

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

გიორგი არეშიძე

ქ. თბილისში განვითარებული მეწყრული პროცესების გამოკვლევა და მათი  
მდგრადობის ანგარიშისათვის სიმტკიცის პარამეტრების შერჩევა

წარმოდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

სადოქტორო პროგრამა მშენებლობა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

თბილისი, 0175, საქართველო

თებერვალი, 2016 წელი

საავტორო უფლება © 2016 წელი, არეშიძე გიორგი

თბილისი

2016 წელი

სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკურ უნივერსიტეტში

სამშენებლო ფაკულტეტი

სამოქალაქო და სამრეწველო მშენებლობის დეპარტამენტი

ხელმძღვანელი: გუგა ჭოხონელიძე

რეცენზენტები: დავით როგავა

ია მშვიდლობაძე

დაცვა შედგება 2016 წლის 16 თებერვალს, 14<sup>00</sup> საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის  
სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის სხდომაზე

მისამართი: 0175, თბილისი, კოსტავას 68<sup>b</sup>, კორპუსი I, სამშენებლო  
ფაკულტეტის სასწავლო-სამეცნიერო და საექსპერტო ლაბორატორიის III  
სართული

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო  
ავტორეფერატისა - ფაკულტეტის ვებგვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს მდივანი -----

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

სამშენებლო ფაკულტეტი

ჩვენ. ქვემოთ ხელის მომწერნი ვადასტურებთ, რომ გავეცანით არეშიძე გიორგის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით: „ქ. თბილისში განვითარებული მეწყრული პროცესების გამოკვლევა და მათი მდგრადობის ანგარიშისათვის სიმტკიცის პარამეტრების შერჩევა“ და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სამშენებლო ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში მის განხილვას დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი: გ. ჭოხონელიძე

რეცენზენტი: დ. როგავა

რეცენზენტი: ი. მშვიდლობაძე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2016 წელი

ავტორი: არეშიძე გიორგი

დასახელება: ე. თბილისში განვითარებული მეწყრული პროცესების  
გამოკვლევა და მათი მდგრადობის ანგარიშისათვის სიმტკიცის  
პარამეტრების შერჩევა

ფაკულტეტი: სამშენებლო

აკადემიური ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა:

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

---

ავტორის ხელმოწერა

ავტორი ინარჩუნებს დანარჩენ საგამომცემლო უფლებებს და არც მთლიანი  
ნაშრომის და არც მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე  
მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის  
გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომში გამოყენებული საავტორო უფლებებით  
დაცულ მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის  
ციტატებისა, რომელიც მოითხოვს მხოლოდ სპეციფიკურ მიმართებას  
ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების  
შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

მეწყერი ეწოდება ქანის დაცურებას ფერდობზე. იგი ბუნებაში, ისეთ მთაგორიან ქვეყანაში, როგორც საქართველოა, დიდი გავრცელებით სარგებლობს. მეწყერს დიდი ზარალი მოაქვს მოსახლეობისთვის. ხშირია ისეთი შემთხვევებიც, როცა მეწყრულ პროცესებს ადამიანთა მსხვერპლიც თან ახლავს. ამის მკაფიო მაგალითია ქ. თბილისში ამ ცოტა ხნის წინ წარმოშობილი მეწყერი, რომელმაც დაანგრია საკმაოდ დიდი რაოდენობით საცხოვრებელი სახლები და რომელსაც ადამიანთა მსხვერპლიც მოჰყვა.

იმისათვის, რომ მეწყრულმა პროცესებმა არ დააზიანოს გარემო და არ გამოიწვიოს ადამიანთა მსხვერპლი, საჭიროა კარგად იქნეს გამოკვლეული მეწყრული ტერიტორია, გამორკვეული იქნეს ფაქტორები, რომელიც იწვევს ამა თუ იმ მეწყერს, შესწავლილი იქნეს დეტალურად მეწყრული სხეულის გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები, რაც საშუალებას მოგვცემს სწორად დავსახოთ მეწყრული სხეულის გამაგრებითი ღონისძიებანი.

მეწყრული სხეულის მდგრადობის ანგარიშისთვის აუცილებელია განსაზღვრული იქნეს გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლები - შიგა ხახუნის კუთხე  $\varphi$  და კუთრი შეჭიდულობა  $C$ . თუ რამდენად სწორადაა განსაზღვრული  $\varphi$  და  $C$  მასზე ბევრად არის დამოკიდებული ფერდობის სიმდგრადე.  $\varphi$  და  $C$ -ს საზღვრავენ ლაბორატორიული წესით ჭრის ხელსაწყოებში. ნიმუშს იღებენ მეწყრული სიბრტყიდან რომელიმე სიღრმეზე და მას უწოდებენ მეწყრული სხეულის გასაშუალებულ მნიშვნელობას, რის მიხედვითაც გამოჰყავთ კიდევაც მეწყრული ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი. ჩვენი წინადადებით იგი უნდა განისაზღვროს ყოველი ბლოკისთვის ცალკე ზუსტად მეწყრის დაცურების სიბრტყეში. როგორც ჩვენმა ცდებმა გვიჩვენა,  $\varphi$  და  $C$ -ს გასაშუალებული მნიშვნელობა არ ასახავს ფერდობის მდგრადობის რეალურ პირობებს. ამიტომ ჩვენი მეთოდით, გამომდინარე ჩვენ მიერ მეწყრული ფერდობის ანგარიშის რეალური პირობებიდან,  $\varphi$  და  $C$  განსაზღვრული უნდა იყოს ყოველი ბლოკისთვის ცალ-ცალკე.

## Abstract

A landslide is called the rocks sliding on the slope. The landslides in such a mountainous country like Georgia are rather widespread and detrimental to the population. In particular, in Tbilisi there are places which are announced the landslide zones. For example, the right bank of the river in the Vake district had been announced the landslide zone for a long time already the construction was prohibited there. This area was marked red in the geotechnical map. The citizens are aware of the landslide in the Lebanon Street. The landslide so threatened the nine-storey and four-entrance building placed below that the builders were to demolish two entrances of the building. The people is also aware that the landslide from the mount Mtatsminda buried two men under its ground.

For stabilization of the landslide they often use retaining walls that is rather an expensive measure. They are mainly made of reinforced concrete the sections of which are made based on the reinforced concrete stability analysis. Its cross-section is estimated based on the analysis of a reinforced concrete wall stability analysis. The wall sections value much depends on the angle of internal friction and the values of specific cohesion of the landslide body. The bigger are those values, the more economical will be the cross-sections of retaining wall.

The landslide slope stability is calculated by various methods. To calculate the landslide stability we shall determine  $\varphi$  and  $C$  of the landslide soil. To do this, a sample shall be taken from any block and its  $\varphi$  and  $C$  shall be determined by the laboratory method. The obtained values are called the average value of the landslide body  $\varphi$  and  $C$ .

The samples in the landslide disturbance zone in different blocks are under a different vertical load and, therefore, their  $\varphi$  and  $C$  will be different for different blocks.

We have reviewed the landslide slope calculations proposed by more than 50 scientists and in all of them the average values of  $\varphi$  and  $C$  are applied for calculation of the slope stability.

As can be seen, all blocks are characterized by different height, therefore, the regular stress in the shear plane will be different for every block. Hence, their moisture and density, and  $\varphi$  and  $C$  will be different too. So, we believe that as the stability of all the blocks is calculated separately for all blocks, in order to calculate their stability we shall take their respective  $\varphi$  and  $C$ , which will be established as a result of laboratory experiments.

The sophisticate the issue our program provides the following: the stability of several landslides in Tbilisi should be calculated both by the  $\varphi$  and  $C$  average method, and by

the method were commend. Their comparison will enable us to understand how the stability factor of a building varies when calculated by the  $\varphi$  and C average method.

Our program provides for the study of several landslides in Tbilisi, which include such well-known landslides, as in the Lebanon street and in Gldani. All samples will be taken from the shear plane in all landslide blocks and the stability analysis will be make both by the  $\varphi$  and C average method and by method were commend.

## შინაარსი

შესავალი -----	13
<b>თავი I. ქ. თბილისის ბუნებრივი პირობები</b>	
1.1. გეომორფოლოგია და ჰიდროგრაფია -----	18
1.2. გეოლოგია და ტექტონიკა -----	21
1.3. კლიმატი, სეისმიკა და ჰიდროგეოლოგიური პირობები -----	34
<b>თავი II. ქ. თბილისში მეწყრული პროცესების განვითარება</b>	
2.1. მუხათგვერდის მეწყერი -----	45
2.2. ლიბანის ქუჩის მეწყერი-----	66
2.3. მ. ჯავახიშვილის ქუჩის მეწყერი -----	79
2.4. რუსთაველის ქუჩის მეწყერი -----	95
2.5. თემქის დასახლება, შეშელიძის ქუჩის მეწყერი -----	101
2.6. ფანასკერტელის ქუჩის მეწყერი -----	113
<b>თავი III. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიშის თანამედროვე მდგომარეობა</b>	
3.1. მეწყრების კლასიფიკაცია -----	117
3.2. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიში დაცურების ზედაპირის ბრტყელი ფორმით -----	123
3.3. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიში დაცურების წრიულ- ცილინდრული მეთოდით -----	128
<b>თავი IV. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიშისათვის φ და C-ს შერჩევის შემოთავაზებული მეთოდი</b>	
4.1. ფერდობის მდგრადობაზე ანგარიშის პირობების შერჩევა -----	136
4.2. დასკვნები და რეკომენდაციები-----	142
გამოყენებული ლიტერატურა -----	144



## ცხრილების ნუსხა

ცხრ. 2.1. თიხაფიქლების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები-----	52
ცხრ. 2.2. -----	55
ცხრ. 2.3. მუხადგვერდის მეწყრული ფერდობის ანგარიშის კლასიკური მეთოდი -----	65
ცხრ. 2.4. თიხების გრანულომეტრიული შედგენილობა -----	72
ცხრ. 2.5. ლიბანის ქუჩის მეწყრული ფერდობის მდგრადობის მონაცემები ----	78
ცხრ. 2.6. მეწყრული სხეულის თიხნარების გრანულომეტრიული შედგენილობა-----	86
ცხრ.2.7 ჯავახიშვილის ქუჩის მეწყრული სხეულის მდგრადობის ანგარიში---	92
ცხრ. 2.8. თიხების გრანულომეტრიული შედგენილობა -----	97
ცხრ. 2.9. რუსთაველის ქუჩის მეწყრული ფერდობის მდგრადობის გაანგარიშება -----	101
ცხრ.2.10. სუბარგილიტებისა და ქვიშაქვების გამოცდა ერთღერძა კუმშვაზე-	108
ცხრ. 2.11. მეწყრული სხეულის გრანულომეტრიული შედგენილობა -----	109
ცხრ. 2.12. შუშელიძის ქუჩის მეწყრული ფერდობის მდგრადობის გაანგარიშება-----	111
ცხრ. 2.13. ფანასკერტელის ქუჩის მეწყრული ფერდობის მდგრადობის გაანგარიშება -----	115
ცხრ. 2.14. k-ს მნიშვნელობა $\phi$ და C -ს გასაშუალებული და ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მეთოდით -----	137
ცხრ. 2.15. მუხათგვერდის მეწყერი II ვარიანტი -----	138
ცხრ. 2.16. ლიბანის მეწყერი II ვარიანტი -----	139
ცხრ. 2.17. ჯავახიშვილის მეწყერი II ვარიანტი -----	140
ცხრ. 2.18. რუსთაველის მეწყერი II ვარიანტი -----	141
ცხრ. 2.19. შუშელიძის მეწყერი II ვარიანტი -----	141

## ნახაზების ნუსხა

ნახ. 2.1. მუხათგვერდის მეწყრული სხეულის გეოლოგიური ჭრილი -----	58
ნახ. 2.2. მეწყრის საანგარიშო სქემა -----	63
ნახ. 2.3. . ლიბანის ქუჩის მეწყრული სხეულის გეოლოგიური ჭრილი -----	63
ნახ. 2.4. მეწყრული ფერდობის საანგარიშო სქემა -----	77
ნახ. 2.5. ჯავახიშვილის ქუჩის მეწყრული სხეულის გეოლოგიური ჭრილი ----	84
ნახ. 2.6. გამიშვლების ლითოლოგიური სვეტი -----	85
ნახ. 2.7. მეწყრის საანგარიშო სქემა -----	88
ნახ. 2.8. ნაბურღ–ნატენი ხიმინჯის სექმატური ნახაზი -----	94
ნახ. 2.9. რუსთაველის ქუჩაზე არსებული პოტენციური მეწყრული ფერდობის სურათი -----	95
ნახ. 2.10. მეწყრული ფერდობის საანგარიშო სქემა -----	100
ნახ. 2.11. შემელიძის ქუჩის მეწყრული სხეულის საანგარიშო სქემა -----	112
ნახ. 3.1. ფერდობის მასივის რღვევა მრგვალცილინდრული ზედაპირის ფორმით -----	118
ნახ. 3.2. ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი -----	124
ნახ. 3.3. საანგარიშო სქემა პროფესორ შახუნიაძის მეთოდით -----	129
ნახ. 3.4. მეწყრულ ფერდობზე მოდებული მძვრელი ძალების საანგარიშო სქემა -----	131
ნახ. 3.5. მძვრელი ძალების საანგარიშო სქემა იასიუნასის მიხედვით -----	132
ნახ. 3.6. ბლოკის და პრიზმის მეთოდი ხოუს მიხედვით-----	132

## სურათების ნუსხა

სურ. 2.1. მუხათგვერდის მეწყრის ტერიტორიის გეოლოგიური სურათი -----	48
სურ. 2.2. მუხათგვერდის მეწყრის ტერიტორიის გეოლოგიური სურათი -----	49
სურ. 2.3. სუბარგილიტების მინერალური შედგენილობის შლიფის სურათი-	60
სურ. 2.4. ლიბანის ქუჩის დამეწყრილი სკოლის შენობის სურათი -----	67
სურ. 2.5. ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯების განთავსება-----	70
სურ. 2.6. ჯავახიშვილის ქუჩაზე წარმოშობილი მეწყერი-----	81
სურ. 2.7. ჰიდროქარსები -----	87
სურ. 2.8. შეშელიძის ქუჩის მეწყრული ფერდობი -----	105

## გრაფიკების ნუსხა

გრ. 2.1. კომპრესიის-----	53
გრ. 2.2. ჭრის -----	54
გრ. 2.3. თიხების თერმოდიგრამა-----	61
გრ. 2.4 კომპრესიის-----	73
გრ. 2.5. ჭრის -----	74
გრ. 2.6. კომპრესიის-----	90
გრ. 2.7 ჭრის -----	91

## შესავალი

**თემის აქტუალობა:** მეწყრული ფერდობის ანგარიშის თანამედროვე მეთოდით  $\varphi$  და  $C$ -ს გასაშუალებული მნიშვნელობა არ იძლევა ფერდობის მდგრადობის რეალურ მნიშვნელობას. ჩვენი წინადადებით  $\varphi$  და  $C$ -ს მნიშვნელობანი განსაზღვრული უნდა იყოს მეწყრის ყოველი ბლოკისთვის, რაც გაცილებით ზუსტად ასახავს მეწყრის მდგრადობის პირობებს.

