტული მასალა.
- შესაბამისად 1 ტონა ასფალტბეტონზე ხარჯი აქვს 14,8ლარი.
- დღე/დამეში საშუალოდ 1000ტონა ასფალტბეტონზე 14800ლარი.
- იგივე ან უკეთესი ხარისხის ასფალტბეტონის მიღება წიდის გამოყენების შემთხვევაში შესაძლებელია ბუნებრივი ღორღის ნახევარ ფასად, შესაბამისად 1000 ტონაზე - 7400ლარი.

აღნიშნული ფაქტორით თუ დავითვლით 1 წლის განმავლობაში, ან 365 დღის განმავლობაში როდესაც ქარხანამ საშუალოდ დღეში 1000 ტონა ასფალტბეტონი აწარმოა, ის ამ პერიოდის განმავლობაში 2 701 000ლარით ნაკლებად შეიძენს 365 000მ<sup>3</sup> საჭირო ღორს, შესაბამისად, აღნიშნულის გათვალისწინებით, მისი გამოყენებით შესაძლებელია საკმაოდ დიდი ფინანსური რესურსების ქვეყნისთვის სხვა, მნიშვნელოვანი პროექტების მოხმარებას მისი შემდგომი განვითარებისათვის.

## 2.7 საგზაო ფენილების ცემენტით გამდიდრება

მშენებლობის პროცესში, განსაკუთრებით სუსტი(პლასტიური) გრუნტის პირობებში, არსებული საფუძვლის გაძლიერება ხდება სტაბილიზაციით, პლასტიური გრუნტების შემთხვევაში, ცემენტითა და კირქვით მისი გაძლიერება განსაკუთრებულად ზრდის სამოსის მოდულს, რომელზეც შესაძლებელია შემდგომ დატვირთვებიდან გამომდინარე, სასურველი კონსტრუქციის აგება[34,35].

არსებული გზის რეაბილიტაციისას, შესაძლებელია ჩატარდეს რესიკლირების პროცესი და საავტომობილო ფენის მოხსნის გარეშე, ადგილზევე მოხდეს არსებული სამოსის დაქუცმაცება, შემდგომ მისი გაძლიერება როგორც ცემენტით, ასევე სხვა შემკვრელებით. სტაბილიზირებულ დანამატებს წარმოადგენენ:

- სველი დანამატები - მაგ. სულფონატური დანამატები
- კალციუმის ქლორიდი (კირქვის მტვერი)
- ნატურალური და სინთეტიკური პოლიმერები
- გადამუშავებული რეზინები
- ბიტუმის პროდუქტები
- ცემენტი
- კირი
- ნაცარი

ცემენტის სტაბილიზატორებს მიეკუთვნება, ცემენტი კირი, ნაცარი - პოზოლანური მასალები, რომლებიც გამოიყენება ხარისხის გასაძლიერებლად. ცემენტი, როგორც პირველი სტაბილიზირებული საშუალება ჩნდება ამერიკის შეერთებულ შტატებში, 1917 წელს.

დანამატების ძირითადი ფუნქცია არის გაზარდოს მასალის მზიდუნარიანობა, კერძოდ უნდა განისაზღვროს სიმტკიცე კუმშვაზე ან/და სიმტკიცე ხლეჩვაზე.

ყველა დანამატს გააჩნია ერთი ფუნქცია, უზრუნველყოს უკეთესი შემჭიდროვება გამოყენებული მასალის ნაწილაკებს შორის, რათა მოხდეს მათი მზიდუნარიანობისა და წყლის მიმართ მგრძობელობის გაზრდა.

სტაბილიზატორის არჩევისას, ბუნებრივია განსაკუთრებულად საყურადღებოა მათი ფასი, ხელმისაწვდომობა და საჭირო ხარისხის მიღების უზრუნველყოფა, ასევე გამოსაყენებელი ინერტული მასალის ფიზიკო-მექანიკური მდგომარეობა. მაგალითად, კირქვის დამატება ცემენტით სტაბილიზირების შემთხვევაში მნიშვნელოვნად ზრდის სამოსის ხარისხს, როდესაც გასამდიდრებელი გრუნტი არის პლასტიური ( $PI > 10$ ).

მნიშვნელოვანია ის ფაქტი, რომ ცემენტის გამოყენების როგორც ქვედა, ისევე ზედა ზღვარი არის მკაცრად გასაკონტროლებელი და დასადგენი ლაბორატორიის მიერ სხვადასხვა ტიპის მასალებთან მიმართებაში, რათა არ მოხდეს ზედმეტად ხისტი საფარის მიღება, რამაც შემდგომში შესაძლებელია გამოიწვიოს ბზარები როგორც გზის ქვესაგებ, შემდგომ საცვეთ ფენაზე (იხ. ნახაზი 30)



### ნახაზი 30. ცემენტის არასწორი დოზირებით გამოწვეული საგზაო საფარის დაზიანება

ზემოთ ნაჩვენები დაზიანება განსაკუთრებით თავს იჩენს როდესაც სატრანსპორტო საშუალებები დაიწყებენ მასზე მოძრაობას, შესაბამისად, სამოსის მშენებლობის პროცესში განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მისი ტექნოლოგიურად სწორად წარმართვა, რათა მსგავსი დაზიანებების თავიდან არიდება მოხდეს.