**დისერტაციის მიზანია** მეწყრული ფერდობის  $\varphi$  და  $C$  განსაზღვრული იქნეს არა მათი გასაშუალებული მნიშვნელობებით, არამედ იგი უნდა განისაზღვროს ლაბორატორიული წესით მეწყრული ფერდობის ყველა ბლოკისთვის.

**დისერტაციის არსი** მდგომარეობს იმაში, რომ უფრო საიმედო გავხადოთ მეწყრული ფერდობის ანგარიში.

**ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე** მდგომარეობს იმაში, რომ ჩვენ ვაყენებთ წინადადებას გრუნტის  $\varphi$  და  $C$  განისაზღვროს არა მეწყრის საშუალო მნიშვნელობით, არამედ განისაზღვროს ლაბორატორიული წესით მეწყრის ყველა ბლოკისთვის.

**ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება** გამოიხატება იმაში, რომ შემოთავაზებული მეთოდით განსაზღვრული  $\varphi$  და  $C$  გაცილებით კარგად ასახავს მეწყრული ფერდობის რეალურ პირობებს.

## ნაშრომის შინაარსი

შესავალში წარმოდგენილია თემის აქტუალობა, მისი მეცნიერული სიახლე და ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება.

პირველი თავის პირველ და მეორე ქვეთავში მოცემულია ქ. თბილისის გეომორფოლოგიური და გეოლოგიური პირობები, განხილულია აგრეთვე ტექტონიკის საკითხები. გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით ქ. თბილისი მიეკუთვნება მთაგორიან ქვეყანას. გეოლოგიურად ქ. თბილისში ძირითადად გავრცელებულია მესამეული ასაკის, უმთავრესად ზედა ეოცენის არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგობა. არგილითები იგივე თიხებია, რომელმაც გენეზისისა და შემდეგ პერიოდში განიცადა სახეცვლილება მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის შედეგად. დახასიათებულია მათი გამოფიტვის ქერქი.

ქვიშაქვები ძირითადად გლაუკონიტური და არკოზულია. ისინი შეცემენტებულია თიხური მასალით. ქვიშაქვები არგილითებთან შედარებით გაცილებით მტკიცეა. ისინი კლდოვან ქანებს მიეკუთვნება. აღნიშნული ქანები ერთმანეთთან მორიგობაშია, ზოგან არგილითები სჭარბობენ, ზოგან კი შებრუნებითაა. მესამე ქვეთავში მოცემულია ქ. თბილისის კლიმატი და ჰიდროგეოლოგიური პირობები. კლიმატის მხრივ ქ. თბილისი განეკუთვნება ზომიერ-კონტინენტურს. დახასიათებულია ქ. თბილისის ჰაერის ტემპერატურული პირობები და ატმოსფერული ნალექების ხასიათი და რაოდენობა.

მეორე თავში განხილულია ქ. თბილისის მეწყრული უბნები. იგი შედგება ექვსი ქვეთავისგან. პირველ ქვეთავში განხილულია მუხათგვერდის მეწყერი. მოცემულია მისი წარმოშობის მიზეზები. აქ განსაკუთრებითაა აღნიშნული, რომ მეწყერი წარმოიშვა ფერდობის ჩამოჭრის შედეგად. აქ მიმდინარეობდა

გზების გაყვანა, სახლების მშენებლობა და სხვა. ეს პროცესები ხდებოდა ყოველგვარი სამშენებლო წესების დარღვევით, რამაც საბოლოო ჯამში გამოიწვია მეწყერი. დღეისათვის მეწყრის გასაჩერებლად ჩატარდა მცირე რაოდენობის მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიება, მაგრამ იგი საკმარისი არ არის და ამჟამად მეწყერი კვლავ მოქმედია.

მეორე ქვეთავში მოცემულია ლიბანის მეწყერი. იგი განვითარდა ქ. თბილისის მარცხენა სანაპიროზე 453 მ ნიშნულზე. მეწყერი თბილისის ზღვის სამხრეთით მდ. მტკვრის ხეობისკენ მიმართულ ფერდობზეა გავრცელებული. ამ შემთხვევაშიც საქმე გვაქვს ანთროპოგენურ პროცესებთან. ნაშრომში მოცემულია მეწყრის წარმოშობისა და განვითარების მიზეზები. როგორც დადგინდა, მეწყრის წარმოშობის მიზეზი ფერდობის მოჭრა და ტექნოგენური წყლებია. საყურადღებოა ის ფაქტი, რომ მეწყრის გასამაგრებლად ჩატარდა მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიება ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯების გამოყენებით. თუმცა მან შედეგი ვერ მოგვცა, ვინაიდან გამაგრებითი ღონისძიებანი ბოლომდე არ იქნა მიყვანილი. მეწყერი დღეისათვის მოქმედია და რეალურ საფრთხეს უქმნის სკოლის შენობას.

მესამე ქვეთავში გამოკვლეულია მეწყერი, რომელიც წარმოიშვა ქალაქის ცენტრალურ ნაწილში, მ. ჯავახიშვილის ქუჩაზე 2015 წლის ივნისში. მან დიდი საფრთხე შეუქმნა მაცხოვრებლებს, მაგრამ მეწყერი დროულად იქნა გამოკვლეული, დროზე იქნა მიღებული მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებანი და დღეისათვის. შეიძლება ითქვას, რომ მეწყერი მტკიცედ არის გამაგრებული.

საინტერესოა მეოთხე ქვეთავში მოცემული კოსტავას ქუჩაზე არსებული მეწყერი. როგორც ანგარიშებმა გვიჩვენა, იგი პოტენციურ მეწყერს წარმოადგენს. მდგრადობის კოეფიციენტი მეტია 1-ზე, თუმცა ეს არ არის საკმარისი იმისათვის, რომ მეწყერსაშიშროება მოისპოს, საჭიროა აუცილებლად გატარდეს მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებანი.

მეხუთე ქვეთავში გამოკვლეულია გლდანში, შეშელიძის ქუჩაზე განვითარებული მეწყერი. ამ შემთხვევაში მეწყერის წარმოშობის მიზეზი გზის გაყვანის გამო ფერდობის მოჭრაა. ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ რელიეფი ისეთია, რომ არ ხდება ზედაპირული წყლების სწრაფი განტვირთვა, რაც ხელს უწყობს მეწყერის განვითარებას.

მეექვსე ქვეთავში განხილულია ფანასაკერტელის ქუჩის მეწყერული პროცესები, რომლებიც გვხვდება ძირითად ქანებში არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობაში. საერთოდ არგილითები და ქვიშაქვები მიეკუთვნება კლდოვან ქანებს და ამიტომ მასში მეწყერული პროცესები, როგორც მტკიცე ქანებში, იშვიათად გვხვდება. ეს იშვიათობა კი არის იმ შემთხვევაში, თუ ფერდობის დაქანება ემთხვევა ქანების ვარდნის მიმართულებას. ამ შემთხვევაში ხდება ქვიშაქვების დაცურება არგილითებზე. ამის კლასიკური მაგალითია მეწყერი ფანასაკერტელის ქუჩაზე.

მესამე თავის პირველ ქვეთავში მოცემულია მეწყერული ფერდობის მდგრადობაზე ანგარიშის თანამედროვე მეთოდები. აღნიშნულია, რომ დღეისათვის მეწყერული ფერდობის ანგარიშისათვის ყველაზე პოპულარულია მეწყერის ანგარიშის შემდეგი ორი მეთოდი, 1. როდესაც მეწყერული სხეულის დაცურების სიბრტყე წრიულცილინდრულია. 2. როდესაც მეწყერული სხეულის დაცურების სიბრტყე ბრტყელია (მასლოვ-ბერერის მეთოდი).

მესამე თავის მეორე ქვეთავში განხილულია შემთხვევა, როდესაც მეწყერული სხეულის  $\varphi$  და  $C$ -ს ანგარიშისათვის ყველა ბლოკში განსაზღვრულია, ხოლო მეორე შემთხვევაში აღებულია  $\varphi$  და  $C$  საშუალო მნიშვნელობები. როგორც ჩანს შედეგებში საკმაო განსხვავებაა. მიღებული შედეგებიდან ნათლად ჩანს, რომ უფრო ზუსტია, როდესაც ვიღებთ  $\varphi$  და  $C$ -ს მნიშვნელობებს ყველა ბლოკისთვის.



მეოთხე თავის პირველ ქვეთავში მოცემულია თუ რა დიდი მნიშვნელობა აქვს მეწყრული სხეულის მდგრადობის ანგარიშისთვის  $\phi$  და  $C$ -ს ზუსტად შერჩევას და ვიძლევიტ წინადადებას, რომ იგი განისაზღვროს ყველა ბლოკისთვის ცალ-ცალკე. ასევე მოკლედ არის მითითებული განხილული მეწყრების საწინააღმდეგო ღონისძიებანი.

მეოთხე თავის მეორე ქვეთავში მოცემულია დასკვნები და რეკომენდაციები.

## თავი I. ქ. თბილისის ტერიტორიის ბუნებრივი პირობები

### §1.1 გეომორფოლოგია და ჰიდროგრაფია

ქ. თბილისის და მისი შემოგარენი გეოლოგიურად წარმოადგენს დანაწევრებულ ტერიტორიას, რომელიც მდ. მტკვრის შუა დინებაშია განთავსებული. ქალაქის რელიეფის გეომორფოლოგიური ფორმები დაკავშირებულია თრიალეთის ქედის ჩრდილო-აღმოსავლეთ დაბოლოებასთან, რომელიც მცირე კავკასიონის რთული მთიანი ჯაჭვის ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია. ამრიგად, თბილისის ტერიტორია გეომორფოლოგიურად წარმოადგენს ქვაბულის ხეობას. ქვაბულის სიგანე ქალაქის სამხრეთ-აღმოსავლეთ ნაწილში 3000-4000 მეტრია, ხოლო მეტეხის ციხესთან 35-40 მეტრამდე ვიწროვდება.

მდ. მტკვარი, ქალაქს თითქმის მერიდიანული მიმართულებით ჰკვეთს, და ორ ნაწილად ყოფს: უფრო ამაღლებული - მარჯვენა სანაპიროდ და მნიშვნელოვნად დადაბლებული - მარცხენა სანაპიროდ.

მარჯვენა სანაპირო ხასიათდება უმთავრესად განედური მიმართულების ამაღლებებისა და დეპრესიების მონაცვლეობით. ქედებს შორის ყველაზე მნიშვნელოვანია: თელეთის ქედი, სეიდ-აბადის ამაღლება, სოლოლაკის ქედი, მამადავითის მთა, რომელიც მკვეთრად ეცემა ქალაქის ცენტრისკენ, წყნეთის ამაღლება და ბოლოს - დიდმის ამაღლება.

მამადავითის და წყნეთის ამაღლების მთისძირებთან მდ. ვერეს ღრმა ხეობა არის გაჭრილი.

სოფ. დიდმის ამაღლებათა სისტემაში განვითარებულია ერთმანეთის პარალელური საბურთალოს, ლისის და დიდმის დეპრესიები.

მდ. ვერეს ზემო დინებაში, თბილისის ქვაბულის დასავლეთ ნაწილის ადგილმდებარეობის მორფოლოგია შესამჩნევად იცვლება და ხასიათდება მკვეთრად დანაწევრებული მთიანი ლანდშაფტით, სადაც განვითარებულია მაღალი, ციცაბო-ფერდობებიანი ამაღლებები და ღრმა ხეობები და ხეხეები.

მარცხენა სანაპირო მორფოლოგიით მკვეთრად განსხვავდება მარჯვენა სანაპიროსგან. ხასიათდება რელიეფის უფრო რბილი, მომრგვალებული ფორმებით. აქ ჭარბობს ბორცვოვანი მაღალი ხეობები. ქვაბულის ეს ნაწილი წარსულში მდ. მტკვრის ინტენსიური ეროზიული ზემოქმედების მკაფიო კვალს ატარებს.

ყველა ჩამოთვლილი ამაღლება მდ. მტკვრის კალაპოტის პარალელურია; მათი ფერდობები დანაწევრებულია მრავალრიცხოვანი ხეხეებით, რომლებიც ამაღლებებს პატარა ქედების ფორმას აძლევს, ხოლო ეს ქედები თანდათანობით დადაბლებული, ცალკეული მწვერვალების სისტემისგან შედგება.

ჩამოთვლილი ამაღლებების გადაღმა ქალაქის ჩრდილო-აღმოსავლეთ მაწილში ყოფილი მარილიანი ტბების საკმაოდ ფართო დეპრესია მდებარეობს, რომელიც მდ. მტკვრის დინების პარალელურია. ამჟამად დეპრესია `თბილისის ზღვით` არის დაკავებული.

მდ. მტკვრის ხეობის ორივე ფერდობი დატერასებულია ქალაქის ფარგლებში. ჭალის ტერასის ჩათვლით სულ 6 ტერასა არის განვითარებული. უფრო მკაფიოდ ტერასები დიდ ფართობზე მარცხენა სანაპიროზე აღინიშნება. მარჯვენა სანაპიროზე ისინი წყვეტილი ზოლების სახით ვრცელდება, რადგანაც ერთმანეთისგან ხეხეებითაა განცალკევებული.

მდინარე მტკვარი განსახილველ რაიონში ჩრდილოეთიდან სამხრეთისკენ მიედინება. მდინარის 100-200 მეტრი სიგანის კალაპოტი მეტეხის ციხესთან 35-40 მეტრამდე ვიწროვდება. ნაპირები მკვეთრად არის გამოკვეთილი. მდინარის

ნაპირები ქალაქის ფარგლებში მოქცეულია 5-6 მეტრი სიმაღლის ბეტონის კედლებში. მდ. მტკვრის სიღრმე ქალაქის ფარგლებში 0.3-2.2-ს შეადგენს. წყლის დინების სიჩქარეა 0.4-2.7 მ/წმ. კვების მიხედვით მდ. მტკვარი შერეული ტიპისაა და თოვლით და წვიმებით კვების ტიპს მიეკუთვნება.