#### 2.7.1 არახისტი საგზაო სამოსის ცემენტით სტაბილიზაცია

ცემენტით სტაბილიზაციის შემთხვევაში, აუცილებელია გასამდიდრებელი მასალის (გრუნტის, ღორღის და ა.შ) პირველ რიგში მისი ბუნებრივი ტენიანობის დადგენა. მნიშვნელოვანია არსებულ მასალაზე ჩატარდეს მინიმუმ ქვემოთ მოცემული ცდების შედეგები

- საცრული ანალიზი
- პლასტიურობის ზღვარის დადგენა
- ტენიანობისა და სიმკვრივის კავშირი

ძალიან მნიშვნელოვანია საცრული ანალიზით დადგინდეს რამდენად ხვდება გამოსაყენებელი მასალა ზღვრებში, პრობლემის შემთხვევაში აუცილებელია საჭირო ზომების მიღება, დამატებითი მასალის დამატება და ა.შ

ბუნებრივი ტენიანობის დადგენა ხდება შემდეგი ფორმულით:

$$W1=(M1-M2)/M2 \times 100$$

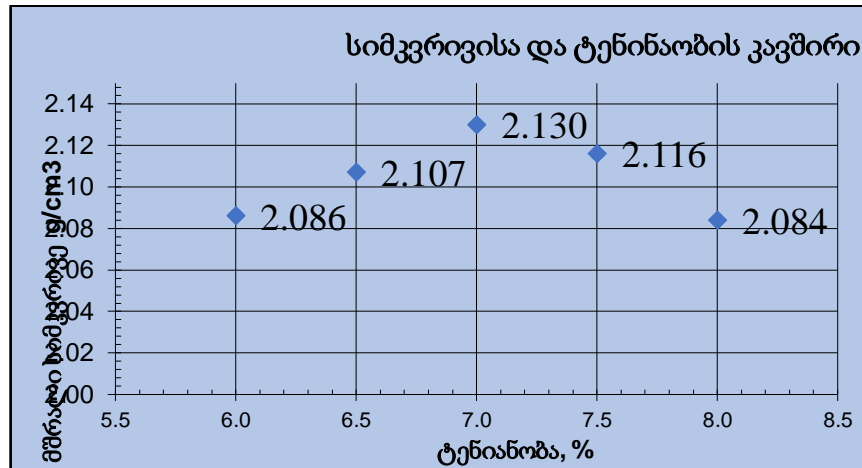
სადაც :

W1 - ბუნებრივი ტენიანობა , %

M1 - ტენიანი მასალის მასა, გრ

M2 - გამომშრალი მასალის მასა, გრ

ტენიანობის დადგენის შემდეგ, აუცილებელია დადგინდეს სხვადასხვა ტენიანობაზე დატკეპნილი მასალის სიმკვრივის განსაზღვრა, რათა მოხდეს ოპტიმალური ტენიანობის დადგენა(ნახაზი 31)შემდგომში ცემენტთან არევისთვის.



ნახაზი 31. სიმკვრივისა და ტენიანობის კავშირი

ოპტიმალური ტენიანობის დადგენის შემდეგ, საჭიროა ნიმუშების დატკეპნა სპეციალური სატკეპნის მეშვეობით, ყალიბის ზომად საერთაშორისო ნორმების მიხედვით განსაზღვრულია 150მმ დიამეტრის და 127მმ სიმაღლის ფორმები, სადაც სხვადასხვა რაოდენობის ცემენტის დოზირებით, ხდება ნიმუშების დამზადება შემდგომში მათი სიმტკიცის განსასაზღვრად, რათა დადგინდეს ოპტიმალური ცემენტის რაოდენობა. ნიმუშები 7 დღის განმავლობაში ინახება 95% -100% ტენიანობის პირობებში, ხოლო შემდგომ ხდება მათი სიმტკიცეზე გამოცდა როგორც 7, ისე 28 დღეზე.

### 2.7.2 ლაბორატორიული ექსპერიმენტი ცემენტით სტაბილიზირებულ ფენებში წილის გამოყენებაზე

რესიკლირების როლი საავტომობილო გზების მშენებლობაში, მათი ხარისხის გაზრდასა და ფინანსური ხარჯების შემცირებაში არის ძალიან დიდი და ეფექტიანი, შესაბამისად, საჭიროა მისი განვითარება, დანერგვა და შესაძლო სიახლეების შეტანა-მოძიება, რაც კიდევ უფრო გამოსადეგს გახდის მას და საშუალებას მისცემს ქვეყანას, ნაკლები ხარჯებით შეძლოს იმ მნიშვნელოვანი

ინფრასტრუქტურული პროექტების შესრულება, რომლებიც საბოლოოდ მის განვითარებასა და წინსვლაზე რეალურ შედეგს მოიტანს.

ექსპერიმენტის შემდგომ ეტაპზე შპს „კავკასიური ინფრასტრუქტურის ტექნოლოგიას“-აკრედიტირებულ საგამოცდო ლაბორატორიაში დავიწყეთ ცდების ჩატარება სტანდარტულ და წიდით შერეულ ინერტულ მასალებზე.

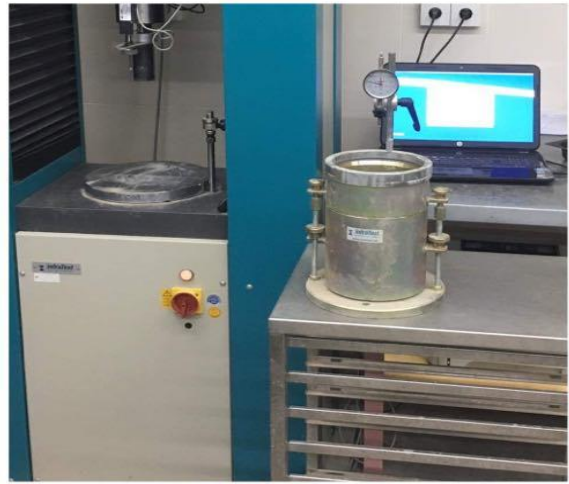
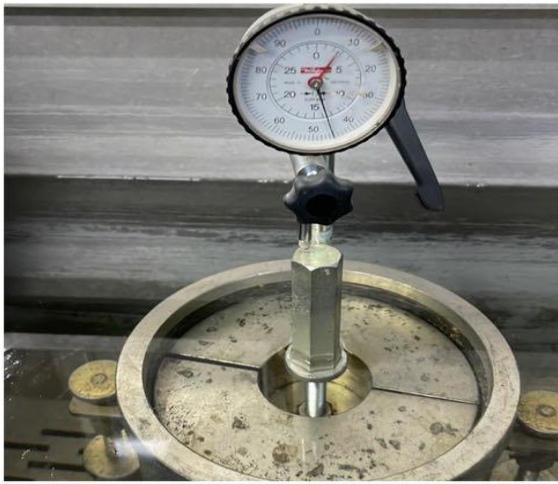
პირველ ეტაპზე სტაბილიზაციისთვის განკუთვნილი მდინარიდან მოპოვებული ქვების შედეგად მიღებული ქვიშალორღოვანი ნარევი გამოყვავით სტანდარტით გათვალისწინებული წესით და დავადგინეთ მისი მზიდუნარიანობა. მზიდუნარიანობის ტესტი ჩატარდა სტანდარტული წონის პროექტორის დანადგარზე დატკეპნილ ნიმუშებზე. არსებულ ინერტულ მასალაში მოხდა 30% 5-20მმ ზომის წიდის დამატება და ანალოგიურად გამოცდა მზიდუნარიანობაზე. ჩატკეპნილი ნიმუშები 92 საათის განმავლობაში იმყოფებოდა წყალში, სტანდარტით გათვალისწინებული ტემპერატურული რეჟიმის პირობებში, მიღებული შედეგებით (იხ. ცხრილი 20, გაირკვა, რომ კალიფორნიის მაჩვენებელი(CBR) წიდა შერეული მასალის შემთხვევაში 20 %-ით გაიზარდა, რაც საშუალებას გვაძლევს ფენის მოწყობისას მივიღოთ უფრო მაღალი მზიდუნარიანობის სამოსი. შესაბამისად გვეძლევა საშუალება წიდის გამოყენებისას მივიღოთ სხვადასხვა სახის როგორც ფინანსური ეკონომია კონსტრუქციის ანგარიშისას, ისე სუსტი მოპოვებული ინერტული მასალები წიდის გამდიდრებით გავხადოთ მეტად მზიდუნარიანი როგორც დინამიური, ისე სტატიკური დატვირთვებისას.

ცხრილი 20

**კალიფორნიის მაჩვენებელი**

გამოცდის დასახელება	სტანდარტული ქვიშალორღოვანი მასალა	30% წიდით შერეული ქვიშალორღოვანი მასალა
გაჯირჯვება 92 სთ-ის შემდგომ, %	0,3	0,1
კალიფორნიის რიცხვი (CBR), %	70	85





**ნახაზი 32. ინერტული მასალების გაჯირჯვებისა და მზიდუნარიანობის გამოცდის პროცესი**

მიღებული შედეგებით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ წილით შერეული ბუნებრივი მასალა გაცილებით მზიდუნარიანი, ვიდრე სტანდარტული ქვიშალორლოვანი მასალა.