ქალაქის ფარგლებში მდ. მტკვრის მნიშვნელოვანი მარჯვენა შენაკადებია მდ. ვერე და მდ. დიდმისწყალი – დიდუბის ხიდთან. ორივე მდინარეს მერიდიანული მიმართულება აქვს. მათი სათავეები ქალაქიდან შორს, თრიალეთის ქედის კალთებზე იწყება. ქალაქის ფარგლებში მდ. ვერე შენაკადებს იღებს ნაკადულების სახით, რომლებიც ხევებში მიედინება, მაგალითად – მდ. ვარაზის ხევი მიედინება მდ. ვერეში ვაკის რაიონში. ასეთივე შენაკადები აქვს მდ. დიდმულას და ტაბახმელაწყალს, რომელიც მტკვარს ორთაჭალაში უერთდება.

მდ. მტკვრის ნაკლებად მნიშვნელოვანი შენაკადებია მდ. დაბახანისწყალი, რომელიც მდ. მტკვარს თბილისის თერმული წყაროების რაიონში ერთვის.

ქალაქის ფარგლებში მდ. მტკვრის მნიშვნელოვანი მარცხენა შენაკადებიდან უნდა აღინიშნოს მდ. გლდანი და მდ. ხევძმარი, რომლებიც მდ. მტკვარს რკინიგზის სადგურ ავჭალასთან ერთვის და მდ. საცხენისწყალი, რომელიც ნავთლუღის დაბლობს ჰკვეთს.

გარდა ზემოთ აღწერილი მდინარეებისა. ნავთლუღის ახლოს მდებარეობს „თბილისის ზღვა“ და ლისის და კუს ტბები.

ლისის ტბას უჭირავს არაღრმა დეპრესია ლისის მასივის თხემზე. დეპრესიის სიგრძე 0.96 კმ-ია, სიგანე – 0.75 კმ. წყლის სარკის ფართობი 0.47 კმ<sup>2</sup>-ია, მაქსიმალური სიღრმე – 2 მ. წყალშემკრები აუზის ფართობი – 16 კმ<sup>2</sup>.

კუს ტბას უჭირავს ტექტონიკური ღრმული მამადავითის მთის ჩრდილოეთ ფერდობზე. ტბის სიგრძე 200 მ-ია, სიგანე – 100 მ, წყლის სარკის ფართობი – 0.02 კმ<sup>2</sup>, მისი მაქსიმალური სიღრმე 2 მ-ია.

თბილისის ზღვას უჭირავს ფართო ჩაკეტილი დეპრესია, რომელიც ქალაქის ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან შემომსაზღვრელია მაღლობებით. წყალსაცავი ვრცელდება ჩრდილო-დასავლეთიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისკენ; მისი სიგრძე 8.5-9.0 კმ-ია. მაქსიმალური სიღრმე 40 მ. წყალშემკრები აუზის ფართობი 32 კმ<sup>2</sup>.

## §1.2. გეოლოგია და ტექტონიკა

ქ. თბილისი ტექტონიკურად წარმოადგენს აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის და საქართველოს ბელტის ურთიერთშეხების ზოლს, საქართველოში წარმოებული გეოლოგიური სამეცნიერო სამუშაოების ერთ-ერთ მნიშვნელოვან რაიონად ითვლება. ეს განპირობებულია მათი გეოლოგიური, ჰიდროგეოლოგიური და გეომორფოლოგიური პირობების მრავალფეროვნებითა და სირთულით.

თბილისის რაიონი და მისი შემოგარენი მნიშვნელოვანი სიმძლავრის დანალექ-ფლიშური და ვულკანოგენური ნალექებითაა წარმოდგენილი. ქალაქის ტერიტორიის უმეტეს ნაწილზე აღნიშნული ნალექები გადაფარულია მეოთხეული ასაკის მძლავრი წარმონაქმნებით, თუმცა მდ. მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე, ქანები მრავალ ადგილას შიშვლდება, ფერდობების გამყოფ ხევებში და მდინარეთა ხეობებში.

აღვნიშნოთ, რომ ქ. თბილისის სტარტიგრაფიის ზოგადი დახასიათება გეოლოგიური განვითარების ისტორიის თვალსაზრისით, რომელიც ქვემოთ არის მოცემული, ძირითადად მრავალი მკვლევარის შრომების საფუძველზეა შედგენილი. ჩვენ მოკლედ შევეხებით მათ დახასიათებას:

ქვედა ეოცენი – მიეკუთვნება აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ზედა ფლიშური წყებების ნაღებებს (ე. წ. პალეოცენ-ქვედა ეოცენის ფლიშური ქანები). ნაღებები თბილისის გარეთ შიშვლდება თრიალეთის ქედის სამხრეთ პერიფერიაზე და მდ. ალგეთის ხეობაში – თელეთის ქედის სამხრეთ ზოლში.

ძირითადი ქანები ქალაქის ფარგლებში გახსნილია შურფებისა და ჭაბურღილების საშუალებით. მასზე დაყრდნობით ჭრილის ქვედა ნაწილში ნაღებები წარმოდგენილია თხელშრეებრივი დევროლითების, ალევროლითების, ალევროლითური თიხების, მერგელების და ქვიშაქვების მონაცვლეობით ცუდად დამუშავებულ კუთხოვან კენჭნარებთან.

წყების შუა ნაწილში ქვიშაქვების როლი მნიშვნელოვნად იზრდება. ქანები ძირითადად წარმოდგენილია უხეშშრეებრივი, მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვების დასტებით, რომლებშიც კონგლომერატების ლინზები და თხელშრეებრივი წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვების, ალევროლითების და მერგელების შუაშრეები გვხვდება. მათთან არის დაკავშირებული აგრეთვე ტუფობრექჩიების მძლავრი (50 და 100 მ) ორი დასტა და თეთრი მკვრივი ფსამიტოლითების 25 მ სიმძლავრის დასტა.

მათი ნაწილი ძირითადად თხელშრეებრივი ალევროლითებით და მსხვილმარცვლოვანი ქვიშაქვებით არის აგებული, ფიქლისმაგვარი თიხებისა და ალევროლითების შუაშრეებით.

ქვედა ეოცენი – თბილისის რაიონის ფარგლებში გახსნილია თელეთის უბანზე გაყვანილი ღრმა საძიებო ჭაბურღილებით. ხსენებული ჭრილებისგან განსხვავებით, აქ ქვედა ეოცენი წარმოდგენილია პელიტოლითების, ალევროლითების, თიხოვანი და ორგანოგენული მერგელების, სხვადასხვამარცვლოვანი გრაუვაკ-პლაგიოკლაზიანი და კვარც-გრაუვაკიანი შედგენილობის ქვიშაქვების მონაცვლეობით. ჭრილის ზედა ნაწილში აღინიშნება კრისტალოკლასტური ტუფების, ცეოლითიზირებული

ტუფოქვიშაქვების და კარბონატული ტუფიტების შუაშრეები. ქვედა ეოცენის წარმონაქმნები ყველგან დახასიათებულია ფორამინოფერებით. ქვედა ეოცენის სიმძლავრე ფართო დიაპაზონში იცვლება \_ 650-დან 2000 მ-მდე.

**შუა ეოცენი.** შუა ეოცენური ნალექები თბილისის ტერიტორიის სამხრეთ ნაწილში თელეთისა და სეიდ-აბადის ქედების აგებულებაში მონაწილეობენ. ამ ნალექების კარგი ჭრილები გვხვდება დაბახანის ხეობაში, ავლაბრის სერებზე და მეტეხის ხიდთან. შუა ეოცენური ნალექები ორ წყებად იყოფა:

1. `დაბახანის~ წყება, წარმოდგენილი თიხიანი ფიქლებით, მერგელოვანი თიხების და წვრილმარცვლოვანი, შრეებრივი, ტუფოგენური ქვიშაქვების მორიგეობით. წყების სიმძლავრე 75-2500 მ-ის ფარგლებში მერყეობს.
2. `ხლართულშრეებრივი ბრექჩიების~ ჰორიზონტი, რომელიც თანხმობით აგრძელებს დაბახანის წყებას, მეტად თავისებური აგებულებისაა. შედგება სხვადასხვა შედგენილობის და სიდიდის ლოდებისა და მათი ნამტვრევებისაგან, რომლებიც უხეში ტუფოგენური ქვიშაქვებით არის შეცემენტებული. ჩანართები წარმოდგენილია ზედა ცარცის და პალეოგენის კირქვებით, აგრეთვე მერგელებით, კირქვიანი შრეებრივი ქვიშაქვებით, მუქი ნაცრისფერი ფიქლებით, ტუფოქვიშაქვებით და ეფუზიური ქანებით. ამ ჰორიზონტში ზოგიერთ ადგილში გამოიყვანა ანდეზიტ-ბაზალტური შედგენილობის შიგაფორმაციული განფენები. აღნიშნულ ჰორიზონტს ლოკალური გავრცელება აქვს და მისი საზღვრები მკვეთრად იხაზება. `ხლართულშრეებრივ~ ბრექჩიებს მაქსიმალური სისქე (100 მ და მეტი) აქვს თბილისში და ნავთლუღის რაიონში. უფრო სამხრეთით გაცილებით ნაკლებია. ასეთივე სურათია დასავლეთის მიმართულებითაც. მაგალითად, ასურეთის დასავლეთით ჰორიზონტი მთლიანად ისოლება.

მკვლევარების უმრავლესობა თვლის, რომ ზემოაღნიშნული ჰორიზონტი თანხმობით არის განლაგებული დაბახანის წყებაზე, თუმცა ზოგიერთს,

კერძოდ, ვ. ნახიშვილს (1937 წ.) და მ. ვორონცოვს (1950 წ.) მიაჩნიათ, რომ იგი უთანხმოდ აღეგნება დაბახანის წყების შემადგენელ ჰორიზონტებს.

პ. გამყრელიძის (1949 წ.) აზრით `ხლართულშრეებრივი ბრექჩიების~ ჰორიზონტი წარმოადგენს დაბახანის წყების ზედა ნაწილის ფაციესს.

ზედა ეოცენი – შუა ეოცენური ტუფოგენური ნალექები თანდათანობით იცვლება ფლიშური ტიპის ზედა ეოცენური დანალექი წარმონაქმნებით. ზედა ეოცენური ნალექები საკვლევ რაიონის დიდ ფართობს მოიცავს. ისინი გავრცელებულია თბილისის ტერიტორიაზე. მათი კარგი გაშიშვლებები გვხვდება მდ. მტკვრის კალაპოტში, მამდავითის მთის ფერდობებზე, თბილისის აღმოსავლეთით, მტკვრის მარცხენა შენაკადების ორხევის და ლოჭინის აუზის ქვემო ნაწილში. კოდა-წალასყურის ვაკის და ჯეირანის ველის ფარგლებში იგი მცირე სისქის მეოთხეული საფარის ქვეშ არის მოქცეული.

ზედა ეოცენური ნალექები ქვედა ნაწილებში წარმოდგენილია ფიქლებრივი თიხებით, რომლებშიც შერეულია წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვები, მერგელები და მომწვანო ფერის ტუფოგენური ქვიშაქვები. წყების ზედა ნაწილში უფრო მეტად შეიმჩნევა სხვადასხვა მარცვლოვანი ქვიშაქვებისა და თიხების მორიგეობა.

საკვლევ რაიონში გავრცელებული ზედა ეოცენური ნალექები ორ წყებად იყოფა: ნავთლუდის ბითუმისშემცველი წყება, ანუ ქვედა თევზებიანი ჰორიზონტი და ნუმულიტიანი, ანუ თბილისის წყება.

პირველი წყება ხასიათდება თხელშრეებრივი ალევროლითების, წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვების, ფიქლებრივი ქვიშიანი თიხების და შედარებით სქელშრეებრივი ქვიშაქვების მორიგეობით. თბილისის ფარგლებში მისი კარგი გაშიშვლება არის სოფ. ოქროყანასკენ მიმავალი გზის გასწვრივ. მ. ვორონცოვის მიერ შედგენილი ჭრილის მიხედვით აქ გვაქვს სქელშრეებრივი



ქვიშაქვების, ტუფოგენური ქვიშაქვების და თიხების მორიგეობა. წყების ზედა ნაწილებში შეიმჩნევა ქვიშიანი შუაშრების თანდათანობითი მატება. ქვიშაქვები გრაუვაკული მოყვანილობისაა. ნავთლულის წყების საერთო სიმძლავრე ზემოაღნიშნულ წყებაში 400 მ-ს აღწევს. უფრო ჩრდილოეთით კი მისი სისქე თანდათანობით კლებულობს.

ზედა ეოცენური ნალექების მეორე შემადგენელი ერთეული `ნუმულიტიანი თბილისის~ წყება კარგად არის წარმოდგენილი მამადავითის მთაზე, მდინარე ვერეს ხეობაში, სოფ. დიღმის მიდამოებში, აგრეთვე, თბილისის დასავლეთით მდ. ორხევის და ლოჭინის ქვედა წელში.

ნუმულიტიან წყებას შეადგენს ქვიშაქვიან-ალევრითულ-თიხიანი ნალექები, ჭარბობს ქვიშაქვები. წყება თაბაშირიანია, შეიცავს ნუმულიტებს, რომელიც განსაკუთრებით ჭარბობს წყების ზედა ჰორიზონტში, წყების სისქე თბილისის ფარგლებში 1000-1250 მ-ს შეადგენს.

საკვლევი რაიონის ფარგლებში, ისევე როგორც საერთოდ აჭარა-თრიალეთის სისტემის აღმოსავლეთ დაბოლოებაზე გავრცელებული ზედა ეოცენური ნალექები გეოსინკლინური აუზის განვითარების ბოლო სტადიაში უნდა იყოს მოყოლებული. ამ პერიოდში უკვე ჩანს გეოსინკლინის ფსკერის დანაოჭების და აღზევების ტენდენცია. ზოგიერთ ადგილებში ზედა ეოცენურ ნალექებში შეიმჩნევა მსხვილი ქვარგვალეებისაგან შედგენილი კონგლომერატის შრეები, რომელიც ვულკანურ მასალას შეიცავს. ასეთი სურათი კარგად ჩანს სოფ. კიკეთში მიმავალი გზის ჭრილში და აგრეთვე საკვლევი ტერიტორიის სხვა ადგილებშიც. აღნიშნული კონგლომერატები წარმოქმნილი უნდა იყოს ზედა ეოცენის წინა ოროგენეტული მოძრაობის შედეგად ამოზიდული ჩრდილიერების გადარეცხვის ხარჯზე.

საერთოდ ზედა ეოცენური პერიოდი წარმოადგენს ერთ-ერთ მნიშვნელოვან ეტაპს აჭარა-თრიალეთის გეოსინკლინის განვითარებაში. ამ დროს იწყება მისი განაწევრება. ამით არის გამოწვეული ზედა ეოცენური ნალექების მრავალფეროვნება. ეს კარგად შეიმჩნევა როგორც მთლიანად აჭარა-თრიალეთში, ასევე თბილისის რაიონშიც.