**ნახაზი 33. წილით მიღებული ფრაქცია გარეცხვამდე და გარეცხვის შემდეგ**

ზემოთ წარმოდგენილ პირველ სურათზე ნაჩვენებია მოპოვებული წიდა სამსხვრევიდან მტვროვან, ხოლო მეორე სურათზე გარეცხილ მდგომარეობაში.

კვლევის შემდგომ ეტაპზე, დავამზადეთ სტაბილიზაციისთვის განკუთვნილი მასალა 500 მარკიანი სტანდარტული შეკვრის ცემენტით, ნიმუშები დამზადდა როგორც ბუნებრივ მასალაზე, ისე წიდით შერეულ მასალაზე.

150მმ-იანი დიამეტრის 6-6 ნიმუში დამზადდა შემდეგი დოზირებებით:

- ღორღი 0-40 + 4 % ცემენტი
- ღორღი 0-40 + 3.5 % ცემენტი
- ღორღი 0-40 + 5-20მმ ზომის წიდა 30 % + 4% ცემენტი
- ღორღი 0-40 + 5-20მმ ზომის წიდა 30 % + 3.5% ცემენტი

საწყის ეტაპზე მოდიფიცირებული სატკეპნის საშუალებით დავადგინეთ როგორც ღორღის ოპტიმალური ტენიანობა, ისე წიდის ფრაქციით შერეულით. ნიმუშები სტანდარტის მიხედვით დამზადდა სხვადასხვა ტენიანობებზე და შედეგები გაირკვა შემდეგნაირად:

- ღორღი 0-40:
  - 5%-ტენიანობაზე - 2.09გ/სმ<sup>3</sup>
  - 6%-ტენიანობაზე - 2.14გ/სმ<sup>3</sup>
  - 7%-ტენიანობაზე - 2.12 გ/სმ<sup>3</sup>
- ღორღი 0-40 + 30% წიდა
  - 5%-ტენიანობაზე - 2.13გ/სმ<sup>3</sup>
  - 6%-ტენიანობაზე - 2.18 გ/სმ<sup>3</sup>
  - 7%-ტენიანობაზე - 2.16 გ/სმ<sup>3</sup>

ორივე ნარევისათვის, ოპტიმალურ ტენიანობად შეირჩა 6% წყალი.

თითოეული დღისათვის გამოსაცდელი ნიმუშების რაოდენობა, შესაბამისად 2,5,7 და 28 დღისათვის სტანდარტით გათვალისწინებული დატვირთვების შესაბამისად ჩაიტკეპნა ყალიბებში და დაიყო ჯგუფებად, 8 ცალი ნიმუში დამზადდა მხოლოდ ღორღისა და წყალცემენტის, მეორე 8 ნიმუში დამზადდა ღორღისა და წიდის, ასევე ცემენტისა და წყლის გამოყენებით.

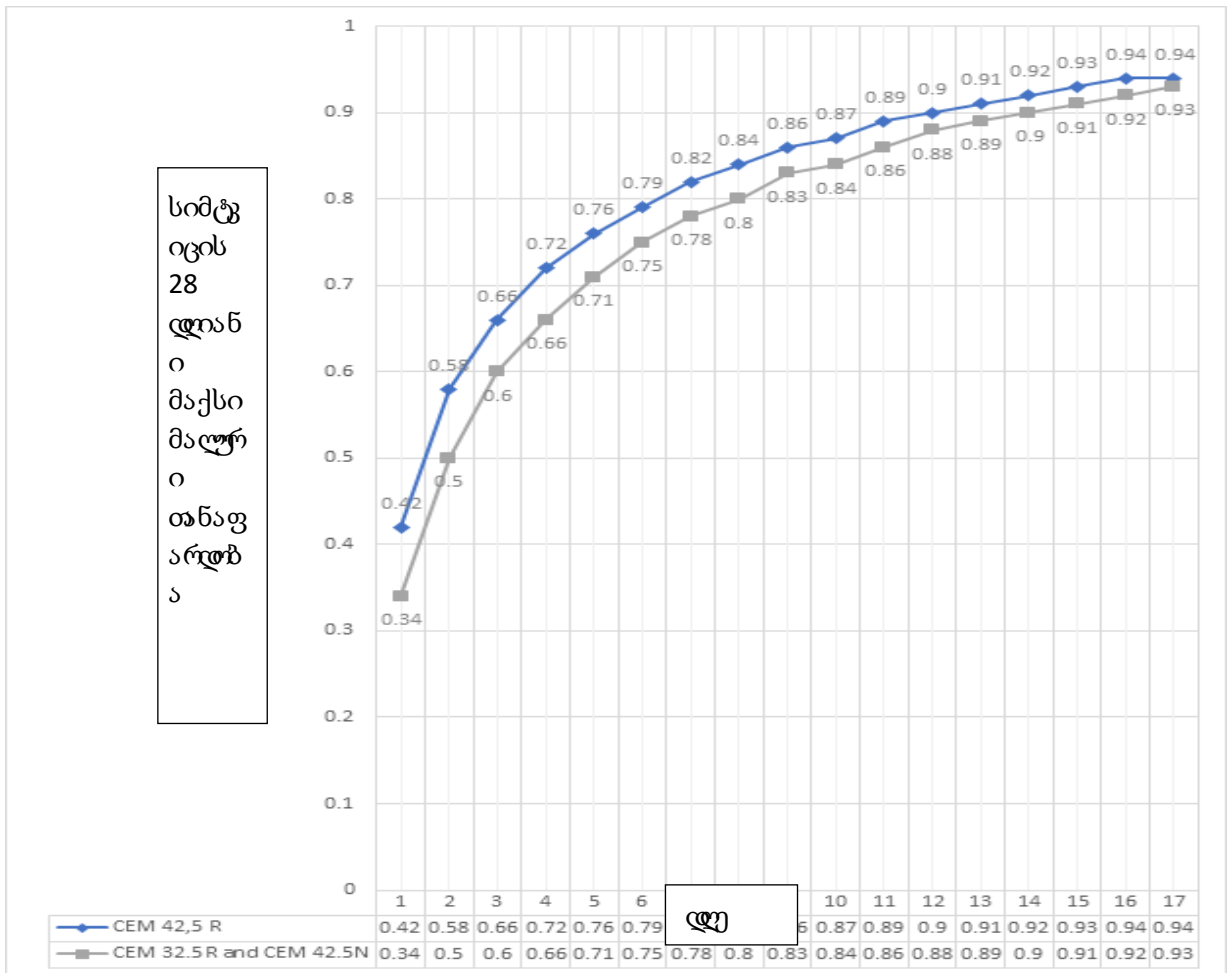
ნიმუშების დამზადების პროცესი, ასევე მათი გამოცდის მიმდინარეობები შესაბამისი დღეების მიხედვით ნაჩვენებია ნახაზ 34-ზე.



**ნახაზი 34. სტაბილიზირებული ნიმუშების გამოცდის პროცესი**

გამომდინარე იქიდან, რომ სტანდარტულად ცემენტით სტაბილიზირებული ნიმუშების გამოცდის შედეგი, შესაბამისად მისი მარკიანობის დადგენა ხდება 28 დღეზე, აღნიშნული ექსპერიმენტის პროცესში გამოვიყენეთ ევროკოდებიდან მოძიებული ფორმულების საშუალებით შედგენილი გრაფიკი სხვადასხვა ტიპის ცემენტებისათვის. შეკვრის დროის განსაზღვრა შესაძლებელია ნებისმიერ დღეზე(იხ. ნახაზი 35), რომელიც გვაძლევს საშუალებას, ნიმუშების თუნდაც 2 დღეზე გამოცდის შემთხვევაში განვსაზღვროთ თუ რა მარკას მიაღწევს ცემენტით სტაბილიზირებული ნიმუშები 28 დღის შემდგომ, რაც გადაჭრის ძალიან დიდ პრობლემას, რომელიც გამოწვეულია იქიდან გამომდინარე, რომ სამუშაოების პროცესში 1 დღეს დამზადებული ფენის შესამოწმებლად საჭიროა 7 ან 28 დღის მოცდა, რათა მივიღოთ ნიმუშების საბოლოო საპროექტო სიმტკიცე კუმშვაზე[25].

ქვემოთ მოცემულ ნახაზზე ნაცრისფერი მრუდი განსაზღვრავს 32.5R-400 მარკიანი სწრაფად კვრადიდა 42.5N – 500 მარკიანი სტანდარტულიცემენტის შეკვრის თანმიმდევრობას, ხოლო ლურჯი ფერის მრუდი განკუთვნილია 42.5R – 500 მარკიანი სწრაფად შეკვრადი ცემენტისათვის.



**ნახაზი 35. ცემენტის აქტივობა სხვადასხვა დღეზე**

ექსპერიმენტის დროს დამზადებული სტაბილიზირებული სტანდარტული ტრადიციული ქვიშალორლოვანი ნარევის 3.5% და 4% იანი ცემენტების რაოდენობით გამოცდილი ნიმუშების სიმტკიცის მაჩვენებელი კუმშვაზე 2,5,7 და 28 დღეებზე მოცემულია ცხრილი 21-ში.