ზედა ეოცენური ნალექები თანდათან გადადის ოლიგოცენურ-ქვედა მიოცენურ ნალექებში, რაც მათ შორის საზღვრის გატარებას თითქმის შეუძლებელს ხდის. ეს ნალექები გაშიშვლებულია ავჭალა-მარტყოფის ზოლში, კოდა-წალასყურის ველზე, იაღლუჯის ქედის ჩრდილოეთ და დასავლეთ ფერდობებზე და ჩათმის ამაღლების გასწვრივ.

ოლიგოცენ-ქვედამიოცენური ნალექები მაიკოპური ფაციესით არის წარმოდგენილი. დამახასიათებელია მოყავისფრო რუხი და მუქი ნაცრისფერი თხელშრეებრივი თიხები, რომლებიც თაბაშირს და იაროზიტს შეიცავს. მათთან ხშირად მორიგეობს ღია მონაცრისფრო და მოუვითალო-ნაცრისფერი მსხვილმარცვლოვანი პოლიმიქტური ქვიშაქვები.

მაიკოპის წყების ჭრილები კარგად არის გაშიშვლებული ხევ-ძმარის და გლდანისწყლის ხეობების ქვემო წელში. აქ შეიმჩნევა წყების სისქის თანდათანობით მატება ჩრდილოეთიდან სამხრეთისაკენ და შესაბამისად თიხური მასალის მატება ქვიშაქვის როლის შემცირების ხარჯზე. ასეთი სურათია მაიკოპური წყების განედური გავრცელების ზოლშიც – დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ.

მაიკოპური წყება, რომელიც დღეისათვის ფაუნისტურად დათარიღებულია, ზედა ეოცენსა და თარხნულ ჰორიზონტს შორის არის მოქცეული. იგი ნაწილდება ცალკეულ სართულებად. არსებული პალეონტოლოგიური

მასალის სიმცირის გამო, როგორც აღვნიშნეთ, მეტად პირობითია ქვედა საზღვარიც, რადგან მხოლოდ ფაუნის არსებობა წყების საზღვრის მკვეთრად მოკვეთის საშუალებას არ იძლევა, ფაციესების მსგავსების გამო. რაც შეეხება ზედა საზღვარს, იგი კარგად არის ფიქსირებული ფაციესთა სხვადასხვაობით და თარხნულისათვის დამახასიათებელი მაკრო და მიკრო ფაუნის გამოჩენით.

მაიკოპური ნალექების სისქე საკვლევი რაიონის ჩრდილო ნაწილში ისევე, როგორც სამხრეთში, დაახლოებით 1500-2000 მ-ია. საკვლევი რაიონის ცენტრალურ ნაწილში მაიკოპური ნალექები გადარეცხილია.

თარხნული ჰორიზონტი – მაიკოპური თიხები თანდათანობით გადადის თარხნულ ჰორიზონტში, რომელიც რაიონის ჩრდილოეთ ნაწილში წარმოდგენილია მუქი ნაცრისფერი თხელშრეებრივი კარბონატული თიხებით. ამ წყებაში თაბაშირი და იაროზიტი აღარ არის. ისინი შეიცავს თარხნულისათვის დამახასიათებელ ზღვიურ ფაუნას. ჰორიზონტის სისქე აქ დაახლოებით 40 მ-ია. მისი მცირე სისქე ზევით ტრანსგრესიულად მდებარე ჩოკრაკულის გავლენით აიხსნება.

იაღლუჯის ქედის მიდამოებში თარხნულის არსებობა ბოლო წლებში დადგინდა. იგი ლითოლოგიურად წარმოდგენილია კარბონატული ქვიშიანი თიხების და თიხების მორიგეობით. ჭრილში ქვიშიანი თიხების სიჭარბე შეიმჩნევა. რაიონის ჩრდილოეთ ნაწილში გავრცელებულ ამავე ასაკის ნალექები დიდი რაოდენობით შეიცავს თაბაშირს და იაროზიტს. ამ მხრივ ისინი მაიკოპური თიხების მსგავსია. თუმცა, განსხვავდებიან იმით, რომ შეიცავენ კარბონატს. თარხნული ჰორიზონტის სისქეზე, რომელიც აქ დაახლოებით 10 მ-ია, გავლენა მოუხდენია ჩოკრაკულის ჰორიზონტს. იაღლუჯის ქედის ჩრდილოეთ ფერდობზე მიმართების გასწვრივ დასავლეთისკენ თარხნული ჰორიზონტი გადარეცხილია.

ჩოკრაკული ჰორიზონტი – ეს ჰორიზონტი ფაუნისტურად თვალსაჩინოდ განსხვავდება მის ქვეშ მდებარე თარხნულისგან. ნორიო-მარტყოფის ზოლში ასეთი სურათია. ქვედა ნაწილში საშუალო და წვრილმარცვლოვანი ქვიშაქვები, ზედა ნაწილში კი – მსხვილმარცვლოვანი კვარციანი ქვიშაქვები და კონგლომერატები, ხოლო სულ ზედა ნაწილში – მძლავრი ქვიშაქვები. ამ ჰორიზონტთან ხშირად თხელშრეებრივი თიხიანი ქვიშაქვები და თიხები მორიგეობენ, რომლებიც იაროზიტს შეიცავენ. საერთოდ ჩოკრაკულში ჭარბობს მსხვილმარცვლოვანი მასალა, რომელიც ქვევიდან ზევით თანდათანობით იზრდება, ჩოკრაკული ნალექების სისქე ორ ასეულ მეტრს აჭარბებს.

რაიონის სამხრეთ ნაწილში ჩოკრაკული ნალექები იაღლუჯის ქედის ჩრდილოეთი ფერდის გასწვრივ გაიდევნება, სადაც ისინი იცვლება ორი მეტრი სიმძლავრის კონგლომერატებით, რომლებშიც კირქვების, მერგელების, ფიქლების, კვარციტისა და ქვიშაქვების ქვარგვალეები გვხვდება, რომლის დამუშავების ხარისხი გაცილებით ნაკლებია. განსაკუთრებით ხშირია ალბიტოფირი. ცემენტი თიხიანია, თიხიანია კონკრეციებიც.

კონგლომერატების ზევით შედარებით წვრილმარცვლოვანი და საშუალომარცვლოვანი მუქი ნაცრისფერი ქვიშაქვები გვხვდება. მასალა ანალოგიურია, უფრო ზევით კი ფერადი თიხების ქვიშაქვებისა და თიხების მორიგეობაა.

როგორც ჩანს, ჩოკრაკული ნალექები იაღლუჯის მიდამოებში ასიმეტრიულადაა განლაგებული ძველ ნალექებზე. ჩოკრაკული ჰორიზონტის სიმძლავრე რაიონში 80 მ-ს აღწევს.

კარაგანდული ჰორიზონტი – ამ ჰორიზონტის ნალექები დაახლოებით იმავე სივრცეშია გავრცელებული, სადაც მიოცენის უკვე განხილული ჰორიზონტები დავახასიათეთ.

საკვლევი რაიონის ჩრდილოეთ ნაწილში (გლდანის წყლის, ხევძმარის ხეობები) ჩოკრაკულ ნალექებს თანხმობით აგრძელებს კარაგანდული ჰორიზონტის თიხიან-ქვიშიანი ნალექების მორიგეობა, რომლებშიც მერგელები და კირქვები გვხვდება. კარაგანდული ჰორიზონტის თიხები თხელშრეებრიობით ხასიათდება და მომწვანო-მონაცრისფრო და მოლურჯო-ნაცრისფერი გადაკრავთ. ქვიშაქვები ნაცრისფერი და თხელშრეებრივია.

მერგელები და კირქვები ხშირად დიდი რაოდენობით შეიცავს ფაუნას. კარაგანდული ჰორიზონტის სიმძლავრე უბანზე 100 მ-ს აღწევს.

იაღლუჯის ქედის მიდამოებში ეს ჰორიზონტი თანხმობით არის განთავსებული ჩოკრაკულზე. ლითოლოგიურად წარმოდგენილია ქვიშიან-თიხიანი ნალექებით. ქვიშაქვები უხეშმარცვლოვანია, ხშირად გადადის კონგლომერატებსა და წვრილხვინჭიან კონგლომერატებში. კონგლომერატების შემადგენლობაში ჭარბობს ვულკანოგენური და გრანიტული მასალა. ბევრია აგრეთვე დანალექი ქანების ქვარგვალეებიც. უფრო დამორჩილებულ როლს თამაშობს თიხები. ისინი ჭრილებში 5-10 მ სიმძლავრის დასტების და ცალკეული შუაშრეების სახით გვხვდება.

კონკური ჰორიზონტი – საკვლევი რაიონის ჩრდილოეთ ნაწილში ეს ჰორიზონტი ცუდად არის გამოიშვლებული. ძირითადად წარმოდგენილია ქვიშიან-თიხიან ფაციესით, აგრეთვე კირქვებით. სისქე 20-30 მ-ს არ აღემატება. თვალსაჩინოდ გამოიყოფა კონკური ჰორიზონტი, კარაგანდულის ზევით იაღლუჯის ქედზე. იგი წარმოდგენილია სქელშრეებრივი მკვრივი, ჟანგისფერი

ქვიშაქვებით, რომლებიც დიდი რაოდენობით შეიცავს ფაუნას. ქვიშაქვებში ხშირია მიკროკონგლომერატების შუაშრები მასალის შემცველობით. თიხები, რომლებიც აღნიშნულ ქვიშაქვებში მორიგეობს, ქვიშის შემცველობით ხასიათდება და სხვადასხვა შეფერილობისაა. კონკური ჰორიზონტის სიმძლავრე იაღლუჯის მიდამოებში 70 მ-ს არ აღემატება.

ქვედა სარმატი – საკვლევი რაიონის ჩრდილოეთ ნაწილში ავჭალა-ნორიოს ზოლში ქვედა სარმატული ნალექები ტიპური ზღვიური ფაციესით არის წარმოდგენილი. ლითოლოგიურად ეს ნალექები წარმოადგენს მოცისფრო-ნაცრისფერ და ნაცრისფერ თიხებს. ქვიშაქვებისა და უფრო იშვიათად კონგლომერატების შუაშრებით. ამ ნალექებში გვხვდება ქვედა სარმატისათვის დამახასიათებელი ფაუნა. ქვედა სარმატული ნალექების სისქე და მასში თიხოვანი მასალის ხვედრითი რაოდენობა აღმოსავლეთისაკენ თვალსაჩინოდ მატულობს. ნალექების სისქე ამ რაიონში 100 მ-ს აღწევს. მდ. მტკვრის მარჯვენა მხარეს, ქ. რუსთავის ახალი საცხოვრებელი რაიონის ტერიტორიაზე ქვედა სარმატი წარმოდგენილია უხემმარცვლოვანი კარბონატული შრეებითა და დასტებით, რომლებიც შეიცავს ქვედა სარმატისათვის დამახასიათებელ კარგად დაცულ ფაუნას.

ზედა სარმატი, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, იაღლუჯის ქედის საკვლევი ტერიტორიის სამხრეთ საზღვარს წარმოადგენს. მის მორფოლოგიას განაპირობებს დიდი სისქის ალუვიური კონგლომერატების წყება, რომელიც ჩრდილოეთიდან, ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან და ნაწილობრივ დასავლეთიდან მიოცენური ნალექების ზოლით იფარგლება, სამხრეთით კი ახალგაზრდა წარმონაქმნების ქვეშაა მოქცეული.

კონგლომერატების შედგენილობა მეტად მრავალფეროვანია. ისინი ძირითადად წარმოდგენილია სამხრეთ-აღმოსავლეთ საქართველოს

ტერიტორიაზე ფართოდ გავრცელებული ზედა ცარცული ვულკანოგენური დანალექი წარმონაქმნებით და ლოქისა და ხრამის კრისტალური მასივების მასალით. სახელდობრ, შეიმჩნევა ალბიტოფირების, პორფირიტების და გრანიტული მასალის სიჭარბე. საკმაოდ ბევრია აგრეთვე კირქვების და ქვიშაქვების ქვარგვალეებიც. ვულკანოგენური მასალის შემცველობის გამო კონგლომერატებს სიჭრელე ახასიათებს. ქვარგვალეების ზომები საშუალოდ 5-15 მმ დიამეტრის ფარგლებშია. მათ განლაგებაში რაიმე კანონზომიერება არ შეიმჩნევა. ცემენტი თიხიან-ქვიშიანი და კარბონატულია. საერთოდ კონგლომერატები მტკიცედ არის შეცემენტებული, თუმცა ცემენტაციის ხარისხი სხვადასხვა ადგილებში სხვადასხვაა, იმის მიხედვით თუ როგორ ცვალებადობს ცემენტში კარბონატის და ქვიშაქვის რაოდენობა. ქვიშაქვებთან, რომელთა დასტების სისქე 10 მ და მეტია, მორიგეობს უსტრუქტურო მორუხომოწითალო, ზოგან ნაცრისფერი ან მტრედისფერი კარბონატული თიხები. ისინი ზედაპირზე ძლიერ დანაპრალიანებული და გამოფიტულია, ხოლო საღმდგომარეობაში საკმაოდ მკვრივი და ბლანტია, მიუხედავად იმისა, დიდი რაოდენობით შეიცავს ქვიშიან მასალას. თიხიანი შრეების სისქე 4-5 მ-ს არ აღემატება. წყების საერთო სისქე კი დაახლოებით 450 მ-ია. მასში აქამდე ფაუნა არაა ნაპოვნი, რის გამოც ასაკზე მსჯელობა მხოლოდ ზოგად გეოლოგიურ მოსაზრებებზეა დაყრდნობილი.

პრაქტიკულად ქ. თბილისის რაიონი აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა სისტემის ტექტონიკური ზონის აღმოსავლეთ ნაწილს მიეკუთვნება. ეს ზონა შუა და ზედა ცარცის ვულკანოგენურ-ფლიშური და ეოცენის მძლავრი ვულკანოგენურ-ფლიშური წარმონაქმნების გავრცელებით ხასიათდება. ქანები თავმოყრილია განედური მიმართულების მარაოსებრ ან კოლოფისმაგვარ მსხვილ ანტიკლინურ ოლქში.

დანარჩენი ნაწილისგან განსხვავებით, განსახილველი ტექტონიკური აღმოსავლეთი დაბოლოება, რომელიც მთლიანად აჭარა-თრიალეთის სისტემის აღმოსავლეთ დაძირვას შეესაბამება, დანაოჭების შესუსტებით ხასიათდება, რაც სუსტად შეკუმშული, შედარებით დამრეცი ნაოჭების განვითარებაში გამოიხატება.

ამგვარი სტრუქტურულ-ტექტონიკური, აგრეთვე ფაციალური ნიშან-თვისებით, პ. გამყრელიძის მიხედვით, ცენტრალური ზონის აღმოსავლეთ ნაწილში დილომი-სართიქალას ტექტონიკური ქვეზონა გამოიყოფა.

ქ. თბილისის რაიონი ამ ქვეზონაში მდებარეობს და ხასიათდება სუსტად შეკუმშული შედარებით ნორმალური ნაოჭებით, ჩრდილოეთისკენ ერთგვარი ტენდენციით.

ქ. თბილისის რაიონში რამდენიმე კარგად გამოხატული ანტიკლინური და სინკლინური ნაოჭი მდებარეობს. ისინი დეტალურად არის შესწავლილი და აღწერილი სხვადასხვა მკვლევარების მიერ.

ჩრდილოეთიდან შესწავლილ ტერიტორიას ხევძმარა-დიღმის სინკლინის აღმოსავლეთი ნაწილი შემოსაზღვრავს. ის ძირითადად ოლიგოცენის ნალექებით არის აგებული. ნეოგენის ნალექები მხოლოდ სინკლინის მულდაში არის განვითარებული. დასავლეთით, ნაოჭის ამოზევების შედეგად, მდ. მტკვრის მარჯვენა ნაპირზე ოლიგოცენის ნალექები გადარეცხილია და ნაოჭის აგებულებაში მხოლოდ ზედა ეოცენის ქანები მონაწილეობს.

სინკლინი ასიმეტრიული აგებულებისაა და ოდნავ გადაყირავებულია. ნაოჭის გადაყირავება განსაკუთრებით კარგად შეინიშნება მდ. მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე, სადაც ჩრდილოეთ ფრთაზე ოლიგოცენის დახრილობა  $25-30^{\circ}$



შეადგენს, ხოლო სამხრეთ ფრთაზე – 60-70<sup>0</sup>. აღმოსავლეთის მიმართულებით ხევძმარა-დიღმის სინკლინი იკეტება მდ. იორის მარჯვენა ნაპირზე.

აღწერილი სინკლინის სამხრეთით ლისის, ანუ დიღმის ანტიკლინია განთავსებული, რომელიც სოფ. დიღმიდან აღმოსავლეთით ვრცელდება. დიდუბის რაიონში ანტიკლინი მდ. მტკვრის მარცხენა ნაპირზე გადადის და ნაძალადევის რაიონში სწრაფად იძირება. ნაოჭი ზედა ეოცენის ნუმულიტებიანი წყების ქვიშაქვა-თიხური ქანებით არის აგებული და ასიმეტრიული აგებულება აქვს, ციცაბო (60-700) ჩრდილოეთი და შედარებით ნაკლებ დამრეცი (20-300) სამხრეთი ფრთებით.

ლისის ანტიკლინის სამხრეთით მდებარე საბურთალოს სინკლინი აგებულია ზედა ეოცენის ქანებით, რომლებშიც დიდუბის რაიონში კარგად ხდება ნაოჭის ჩაკეცვა.

რაიონის ტექტონიკურ აგებულებაში არსებით როლს სეიდ-აზადის სინკლინურ-ანტიკლინური ნაოჭი თამაშობს. ის სეიდ-აზადის ქედიდან აღმოსავლეთით ტერიტორიის გავლით ვრცელდება და დამრეცად იძირება ნავთლულის მიდამოებში, ნავთლულის წყების ქანებში. ნაოჭი ხასიათდება საკმაოდ დამრეცი თაღით, რომელიც შუა ეოცენის ვულკანოგენური ქანებით არის წარმოდგენილი. სამხრეთი ფრთა დამრეცია (5-100), ჩრდილოეთი ფრთა კი უფრო ციცაბოა (15\_250). ნაოჭის ფრთები და აღმოსავლეთი დაბოლოება ზედა ეოცენის ქვიშაქვა-თიხური ქანებით არის წარმოდგენილი, რომლებიც ქალაქის ფარგლებში და მდ. მტკვრის ნაპირებზე საკმაოდ კარგად შიშვლდება.

ქ. თბილისის სამხრეთ პერიფერიაზე ტაბახმელას, ანუ კრწანისის სინკლინი მდებარეობს, რომლის აღმოსავლეთი დაბოლოება თბილისის ფარგლებში თავსდება. ის ზედა ეოცენის ქანებით არის აგებული.

ზემოაღნიშნულიდან შეიძლება დავასკვნათ, რომ ქ. თბილისი ეკუთვნის მთაგორიან სისტემას და, ბუნებრივია, რომ მეწყრული პროცესების განვითარების ყოველგვარი წინაპირობებია.

### **§1.3. კლიმატი, სეისმიკა, ჰიდროგეოლოგიური პირობები**

კლიმატური პირობების დახასიათებას ვიძლევიტ საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/1743 2008 წლის 25 აგვისტოს „სამშენებლო კლიმატოლოგია“ დაყრდნობით. კლიმატური მახასიათებლები აღებულია დიღმისა და დიდი დიღმის მეტეოსადგურების მიხედვით. საკვლევი ტერიტორია ხასიათდება კონტინენტური, ზომიერად თბილი კლიმატით, წელიწადში ორი მინიმუმით.

სამშენებლო კლიმატური დარაიონების მიხედვით ტერიტორია მიეკუთვნება IIIგ ქვერაიონს.

ჰორიზონტალურ ზედაპირზე მზის პირდაპირი რადიაცია როგორც დიღმის, ასევე დიდი დიღმის სადგურების მიხედვით შეადგენს: იანვრისთვის 22, აპრილისთვის 74, ივლისისთვის 125, ოქტომბრისთვის 53 კვტ. სთ/მ<sup>2</sup> თვეში; ხოლო ჯამური რადიაცია შესაბამისი თვეების მიხედვით 49, 135, 195 და 92 კვტ. სთ/მ<sup>2</sup> თვეში; ჰაერის წლის საშუალო ტემპერატურა დიღმისა და დიდი დიღმის სადგურების მიხედვით შესაბამისად 12.30 და 12.60, აბსოლუტური მინიმუმი - 23.0 და 24.0, აბსოლუტური მაქსიმუმი 40.0; ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა ორივე სადგურის მიხედვით - წლის საშუალო 66%, ყველაზე ცივი თვისთვის - 60%, ყველაზე ცხელი თვისთვის - 30%; ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა წელიწადში 560 მმ, ხოლო დღეღამური მაქსიმუმი შეადგენს 146 მმ; თოვლის

საფარის დღეთა რაოდენობა დიდი დიღმის მეტეოსადგურის მონაცემებით - 14 დღე, დიღმის სადგურის მონაცემებით - 15 დღე, თოვლის საფარის წონა 0.50 კპა; ქარის წნევის ნორმატიული მნიშვნელობები 5 და 15 წელიწადში ერთხელ დიღმის სადგურის მონაცემებით 0.38 და 0.60 კპა, დიდი დიღმის სადგურის მონაცემებით 0.73 და 0.85 კპა, ქარის უდიდესი სიჩქარე შესაძლებელი 1, 5, 10, 15, 20 წელიწადში ერთხელ მ/წმ შესაბამისად: დიღმის მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით 21, 26, 29, 30, 31, დიდი დიღმის მეტეოსადგურის მონაცემების მიხედვით 28, 33, 35, 36, 37; ქარის უდიდესი და უმცირესი სიჩქარე მ/წმ დიღმის მეტეოსადგურის მონაცემებით იანვარში 2.1/0.1, ივლისში 2.0/0.7; გრუნტების სეზონური გაყინვის ნორმატიული სიღრმე (სმ) – 0.

როგორც ზემოთ არის აღნიშნული, კლიმატური მონაცემები აღებულია დღეისათვის ქვეყანაში ოფიციალურად მოქმედი სნ და წ „სამშენებლო კლიმატოლოგიაზე“ დაყრდნობით (საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/1743 2008 წლის 25 აგვისტო), თუმცა გარემოს ეროვნული სააგენტოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის მონაცემებზე დაყრდნობით, სამშენებლო მოედანთან უახლოესი ქ. თბილისის (დიღომი) მეტეოროლოგიური სადგურის დაკვირვებათა რიგით, 1972 წლის 15 დეკემბერს დაფიქსირებულია ქარის მაქსიმალური სიჩქარე 41 მ/წამში.

1968 წელს გამოცემული კლიმატის ცნობარის (ცნობარი №14 „ქარი“) №10 ცხრილის მიხედვით იმავე სადგურის 1; 5; 10; 15 და 20 წელიწადში ერთხელ სხვადასხვა შესაძლებელი ალბათობით (მათ შორის, დაქროლვა) მაქსიმალური ქარის სიჩქარეები შესაბამისად შემდეგია: 1 – 33 მ/წმ; 5 – 38 მ/წმ; 10 – 40 მ/წმ; 15 – 41 მ/წმ; 20 – 42 მ/წმ. აღნიშნული მეტეოსადგური მდებარეობს სამშენებლო მოედნის სამხრეთ-დასავლეთით 4.3 კმ მანძილზე.

საკვლევი ტერიტორია (სამშენებლო მოედანი) მდებარეობს ასპინძა-თბილისის მორფოსტრუქტურული ერთეულის ზონაში, რომელიც, თავის მხრივ, მნიშვნელოვნად გართულებულია ურთიერთგადამკვეთი ტექტონიკური რღვევებით. ზონა განლაგებულია მაღალი სეისმური რისკის არეალში. საქართველოს მაკრო-სეისმური დარაიონების სქემის მიხედვით ქ. თბილისი განლაგებულია 8-ბალიანი ინტენსივობის მიწისძვრების გავრცელების ზონაში (საქართველოს ეკონომიკური განვითარების მინისტრის ბრძანება №1-1/2284 2009 წლის 7 ოქტომბერი, ქ. თბილისი. სამშენებლო ნორმების და წესების - „სეისმომედეგი მშენებლობა“ (პნ 01.01-09) - დამტკიცების შესახებ).

არსებული სტატისტიკური მონაცემებით, მაღალი მაგნიტუდის მიწისძვრებს, რომლებსაც შეუძლიათ მნიშვნელოვანი ზიანი და გავლენა იქონიოს რელიეფის მორფოდინამიკაზე, არაერთხელ ჰქონდა ადგილი როგორც ისტორიულ, ასევე უახლოეს წარსულში. ქვემოთ მოცემულია არსებული სტატისტიკური მონაცემები ქ. თბილისისა და ქ. მცხეთისათვის.

ქ. მცხეთაში 6-9-ბალიანი მიწისძვრები მომხდარა 1275, 1283, 1318 და 1940 წლებში; ქ. თბილისში (6-7 ბალი) – 1283, 1318, 1803, 1827, 1859, 1909, 1920 და 2002 წლებში.

XX საუკუნის განმავლობაში მომხდარი მიწისძვრების მიხედვით მიწისქვეშა ბიძგების ხანგრძლივობა 2-1-დან 3.6 წამამდე მერყეობს. სეისმური ტალღების გავრცელების ხასიათი და მიმართულება მეტწილად დამოკიდებულია ტექტონიკური რღვევითი სტრუქტურების განლაგებაზე. სეისმური ტალღების გავრცელების გაბატონებული მიმართულება (სუბგანედური) ჩრდილო - დასავლეთ - სამხრეთ - აღმოსავლეთურია. მიწისძვრებით გამოწვეული გეოდინამიკური ცვლილებები ყველაზე მეტად გამოხატულია ტექტონიკურ რღვევებს შორის განლაგებულ მორფოსტრუქტურულ ბლოკებში, სადაც

დღესაც გრძელდება პულსაციური (როგორც აღმავალი, ისე დაღმავალი) მოძრაობები.

ქვემოთ მოგვყავს სეისმური ტალღების მაქსიმალური ჰორიზონტალური აჩქარების (სეისმურობის უგანზომილებო კოეფიციენტი) მახასიათებლები საკვლევი ტერიტორიის ფარგლებში და მის მიმდებარედ არსებული დასახლებული პუნქტებისათვის:

1. ქ. თბილისი - 0.17 მ/წმ<sup>2</sup>;
2. ქ. მცხეთა - 0.16 მ/წმ<sup>2</sup>;
3. სოფ. გლდანის - 0.16 მ/წმ<sup>2</sup>;
4. ზაჰესი - 0.16 მ/წმ<sup>2</sup>.

მრავალფუნქციური კომპლექსის შენობა-ნაგებობების დასაპროექტებლად გამოყენებული უნდა იქნეს სნ და წ II-7-81-ის მოთხოვნები.

ქ. თბილისი და მიმდებარე ტერიტორიები საქართველოს ჰიდროგეოლოგიური დარაიონების სქემის მიხედვით (ი. ბუაჩიძე, 1970 წ.) მოქცეულია აჭარა-თრიალეთის ნაოჭა ზონის, თბილისის წყალწნევიანი სისტემის ნაპრალოვანი და ნაპრალოვან-კარსტული წყლების ჰიდროგეოლოგიურ რაიონში.

საკვლევ უბანზე და მიმდებარე ტერიტორიის ფარგლებში გამოიყოფა ორი ძირითადი ჰიდროგეოლოგიური ერთეული:

- შუა და ზედა ოლიგოცენის და ნეოგენური ასაკის ვულკანოგენური დანალექი ქანების წყალშემცველი კომპლექსი;

- მეოთხეული ასაკის ალუვიური ნალექების წყალშემცველი კომპლექსი.

ქვემოთ ვიძლევი ამ კომპლექსის დახასიათებას ცალ-ცალკე:

- შუა და ზედა ოლიგოცენისა და ნეოგენური ასაკის წარმონაქმნებში გრუნტის წყლები ძირითადად ნაპრალოვანი ტიპისაა. მათი ცირკულაციის სიღრმე დამოკიდებულია ძირითად ქანებში განვითარებულ ნაპრალოთა სისტემის სიღრმესა და ხარისხზე. ნაპრალოვანი გრუნტის წყლების მინერალიზაცია მერყეობს 2.5-დან 8.2 გ/ლ. ყველა წყალი თითქმის სულფატურია, კათიონებიდან მონაწილეობას იღებს Ca და Mg, იშვიათად Na. მინერალიზაციის პროცენტის მომატებასთან ერთად ფიქსირდება ნატრიუმის იონების ზრდა. ნალექები მცირე წყალშემცველობით ხასიათდება და წყლების ცირკულაცია ძირითადად ხდება ღრმა ნაპრალოთა სისტემაში. აქედან გამომდინარე, ვეყრდნობით ადრეულ წლებში გაყვანილ ჭაბურღილებში გახსნილი წყლის ჰორიზონტიდან აღებული სინჯების ლაბორატორიულ მონაცემებს.