ცხრილი 21

**სტანდარტული ნარევის ცემენტით სტაბილიზირებული სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე**

სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე , მპა	სტანდარტულ ნარევის + 3.5% ცემენტი	სტანდარტულ ნარევის + 4% ცემენტი
2 დღეზე	2.4 MPa	3.3 MPa
5 დღეზე	3.55MPa	4.5 MPa
7 დღეზე	4.1 MPa	5.0 MPa
28 დღეზე	5.0 MPa	6.2 MPa

კვლევის მეორე ნაწილის, 70%-იანი სტანდარტული ქვიშახრეშოვანი ნარევისა და 30% წიდით შერეული ნიმუშების გამოცდების შედეგები მოყვანილია ქვემოთ მოცემულ ცხრილში :

ცხრილი 22

**სტანდარტულ ნარევი შერეული წიდისა და ცემენტით სტაბილიზირებული ფენის სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე**

სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე , მპა	30% წიდა, 70 პროცენტი ქვიშალორდი + 3.5% ცემენტი	30% წიდა, 70 პროცენტი ქვიშალორდი + 4% ცემენტი
2 დღეზე	3.2 MPa	3.9 MPa
5 დღეზე	4.4MPa	5.4 MPa
7 დღეზე	5,0 MPa	5.9 MPa
28 დღეზე	6.3 MPa	7.6 MPa

ექსპერიმენტის მიმდინარეობისას მიღებული შედეგების თანაფარდობის კოეფიციენტი დღეების მიხედვით საბოლოო 28დღიან შედეგთან მიმართებაში:

- 2 დღეზე = 0.50
- 5 დღეზე = 0.71
- 7 დღეზე = 0.78
- 28 დღეზე = 1

ჩატარებული ექსპერიმენტით მიღებული შედეგები ემთხვევა ევროკოდებიდან მიღებული ფორმულებით გამოთვლილი ცემენტის სიმტკიცის ზრდის სავარაუდო მაჩვენებლებს, შესაბამისად, აღნიშნულის გამოყენებით შეგვიძლია ცემენტით წარმოებული მასალების ნაცვლად 7 და 28 დღისა, 2 დღეზეც კი მივიღოთ უტყუარი შედეგი და გავაკეთოთ პროგნოზი, თუ რამდენად დამაკმაყოფილებელია მოწყობილი ნარევის სიმტკიცე საპროექტო მოთხოვნასთან მიმართებაში.

მიღებული შედეგებით თვალსაჩინოა, რომ 30% წიდის დამატებით, სიმტკიცის მაჩვენებელი ერთი და იგივე ცემენტის პროცენტული დანამატის შემთხვევაში იზრდება მინიმუმ 20%-ით, რაც გვაძლევს საშუალებას, როგორც ბუნებაზე ზიანი შევამციროთ მასალის მოპოვების თვალსაზრისით, ისე სამშენებლო პროცესი წარიმართოს გაცილებით ნაკლები დანახარჯებით,

ვინაიდან წიდა ჰჯერ ნაკლები ღირებულებისაა ვიდრე მდინარიდან მოპოვებული მასალა.

გარდა ბუნებრივი მასალის შემცირებისა, მიღებული შედეგებით შეგვიძლია დავასკვნათ, რომ წიდის გამოყენების შემთხვევაში, შეგვიძლია შევამციროთ ცემენტის რაოდენობაც, შესაბამისად ნაკლები ცემენტის პროცენტული რაოდენობით მივიღოთ იგივე სიმტკიცის ზღვარი კუმშვაზე, რომელსაც ვღებულობთ ბუნებრივი ქვისგან დამზადებულ სტაბილიზირებულ ფენაზე.

### 3. დასკვნა

ჩვენს მიერ, ჩატარებული კვლევების საფუძველზე შესაძლებელია დავასკვნათ შემდეგი:

1. კვლევებით დადასტურებულია, რომ ღორღოვან-მასტიკური ასფალტბეტონის გამოყენებით, შესაძლებელია დაახლოებით 1,5-ჯერ გავზარდოთ საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო ვადა.

2. დადგინდა, რომ საქართველოს ბაზარზე დღეს არსებული დანამატებიდან, რომლებიც გამოიყენება პოლიმერ-მოდფიცირებული ასფალტბეტონის ნარევის დასამზადებლად, საერთაშორისო სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისი საუკეთესო შედეგი მიიღწევა 4,5% სბს (სტირონ ბუტადიენ სტირონი)დანამატის გამოყენებით.

3. პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოყენებით შესაძლებელია, არახისტი საგზაო სამოსების საექსპლუატაციო ვადა გავზარდოთ 1.5-2-ჯერ.