გრუნტის წყლები ძირითადად სულფატურ-კალციუმიან-მაგნიუმიანი, ქლორიდულ-ნატრიუმიან-კალციუმიანია. ნაპრალოვანი გრუნტის წყლების საერთო მინერალიზაცია მერყეობს 2-დან 5 გ/ლ-მდე. თითქმის ყველა წყალი შეიცავს გოგირდწყალბადს, რომელიც ცალკეულ ჭაბურღილში 15 მგ/ლიტრამდე აღწევს. ზოგ ჭაბურღილში აღინიშნება მეთანის აირების ( $CH_4$ ) გამოყოფა.

საქართველოს კურორტოლოგიის ინსტიტუტის მიერ თბილისის ტერიტორიაზე და მის გარეუბნებში ჩატარებული 20 მინერალური წყაროს ექიმური ანალიზიდან ირკვევა, რომ წყაროები, თავიანთი ექიმური შედგენილობით და მინერალიზაციით, ერთმანეთისგან განსხვავებულია.

გვხვდება სულფატურ-ჰიდროკარბონატული, კალციუმიან-ნატრიუმიანი, სულფატურ-კალციუმიან-მაგნიუმიანი შემადგენლობის წყლები. მათი მინერალიზაცია მერყეობს 0.4-დან 0.8 გ/ლიტრის ფარგლებში.

წყლის ტემპერატურა ყველა წყაროში მერყეობს 11<sup>0</sup>-დან 17<sup>0</sup>C-მდე. მჟავე წყლები არ ფიქსირდება.

მეოთხეულ წარმონაქმნებში მიწისქვეშა წყლები, რომელიც ფორმირდება ალუვიურ ნალექებში, განსხვავდება თავიანთი ქიმიური შედგენილობით, ხასიათდება ამალღებული მინერალიზაციით და სულფატურ-ნატრიუმიან-მაგნიუმიან ტიპს განეკუთვნება. დებიტი მერყეობს 0.03-დან 1.0 ლ/წმ-ის ფარგლებში. მინერალიზაცია მერყეობს 0.4-დან 3.0 გ/ლიტრის ფარგლებში. შედარებით დაბალი მინერალიზაციის 0.4-დან 1.0 გ/ლიტრამდე წყლები სულფატურ-კალციუმიან-მაგნიუმიანია.

ქვემოთ ვიძლევიტ ჩვენ მიერ საკუთრივ სამშენებლო მოედნის IV და V უბნების ფარგლებში ჩატარებული ჰიდროგეოლოგიური კვლევების შედეგებს.

საკვლევი ტერიტორიის ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესწავლა მოხდა აღნიშნულ ფართობზე გაყვანილი ჭაბურღილების მონაცემების და ამავე ფართობზე გამომავალი ერთეული წყაროების მონაცემების ანალიზის საფუძველზე.

ჩატარებული კვლევების საფუძველზე, საკვლევ უბანზე შეიძლება გამოიყოს სამი წყალშემცველი ჰორიზონტი, რომელშიც ცირკულირებს თავისუფალი წყალცვლის არაღრმა ცირკულაციის მიწისქვეშა წყლები. ეს წყალშემცველი ჰორიზონტებია:

1. ჰოლოცენური ასაკის (QIV) ალუვიური ნალექების მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი;

2. ზედა მეოთხეული ასაკის (QIII) ტერასულ ნალექებში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი;

3. მიოცენური ( $N_1^1$ ) ასაკის ნალექების - (არგილითების, ქვიშაქვების და არგილითებისმაგვარი თიხების) მორიგეობაში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი.

1. ჰოლოცენის ასაკის ჭალისზედა ტერასულ ნალექებში ფორმირებული გრუნტის წყლები გახსნილი იქნა ქ. თბილისის სხვადასხვა რაიონში. წყალშემცველი ნალექები წარმოდგენილია კენჭნარით, კაჭარის ჩანართებით (20-30%-მდე), ქვიშა-ხრემის შემავსებლით და თიხოვანი გრუნტის ცალკეული ლინზებით. აღნიშნული ნალექების სიმძლავრე 4-5.5 მ-მდეა. აღნიშნული გრუნტის წყლების გამოვლინების დონე ვაკე რელიეფზე იცვლება -6.00-დან - 2.6 მ-ის ფარგლებში, ხოლო ამავე ტერასის გაგრძელებაზე, სადაც ეს ნალექები გადაფარულია ფერდობული ნალექებით, ჭაბურღილებში წყალი გაიხსნა - 6.0 მ-დან -11.4 მ-მდე. ამავე ჭაბურღილებში წყლების დამყარებული დონეები -3.5 მ-დან -6.2 მ-ის ფარგლებშია.

ჭაბურღილიდან აღებული სინჯები შერჩევით გაგზავნილი იქნა ლაბორატორიაში საანალიზოდ. მიღებული შედეგების მიხედვით, აღნიშნულ ნალექებში გავრცელებული მიწისქვეშა წყლები ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ნატრიუმია ან ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ნატრიუმ-კალიუმია. საერთო მინერალიზაციით 0.7-1.1 გ/ლ, საერთო სიხისტე იცვლება 3 მგ/ექვ - 12 მგ/ექვ-მდე, კარბონატული სიხისტე იცვლება 3.0 მგ/ექვ - 9.6 მგ/ექვ-მდე, არაკარბონატული სიხისტე ანალიზებში არ ფიქსირდება,



მჟავიანობა ნეიტრალურია (pH-7) ან ოდნავ გადახრილია ტუტეანობისკენ (pH-7.2). ლაბორატორიული მონაცემებით წყალი დაბინძურებულია, თუმცა, აღნიშნული გარემოება, პირველ რიგში, გამოწვეულია ცალკეულ უბანზე მძლავრი ტექნოგენური (ნაყარი) გრუნტის არსებობით, რომელიც წარმოდგენილია როგორც სამშენებლო, ასევე საყოფაცხოვრებო ნარჩენებით. რაც შეეხება იმ უბნებს, სადაც აღნიშნული ტექნოგენური გრუნტი არ გვაქვს და შენარჩუნებულია ბუნებრივი პირობები, სულფატ-იონის მომატება განპირობებულია ტერიტორიის ამგები გრუნტებიდან თაბაშირის გამოტუტვით.

აღებული სინჯების მონაცემებით წყალი არ არის აგრესიული პორტლანდ ცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი არც ერთი მარკის ბეტონის მიმართ, აგრეთვე წყალი არ არის აგრესიული არმატურის მიმართ, რკინაბეტონის კონსტრუქციების მუდმივი დაძირვის პირობებში სუსტად აგრესიული - პერიოდულად დასველების დროს.

2. ზედა მეოთხეულის ასაკის (QIII) ტერასულ ნალექებში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი ხასიათდება მცირე სიმძლავრით (3-3.5). წყალშემცველად გვევლინება კენჭნარი კაჭარის ჩანართებით და თიხების ლინზებით.

აღნიშნულ ნალექებში ფორმირებულ მიწისქვეშა წყლებზე შეიძლება ვიმსჯელოთ აღნიშნულ ნალექებში გაჭრილ ჭაბურღილებში მიღებული წყლებით და ამავე ნალექებში გამომავალი წყაროს დებიტით, რომელიც შეადგენს 0.15 ლ/წმ. წყარო დაღმავალია და გამოედინება ცოკოლური ტერასის ძირში ტერასული ნალექების და მიოცენური ასაკის არგილითების და ქვიშაქვების მორიგეობის კონტაქტში.

ლაბორატორიული მონაცემებით, წყალი ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-კალციუმ-ნატრიუმია, საერთო მინერალიზაციით 0.5 გ/ლ, საერთო სიხისტე შეადგენს 7.4 მგ/ექვ-ს. კარბონატული სიხისტე შეადგენს 5.0 მგ/ექვ-ს, არაკარბონატული სიხისტე შეადგენს 2.4 მგ/ექვ-ს, მჟავიანობა ნეიტრალურია (pH-7.0).

წყალი დაბინძურებული არ არის, გამოიყენება სასმელად. ამჟამად წყარო მიტოვებულია და არ გამოიყენება.

ჭაბურღილებში წყალი გაიხსნა 11.0 მ-ზე, დონე დამყარდა - 4.1 მ-ზე.

3. მიოცენური ასაკის ნალექების \_ (არგილითები, ქვიშაქვები და არგილითისმაგვარი თიხები) მორიგეობაში მიწისქვეშა წყლების წყალშემცველი ჰორიზონტი გახსნილი იქნა ქ. თბილისის სხვადასხვა ტერიტორიაზე გაჭრილი ყველა ჭაბურღილის მიერ. ამ ჭაბურღილებიდან და წყაროდან აღებული სინჯების ანალიზი გვამღებს ნათელ წარმოდგენას აღნიშნულ ნალექებში გავრცელებული მიწისქვეშა წყლების შედგენილობაზე, რადგან დანარჩენ ჭაბურღილებში ხდება ამ ნალექებში არსებული წყლების და მეოთხეული ასაკის ნალექებში ფორმირებული წყლების შერევა-განზავება. ჩვენ მიოცენურ ნალექებს განვიხილავთ, როგორც ერთ წყალშემცველ ჰორიზონტს, თუმცა, ამავე ნალექებში სხვადასხვა სიღრმეზე ჭაბურღილების მიერ გაჭრილ ქვიშაქვებთან აღინიშნება წყლის ნაკადის საგრძნობი მომატება. წყალგამოვლინებების სიღრმე იცვლება -8.5 მ-დან -13.5 მ-მდე, ჭაბურღილების განლაგების ადგილის ჰიფსომეტრული მდებარეობის მიხედვით.

ყოველივე ზემოთ აღნიშნულიდან შეიძლება გავაკეთოთ შემდეგი დასკვნები:

1) ა) გრუნტის წყლები გამოვლინდა: -2.9 მ-დან -11.4 მ-მდე.

ბ) გრუნტის წყლების დამყარებული დონეები იცვლება: -2.2 მ-დან -6.2 მ-მდე.

გ) წყლების ქიმიური შემადგენლობა ჰოლოცენის (QIV) და ზედა მეოთხეულის (QIII) ნალექებში ჰიდროკარბონატულ-სულფატურ-ნატრიუმ-კალციუმიანია. საერთო მინერალიზაციით 0.5-1.1 გ/ლ.

2) ა) წყალი გამოჩნდა -6.0 მ-ზე.

ბ) წყლის დონე დამყარდა -0.5 მ-ზე.

გ) აღნიშნულ ნალექებში ფორმირებული მიწისქვეშა წყლები ქიმიური შემადგენლობით სულფატურ-კალციუმ-ნატრიუმიანია, სულფატურ-ქლორიდულ-ნატრიუმ-კალციუმიანი ან სულფატურ-კარბონატულ-კალციუმიანი, მინერალიზაცია იცვლება 1.1 – 1.6 გ/ლ.

წყაროს წყლები საშუალოდ აგრესიულია პორტლანდცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი W<sub>4</sub> მარკის ბეტონის მიმართ, სუსტად აგრესიულია W<sub>6</sub> მარკის ბეტონის მიმართ, არ არის აგრესიული W<sub>8</sub> მარკის ბეტონის მიმართ. არ არის აგრესიული პორტლანდცემენტზე და წიდაპორტლანდცემენტზე და აგრეთვე სულფატომედეგ ცემენტზე დამზადებულ წყალშეუღწევადი W<sub>4</sub>, W<sub>6</sub>, W<sub>8</sub> მარკის ბეტონის მიმართ. არ არის აგრესიული არმატურის მიმართ რკინაბეტონის კონსტრუქციების მუდმივი დაძირვის პირობებში, სუსტად აგრესიულია პერიოდული დასველების დროს.

ყოველივე ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე შეგვიძლია დავასკვნათ:

- გაყვანილ სამთო გამონამუშევრებში სხვადასხვა სიღრმიდან წყლის ინტენსიური შემოდინება ძლიერ გაართულებს მრავალსართულიანი

ნაგებობების ქვეშ სხვადასხვა ტიპის კომუნიკაციების (სარდაფი, ავტოფარეხი და სხვა) მოწყობას;

- უმეტესად გრუნტის წყლების დამყარებული დონეების მაჩვენებლები აღებულია საველე გეოლოგიური კვლევების ჩატარების პროცესში, იმ პერიოდში, რომელიც გამოირჩევა გრუნტის წყლების დგომის ყველაზე დაბალი დონით და აქედან გამომდინარე მოსალოდნელია დონეების აწევა.

## თავი II. ქ. თბილისში განვითარებული მეწყრული მოვლენები

განხილულია ქ. თბილისში განვითარებული ყველაზე აქტიური მეწყრები, რომელიც მოითხოვს განსაკუთრებულ გამოკვლევასა და ყურადღებას. ასეთ მეწყრებს ჩვენ მივაკუთვნეთ (მათ დახასიათებას მოვეყვებით დასავლეთის მხრიდან):

1. მუხათგვერდის მეწყერი;
2. ლიბანის ქუჩაზე განვითარებული მეწყერი;
3. მ. ჯავახიშვილის ქუჩაზე განვითარებული მეწყერი;
4. რუსთაველის ქუჩაზე არსებული პროტენციური მეწყერი;
5. გლდანის რაიონში შეშელიძის ქუჩაზე განვითარებული მეწყერი;
6. ფანასკერტელის ქუჩაზე განვითარებული მეწყერი.

აღნიშნული მეწყრები გამოირჩევა როგორც სიდიდით, ისე თავისი აქტიურობით.

### §2.1. მუხათგვერდის მეწყერი

დიდ დილოში მუხათგვერდის მეწყერი განვითარდა მუხათგვერდის სასაფლაოსკენ მიმავალ გზაზე, სექტორ #72, მე-14 კვარტალში, ნაკვეთ #005/27-ს მიმდებარე ტერიტორიაზე. იგი დიღმის დეპრესიას აკრავს სამხრეთ-აღმოსავლეთის მხრიდან. ამრიგად, საკვლევი ტერიტორია განეკუთვნება დიდი დიღმის დეპრესიის სამხრეთ ფერდს. დიდი დიღმის დეპრესიას, აღმოსავლეთის მხრიდან ფრაგმენტულადაა გავრცელებული მდინარე მტკვრის მარჯვენა ნაწილზე ქალიზედა პირველი ტერასა. დასავლეთის მიმართულებით ქვაბულის შემომსაზღვრელი ფერდობი რომელიც თანდათან მალღდება და გადადის ბორცვიან მთიან ზოლში.

თუ როგორ წარმოიშვა დიღმის დეპრესია, ანუ დიღმის ქვაბული, ამ საკითხზე მკვლევარებს შორის ერთიანი აზრი არ არსებობს. უმეტესი თვლის, რომ

ქვაბული ტექტონიკურია, რომელიც შემდეგ ამოივსო ძირითადი ქანების დაშლის შედეგად წარმოშობილი დელუვიურ-პროლივიური ნალექებით. ეს ნალექები ქმნის სწორედ დიღმის ვაკეს, რომელიც გადაჭიმულია მდ. მტკვრის ხეობამდე. აღსანიშნავია, რომ ფერდობი, რომელიც ეკვრის დიღმის ვაკეს ჩრდილო-დასავლეთის მხრიდან, საკმაოდ ციცაბოა. თვითონ დიღმის ვაკე ტერიტორიის რელიეფი მეტად მცირე დახრით ხასიათდება აღმოსავლეთის მიმართულებით. ამრიგად, შეიძლება ითქვას, რომ იმეწყრება ძირითადი ქანებისგან შემდგარი მუხათგვერდისკენ მიმავალი ფერდობი. მათი დამეწყვრის მიზეზი, უმთავრესად, ანთროპოგენურია. მუხათგვერდის სასაფლაოს განაშენიანებას მოჰყვა საავტომობილო გზის გაყვანა დიდი დიღმიდან სასაფლაოსკენ. ამან ძლიერ შეუწყო ხელი მეწყრების წარმოქმნასა და განვითარებას.

ძირითადი ქანები, რომლისგანაც წარმოდგენილია საკვლევი ტერიტორიის ფერდობები, შედგება მესამეული ასაკის თიხაფიქლებისა და ქვიშაქვების მორიგეობისგან. ვინაიდან ადრეულ ხანაში დიაგენეზისის პერიოდში ტექტონიკური პროცესები მეტად შესუსტებული იყო, აღნიშნულმა ქანებმა ვერ მიიღეს სათანადო სიმტკიცე. ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ მორიგეობაში აშკარად ჭარბობს თიხაფიქლები. შეფარდება ასეთია 5:1-თან. ორივე ქანი ხასიათდება თხელშრეობრიობით.

ტექტონიკურად საკვლევი ტერიტორია მოქცეულია დიღმის სინკლინის ჩრდილო ფერდის ფარგლებში. ქანების ვარდნის აზიმუტია  $170^{\circ}$ , ხოლო ვარდნის კუთხე  $20-30^{\circ}$ -ს შეადგენს.

გეომორფოლოგიურად დიდი დიღმის დეპრესია განთავსებულია, როგორც აღვნიშნეთ, ქ. თბილისის უკიდურეს დასავლეთ ნაწილში მდ. მტკვრის მარჯვენა სანაპიროზე. აღსანიშნავია, რომ დიღმის ველი სამი მხრიდან ამაღლებებითაა გარშემორტყმული. ჩრდილო-დასავლეთიდან არმაზის ქედის სამხრეთ კალთებითაა შემოსაზღვრული, სამხრეთიდან ლისის ქედის ჩრდილო

კალთები ესაზღვრება, ხოლო დასავლეთიდან დიდგორის ამაღლების კალთები ჩამოედინება. ამრიგად, დეპრესია გაშლილია მხოლოდ აღმოსავლეთის მიმართულებით. ცალკეული ამაღლებების აბსოლუტური ნიშნულები 1270-1275 მ-ს შეადგენს. ამრიგად, ქვაბულიდან ფერდობები მაღლდება 160-180 მეტრზე. ეს ამაღლება თვითონ დეპრესიის ფარგლებში 6-100 მატულობს, ხოლო შემდეგ იქმნება ფერდობები, რომელთა დახრაც 28-320 შეადგენს. მთელი ფერდობები დასერილია ეროზიული ხევებით. რელიეფის დანაწევრების სიხშირე  $K$ - დამოკიდებულია ქანების სიმტკიცეზე და ფერდობების ექსპოზიციაზე და იცვლება 0.01-0.8 ფარგლებში. კანონზომიერება ასეთია:

არმაზის ხევის სამხრეთ ფერდზე  $K=0.77-0.8$ ;

დიღმის ქვაბულის დასავლეთ ფერდობებზე  $K=0.49-0.59$ ;

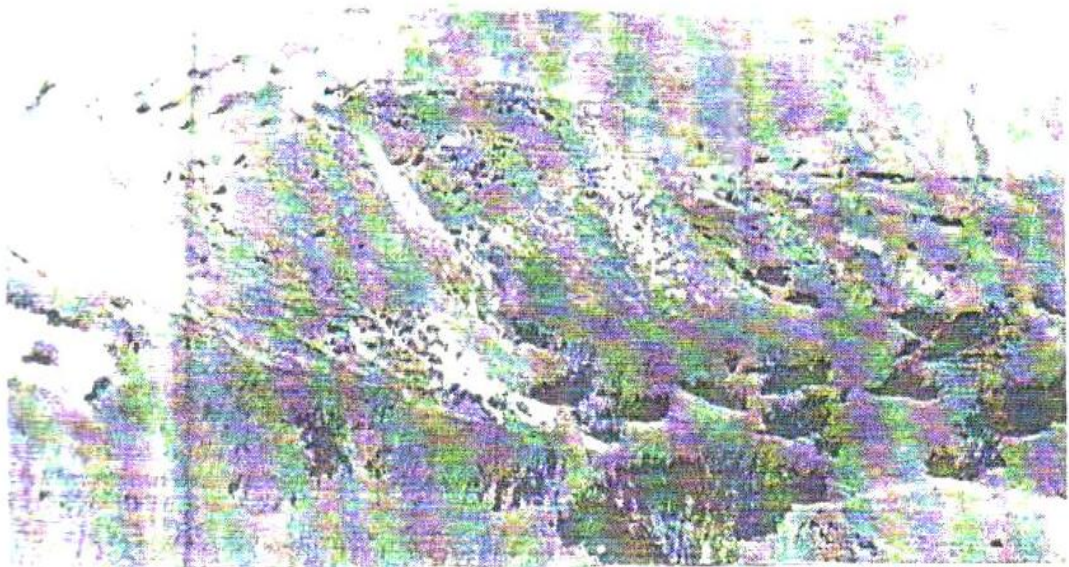
ლისის ქედის ჩრდილო კალთების ფერდობების  $K=0.1$ .

დიღმის ველი მდინარეებით ღარიბია. ყველაზე მძლავრი მდინარე წონიანისწყალია, რომელსაც ერთვის მდ. ბალისხევი. იგი მოედინება ქვაბულის შუა ნაწილში. მდინარეს აქვს თითქმის სწორხაზოვანი მიმართულება დასავლეთიდან აღმოსავლეთით. ზედა ნაწილში მას აქვს V-ს ფორმა. ფერდობების სიმაღლე 3-4 მ-ს შეადგენს, როგორც კი ჩამოეშვება ვაკეზე, იგი მდორედ მოედინება. წყალი კალაპოტში დიდ დიაპაზონში ცვალებადობს და ძირითადად დამოკიდებულია ატმოსფერულ ნალექებზე.

გარდა ზემოთ აღნიშნული მდინარისა, ქვაბულში ბევრია მშრალი ხევები, რომლებშიც ატმოსფერული ნალექების პერიოდში თუ გაჩნდება წყალი, ძირითადად, ნაკადულების სახით.

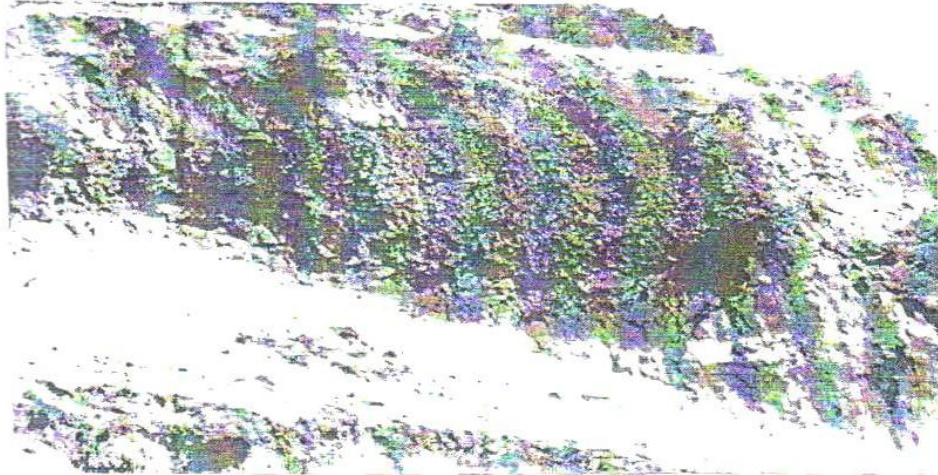
მეწყურულ პროცესებს როდესაც ვეხებით, გასაგებია, რომ ამ შემთხვევაში დიდი მნიშვნელობა აქვს ქანების გეოლოგიურ აგებულებას, რომელიც განსაზღვრავს კიდევაც ფერდობების მდგრადობას. სურ. 2.1-სა და სურ. 2.2-ზე ნაჩვენები გვაქვს ფოტოები, სადაც ნათლად ჩანს ტერიტორიის გეოლოგიური სურათი. ამიტომ, მოკლედ შევეხებით დეპრესიის ფერდობების გეოლოგიას.

ფერდობები, რომლითაც შემოსაზღვრულია დიღმის დეპრესია, ძირითადად წარმოდგენილია მესამეული ასაკის ზედა ეოცენის მაიკოპის სერიით – ოლიგოცენ-ქვედამიოცენური ასაკის ქანებით. მაიკოპის ქანები თავისი შემადგენლობით სამი ნაწილისგან შედგება – ქვედა, შუა და ზედა ნაწილისგან. საკვლევ რაიონში ძირითადად გვხვდება ეოცენისა და ოლიგოცენის ასაკის ქანები, რომელიც წარმოდგენილია ქვიშაქვებისა და სუბარგილითების მორიგეობისგან.



სურ. 2.1





სურ. 2.2

ქვიშაქვები მომწვანო და მონაცრისფროა. ცალკეული მარცვლები გრაუვაკისა და არკოზული ტიპისაა, რომელიც შეცემენტებულია ქლორიტულ-თიხური და კარბონატული ცემენტით. ძირითადად მაინც თიხურია.

სუბარგილითები თხელშრეობრიობით გამოირჩევა. ისინი ლითოლოგიურად თიხებს წარმოადგენს, რომელმაც სახე იცვალა მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის ზემოქმედებით. ახასიათებთ მუქი ნაცრისფერობა. ცალკეული ფენის სიმძლავრე 0.1-0.2 მ-ია, მაგრამ გვხვდება ადგილები, სადაც სუბარგილითების სიმძლავრე 2.5-3 მ-საც აღწევს. რაც შეეხება ქვედა მიოცენური ასაკის ქანებს, მკვეთრად უნდა გამოვყოთ თეთრი ფერის კვარციანი ქვიშაქვები, რომელიც მორიგეობს თხელშრეებიან სუბარგილითებთან. აღსანიშნავია, რომ, როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, კვარციანი ქვიშაქვები არაერთგვაროვანი გრანულომეტრიული შედგენილობით ხასიათდება. ისინი ადვილად იფიტება. ისინი გვხვდება არმაზის ქედის ფერდობზე და მუხათგვერდის სასაფლაოსკენ მიმავალ ფერდობზე.

სუბარგილითები, როგორც აღვნიშნეთ, თხელშრეებრივია (0.05-0.08მ) და ხასიათდება მოყავისფრო-მონაცრისფრო ფერით. სტრუქტურა გამოკვეთილი პოლიტომორფულია. თიხურ მასაში გვხვდება ჰიდროქარსების, სერციტები, მონტმორილონიტი, კვარცის მეტად წვრილი მარცვლები (0.07-0.03 მმ). ასევე

გვხვდება მცენარეული ნაშთების დანახშირებული და მადნეული მინერალების ლიმონიტიზებული მარცვლები.

ვინაიდან მეწყრული სხეული ძირითადად თიხაფიქლებისგან არის წარმოდგენილი. ჩვენ მიერ მათი თვისებები შესწავლილი იქნა დეტალურად.

სუბარგილითები ბუნებრივ პირობებში მოყვითალო-მონაცრისფრო ფერით ხასიათდება. ლითოლოგიურად ისინი თიხებს წარმოადგენს. მათი პლასტიკურობის რიცხვი 17-ზე მეტია, რაც სახსტანდარტის ნორმებით თიხებს მიეკუთვნება. თიხური ფრაქცია ჰიდროქარსებითა და მონტმორილონიტით არის წარმოდგენილი.

თიხაფიქლების ჭრილში ბუნებრივ პირობებში შეიძლება ორი ზონა გამოიყოს. ზედა ზონა 3-5 მ სიმძლავრით, სადაც თიხაფიქლები ძლიერ გამოფიტული და დანაპრალიანებულია და ქვედა ზონა, რომლის სიმძლავრე დაახლოებით 4-5 მ-ს შეადგენს. ამ ზოლში თიხაფიქლები ზედა ზოლთან შედარებით ნაკლებადაა გამოფიტული, მაგრამ ხასიათდება მაღალი ტენიანობით, რაც მკვეთრად მოქმედებს მათ სიმტკიცეზე. ცხრილში #2.1-ში მოცემულია თიხაფიქლების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები. ბუნებრივ პირობებში, როგორც ცხრილიდან ჩანს, ზედა ზოლში თიხაფიქლების გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლები \_ შიგა ხახუნის კუთხე იცვლება 17-18<sup>0</sup>-ის ფარგლებში, ხოლო კუთრი შეჭიდულობა შეადგენს 0.3-0.4 კგ/სმ<sup>2</sup>. ქვედა ზოლში კი აღნიშნული მაჩვენებლები ასეთია:  $\varphi = 12^0$ ,  $C=0.15-0.25$ კგ/სმ<sup>2</sup>. რაც შეეხება თიხაფიქლების დეფორმაციის მაჩვენებლებს, მათი სიდიდეები მოცემულია გრაფ. 2.1 და გრაფ. 2.2 კომპრესიისა და ჭრის გრაფიკების სახით. როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, თიხაფიქლები ხასიათდება მაღალი კუმშვადობის კოეფიციენტით და დეფორმაციის მოდულის დაბალი მნიშვნელობით. ეს მონაცემები ნათლად მიუთითებს, რომ სველი თიხაფიქლები საერთოდ თავისი თვისებებით მიეკუთვნება სუსტ გრუნტებს. მათი დეფორმაციის მოდულის მნიშვნელობა არ აღემატება 15-20 კგ/სმ<sup>2</sup>.