4. დადგენილია, რომ ლითონის გადამამუშავებული ქარხნებიდან ნარჩენის სახით მოპოვებული წიდა სრულად აკმაყოფილებს საერთაშორისო მოთხოვნებს ასფალტბეტონში გამოსაყენებელი მასალებისათვის, ამასთანავე:

- ასფალტბეტონში ბუნებრივად მოპოვებული მასალების წიდით ჩანაცვლება მიღებული პროდუქტის ღირებულებას ანახევრებს.
- 30% იანი წიდისა და ბუნებრივი ქვიშა-ღორღოვანი მასალის გამოყენების შემთხვევაში 10%-ით მცირდება გაჯირჯვების ფაქტორი, ამასთანავე 15%-ითიზრდება დატკეპნილი ქვიშა-ხრემოვანი მასალის მზიდუნარიანობა.
- შესაძლებელია 30% წიდის ქვიშა-ღორღის ნარევი დამატებით, სტაბილიზაციის დროს 15%-ით ნაკლები ცემენტის რაოდენობით მივიღოთ იგივე სიმტკიცის მაჩვენებელი კუმშვაზე, რასაც მივიღებდით ტრადიციული, ბუნებრივი მასალების გამოყენებით.

- 30% იანი წიდით შერეული მასალის გამოყენებისას, ერთი და იგივე ცემენტის პროცენტული რაოდენობის შემთხვევაში სიმტკიცის მაჩვენებელი კუმშვაზე იზრდება 20%-ით.

5. დადგინდა, რომ საგზაო სამოსის საფუძვლის სტაბილიზაციის პროცესში ცემენტის ზედმეტმა რაოდენობამ, ექსპლუატაციისას შესაძლებელია გამოიწვიოს საფუძვლის დაბზარვა, რომელიც გადაეცემა ასფალტბეტონის ფენილს და გზაზე წარმოიქმნება როგორც გრძივი, ასევე განივი ბზარები.



## გამოყენებული ლიტერატურა

1. ГОСТ 9128-2013 СМЕСИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ ДОРОЖНЫЕ АЕРОДРОМНЫЕ И АСФАЛЬТОБЕТОН Технические условия
2. ГОСТ 9128-1984 СМЕСИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ ДОРОЖНЫЕ АЕРОДРОМНЫЕ И АСФАЛЬТОБЕТОН Технические условия
3. ГОСТ 12801-98 МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ ДОРОЖНОГО И АЭРОДРОМНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА, Методы испытаний
4. ГОСТ Р 58406.2-2020 Дороги автомобильные общего пользования. СМЕСИ ГОРЯЧИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫЕ И АСФАЛЬТОБЕТОН. Технические условия
5. ნ. ელოშვილი, ა. ბურდულაძე - „აეროდრომებისასფალტბეტონისსაფარებისაღდგენისთანამედროვეტექნოლოგიები“. სამეცნიეროტექნიკურიჟურნალი „ტრანსპორტიდამანქანათმშენებლობა“, № 1(23), 2012წ.
6. მ. კეჭაყმაძე - „საგზაოსამოსკონსტრუქციულიოპტიმიზაციაგრუნტებისსტაბილიზაციისმეთოდისგამოყენებით“. საერთაშორისოსამეცნიეროჟურნალი „ინტელექტუალი“, № 30, თბილისი, 2015წ.
7. მ. შიშინაშვილი - ფრეზირებულიმასალისგამოყენებითდაზღავებულიკომბინირებულიასფალტობეტონისნარევისგამოყენებისპერსპექტივები 142 საქართველოში - საქართველოსტექნიკურიუნივერსიტეტისსამშენებლოფაკულტეტისჟურნალი „მშენებლობა“ #3(38), თბილისი, 2015. გვ. 70-107 ISSN 1512-3936
8. M. Shishinashvili, A. Burduladze, M. Magradze - Improvement Of The Quality Of The Asphalt Mix - International scientific journal “ theoretical & Applied Sciences “ Linkoping 2014, P. 44-47, ISSN 2308-4944
9. M. Shishinashvili, A. Burduladze, M. Magradze - Provision of motorway land valve stability in the seismic active zones in Georgia - II International Conference 'Problems of earthquake resistance in cultural heritage monuments protection and civil engineering', Tbilisi, Georgia 2018, p 21; ISBN: 978-9941-26-288-3
10. მ. შიშინაშვილი - საგზაომშენებლობაშიგამოყენებადიასფალტბეტონები - „საქართველოსტექნიკურიუნივერსიტეტი“, თბილისი, 2018 წ. 139 გვ. ISBN 978-9941- 20-973-4
11. <http://www.georoad.ge/?lang=geo&act=pages&func=menu&pid=1386667041>. საავტომობილო გზების დეპარტამენტი. სტატისტიკა. უკანასკნელად გადამოწმებულია 25.06.2019;
12. გზებისრეაბილიტაციისდაფინანსებასაქართველოში. იურგენ ერკე, დევიდ საა. გერმანიის ეკონომიკური გუნდი საქართველო ISET-ის კვლევით ინსტიტუტთან ერთად. ბერლინი/თბილისი, სექტემბერი 2014.

13. შინაგან საქმეთა სამინისტრო. საინფორმაციო-ანალიტიკური დეპარტამენტი, საინფორმაციო ცენტრი. ავტოპარკი. 2016.
14. <https://www.scribd.com/book/283309041/Asphalt-Materials-Science-and-Technology>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 25.06.2019;
15. <https://www.pavementinteractive.org/reference-desk/construction/compaction/>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 25.06.2019;
16. <https://co-asphalt.com/wp-content/uploads/2015/01/vma-justification.pdf>. უკანასკნელად გადამოწმებულია 25.06.2019;
17. СТРОИТЕЛЬНЫЕ НОРМЫ И ПРАВИЛА. АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ. СНиП 3.06.03-85.
18. THE ASPHALT HANDBOOK 4<sup>th</sup> Edition , U.S. Library of Congress Catalog Card No.8862536
19. საქართველოს მთავრობის დადგენილება #52. საქართველოს ტერიტორიაზე სამშენებლო სფეროს მარეგულირებელი ტექნიკური რეგლამენტების აღიარებისა და სამოქმედოდ დაშვების შესახებ. 2014 წლის 14 იანვარი
20. საქართველოს მთავრობის დადგენილება #409. საქართველოს ტერიტორიაზე სამშენებლო სფეროს მარეგულირებელი ტექნიკური რეგლამენტების აღიარებისა და სამოქმედოდ დაშვების შესახებ "საქართველოს მთავრობის 2014 წლის 14 იანვრის #52 დადგენილებაში ცვლილების შეტანის თაობაზე. 2014 წლის 18 ივნისი.
21. EN 12697-34:2020 – Bituminous mixtures – Test Methods – Part 34: Marshall test
22. EN 13108-1:2016 Material Specifications – Part 1: Asphalt concrete
23. EN 13108-2:2016 Material Specifications – Part2: Asphalt concrete for very thin layers(BBTM)
24. EN 12697-22:2020 – Test Methods – Part 22: Wheel Tracking
25. Eurocode 2: Design of concrete structures - Part 1-1 : General rules and rules for buildings
26. Wirtgen Cold Recycling Manual 2<sup>nd</sup> edition November 2004
27. Wirtgen Cold Recycling Technology 1<sup>st</sup> edition 2012
28. Wirtgen Road Construction Manual Internal Training Brochure for Sales Managers and Service Engineers
29. ZTV E-StB 09 Additional Technical conditions of contract and directives for earthworks in road construction
30. THE ASPHALT HANDBOOK 7<sup>th</sup> Edition , ASPHALT INSTITUTE
31. TECHNICAL SPECIFICATIONS – QUALITY CONTROL PLAN FOR LABORATORY TESTING FOR MATERIALS AND STRUCTURES , Edition: Revision Number 02 Belgrade, 2017, Road Rehabilitation and Safety Project Republic of Serbia.
32. ASTM D6951 – Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone penetrometer in Shallow pavement applications

33. Hot-mix Asphalt Paving Handbook – 2000. Unated States Of America Library of Congress Catalog Card Number LC00-135314
34. SOIL STABILIZATION METHODS AND MATERIALS – Department of Civil, Environmental and Natural resources engineering Division of Mining and Geotechnical Engineering, Lulea, Sweden
35. Characteristics and Uses of Stell Slag in Building Construction
36. EN 14023-2010 – Bitumen and Bituminous Binders – Specification Framework for polymer modified bitumens
37. EN 13398:2017 Bitumen and Bituminous Binders – Determination of the elastic recovery of modified bitumen
38. საგზაო სამოსის საექსპლუატაციო მდგომარეობის შეფასება ა.ბურდულაძე, ტ.ჯიშიაშვილი, თ.შილაკაძე. სტუ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა, თბილისი, 2022წ.გვ.108
39. საგზაო მშენებლობაში ბაზალტის ბოჭკოვანი მასალების გამოყენების ეფექტურობა, ა.ბურდულაძე, თ.შილაკაძე, ტ.ჯიშიაშვილი. სტუ სამეცნიერო-ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა თბილისი, 2022წ. გვ.113
40. ასფალტბეტონის საფარზე გამოწვეული დაზიანებების პრევენცია მოდიფიცირებული ბიტუმის გამოყენებით. ტ.ჯიშიაშვილი. სტუ-სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა, თბილისი, 2023 წ. გვ.34.
41. სტანდარტული და პოლიმერ მოდიფიცირებული ბიტუმით(პმბ) დამზადებული ა/ბეტონის ნარევის გამოცდის შედეგები. ა.ბურდულაძე, ტ.ჯიშიაშვილი. სტუ-სამეცნიერო ტექნიკური ჟურნალი მშენებლობა, თბილისი, 2023 წ. გვ.93.