ქვიშაქვები მასივში გვხვდება თხელი ფენების სახით (1-2 სმ). ხასიათდება მონაცრისფრო ფერით. მათი ცალკეული მარცვლები შეცემენტებულია თიხური მასალით. თუ მივიღებთ მხედველობაში, რომ ქვიშაქვები თიხაფიქლებთან შედარებით მცირე გავრცელებით სარგებლობს, შეიძლება ითქვას, რომ მასივის ბუნებას ძირითადად თიხაფიქლები გამოხატავს.

როგორც ადრე აღვნიშნეთ, მეწყერს აღმოსავლეთის მხრიდან სამრეწველო ერთსართულიანი შენობები ესაზღვრება. ისინი კონსტრუქციულად წარმოადგენს რკინაბეტონის კარკასს და შედგება სამი კორპუსისგან. შევსება განხორციელებულია ბეტონის წვრილი ბლოკებით. რიგ ადგილზე მეწყერი უკვე შეჭრილია შენობებში და ქმნის შენობების დეფორმაციის საშიშროებას. თვითონ ფერდობის ტერიტორია ძველ მეწყერს წარმოადგენს, რომელსაც მიღებული ჰქონდა სტაბილური მდგომარეობა, მაგრამ ანთროპოგენური პროცესების შედეგად (ფერდობის ძირის მოჭრა) ძველი მეწყერი გააქტიურდა.

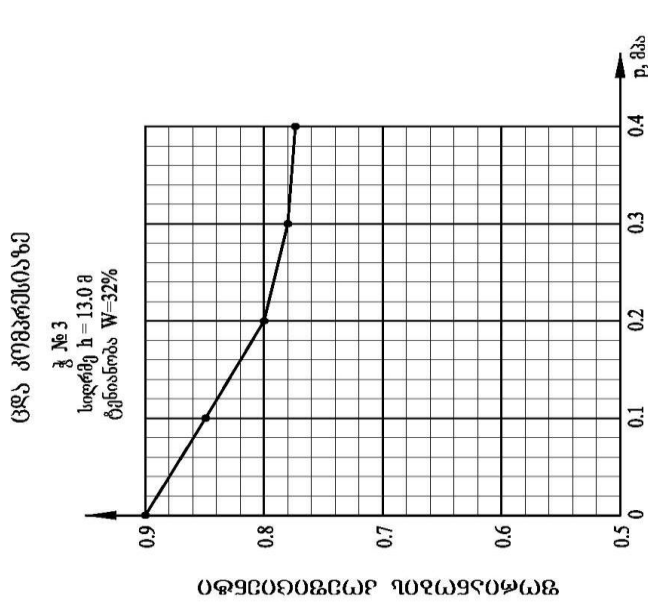
ჩვენ ადრე ზოგადად შევხეთ ქ. თბილისის კლიმატს. ამ შემთხვევაში საკვლევი ტერიტორიის კლიმატს ვეხებით იმიტომ, რომ იგი მაინც განსხვავდება თვითონ ქ. თბილისის ცენტრალური ნაწილის კლიმატისაგან. ამ ტერიტორიის კლიმატი განეკუთვნება ზომიერ-კონტინენტურს. აქ გაბატონებულია ჰაერის ნაკადების მოძრაობის ორი ძირითადი მიმართულება, დასავლეთის და აღმოსავლეთის, მაგრამ რელიეფის თავისებურებიდან გამომდინარე, აღინიშნება ცალკეული გადახრები.

ცხრილი 2.1.

დილომი, მუხათგვერდის მეწყრის თიხაფიქლების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები

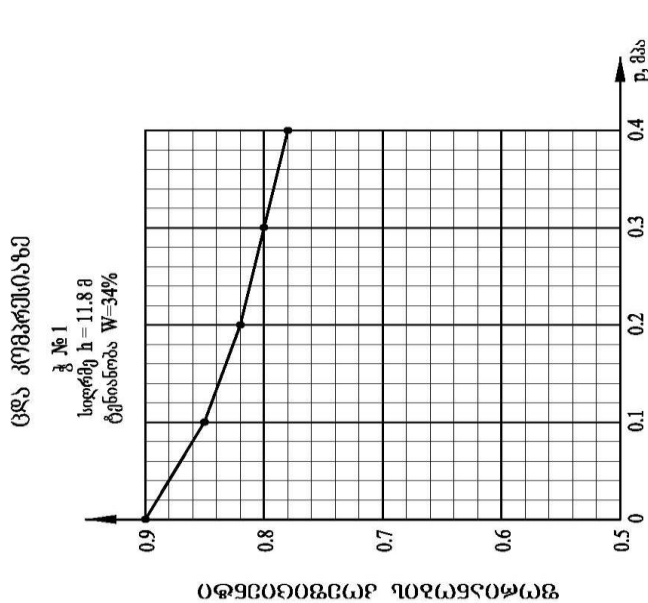
რიგითი №	გამონამუშევრის №	აღების სიღრმე მ	გრუნტის ლაბორატორიული გამოკვლევის შედეგები													
			ლაბ. №	პლასტიკურობა			ბუნებრივი ტენიანობა %	სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>			ფორიანობის კოეფიციენტი	დენადობის მაჩვენებელი	ტენიანობის ხარისხი	კუმულაციური სმ <sup>3</sup> /კგ	წინალობა ძვრაზე	
				ზედა ზღვარი %	ქვედა ზღვარი %	პლასტიკურობის რიცხვი		ბუნებრივი	შშრალი გრუნტის	გრუნტის ნაწილაკების					ბუნებრივი	
															$\phi$ გრად	C მპა
		h		W <sub>L</sub>	W <sub>p</sub>	I <sub>p</sub>	W	P	P <sub>d</sub>	P <sub>s</sub>	e	I <sub>L</sub>	S <sub>r</sub>	a	$\phi$	C
1	კ.1	3.4	56	48.0	26.0	22.0	17.0	1.78	1.53	2.72	0.78	-0.14	0.59	0.02	18°	0.030
2	კ.1	8.9	57	47.0	27.0	20.0	27.0	1.88	1.47	2.72	0.85	0.00	0.90	0.03	12°	0.020
3	კ.1	11.8	58	47.0	24.0	23.0	34.0	1.90	1.43	2.72	0.90	0.33	0.98	0.04	6°	0.015
4	კ.2	4.0	59	46.0	25.0	21.0	18.0	1.82	1.55	2.72	0.76	-0.32	0.54	0.02	17°	0.026
5	კ.2	9.2	60	48.0	26.0	22.0	28.0	1.90	1.47	2.72	0.75	0.09	0.63	0.03	12°	0.020
6	კ.2	14.0	61	49.0	25.0	24.0	33.0	1.88	1.42	2.72	0.92	0.37	0.92	0.04	6°	0.015
7	კ.3	4.3	62	45.0	24.0	21.0	16.0	1.80	1.57	2.72	0.74	-0.22	0.56	0.02	17°	0.026
8	კ.3	7.6	63	46.0	24.0	22.0	26.0	1.86	1.48	2.72	0.83	0.09	0.86	0.03	13°	0.032
9	კ.3	13.0	64	48.0	24.0	24.0	32.0	1.84	1.40	2.72	0.93	0.33	0.94	0.04	5°	0.010

დასავლეთიდან მომავალი ნაკადები დაღმავალია და განაპირობებს გამოშრობის პროცესების განვითარებას, აღმოსავლეთიდან კი – ნალექწარმოებელი გარემოს ფორმირებას.



შპრტიკალური დატვირთვა

შპრტიკალური დატვირთვა	მპპ	0	0.1	0.2	0.3	0.4
ფორიანობის კოეფიციენტი	c	0.92	0.86	0.80	0.78	0.77
დაჯღობის მოდული	$c_p$		2.40	4.00	4.80	5.20
დეფორმაციის მოდული	E მპპ		0.19	2.50	3.80	3.90
კუმშვადობის კოეფიციენტი	a		0.06	0.03	0.02	0.02

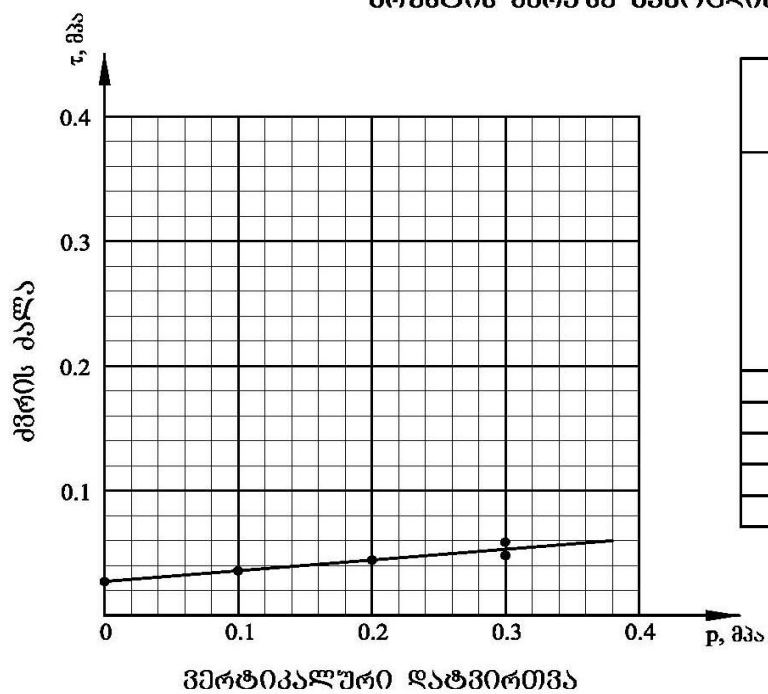


შპრტიკალური დატვირთვა

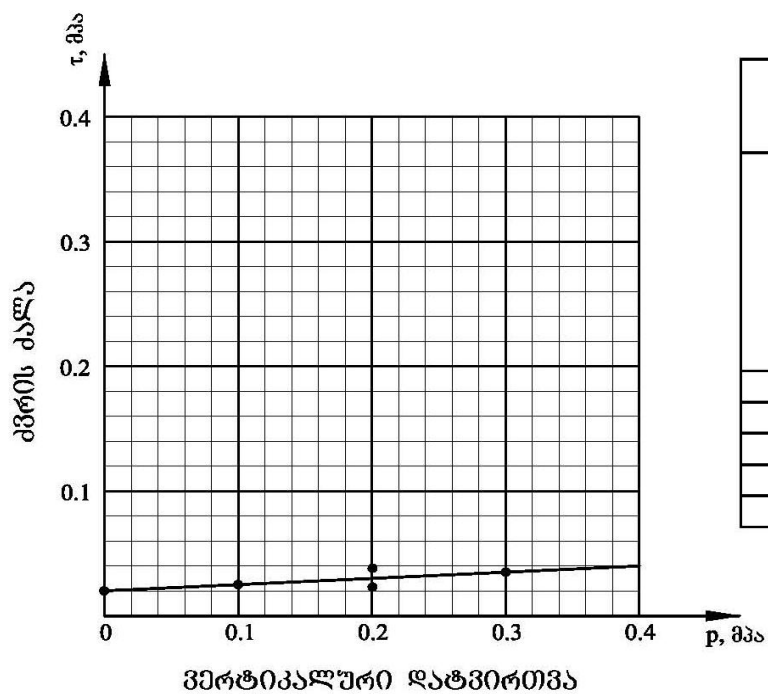
შპრტიკალური დატვირთვა	მპპ	0	0.1	0.2	0.3	0.4
ფორიანობის კოეფიციენტი	c	0.90	0.85	0.82	0.80	0.78
დაჯღობის მოდული	$c_p$		2.00	3.20	4.00	4.80
დეფორმაციის მოდული	E მპპ		0.18	3.00	4.00	4.20
კუმშვადობის კოეფიციენტი	a		0.05	0.03	0.02	0.02

გრაფიკი 2.1. კომპრესიის

ბრუნტის ძვრის გამოცდის შედეგები



ტ. № 1 სიღრმე $h = 11.8$ მ ტენიანობა $W=34\%$			
ვერტიკალური დატვირთვა, მპა	ძერის ძალა, მპა	შიგა ხახუნის კუთხე	კუთრი შეჭიდულობა, მპა
p	$\tau$	$\phi^\circ$	C მპა
0.05	0.019	6°	0.015
0.10	0.023		
0.15	0.027		
0.20			



ტ. № 3 სიღრმე $h = 13.0$ მ ტენიანობა $W=32\%$			
ვერტიკალური დატვირთვა, მპა	ძერის ძალა, მპა	შიგა ხახუნის კუთხე	კუთრი შეჭიდულობა, მპა
p	$\tau$	$\phi^\circ$	C მპა
0.05	0.013	5°	0.10
0.10	0.016		
0.15	0.019		
0.20			

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფუძე-საძირკვლების კათედრა

სამუშაო ჩაატარა

გრაფიკი 2.2. ჭრის

ჰაერის ნაკადების სიჩქარე დეპრესიის ფარგლებში იცვლება მნიშვნელოვან საზღვრებში. ქარის საშუალო სიჩქარე 20-30 მ/წმ-ის ფარგლებში მერყეობს. მაქსიმალური სიჩქარეები აღინიშნება, ძირითადად მარტი-აპრილის თვეებში, შედარებით სუსტია ქარებია, ნოემბერ-დეკემბერში.

საშუალო წლიური ტემპერატურა დიღომში იცვლება ცალკეული უბნების აბსოლუტური ნიშნულიდან 11-12<sup>0</sup>-ის ფარგლებში, ამავდროულად ეს ცვალებადობა არ წარმოადგენს მუდმივს და მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ამინდზე.

ჰაერის ფარდობითი ტენიანობის საშუალო წლიური სიდიდე, ცენტრალურ უბნებში შეადგენს 65%, მთიან ნაწილში კი - 68%.

ჰაერის მაღალი ტენიანობა აღინიშნება ნოემბერ-დეკემბერში, მნიშვნელოვნად დაბალტენიანია ზაფხული.

ნალექების წლიური რაოდენობა შეადგენს 550-600 მმ-ს, მათი მინიმუმი უკავშირდება იანვარ-აგვისტოს, ხოლო მაქსიმუმი მაის-ივნისის და სექტემბრის თვეებში აღინიშნება.

საკვლევი უბნისთვის დამახასიათებელი ჰაერის ტემპერატურული რეჟიმი, ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა, მათი განაწილება წლის განმავლობაში, აღებული შესაბამისი ცნობარებიდან, მოცემულია №2.2 ცხრილში.

ცხრილი №2.2

თ ვ ე ე ბ ი													
თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წ/წ
ნალექების საშუალო რაოდენობა მმ	2.2	2.7	2.8	2.5	2.8	2.8	2.3	2.3	2	1.7	1.8	1.8	2.4
ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა %-ში	74	72	71	66	68	64	59	68	69	73	77	75	69
ქარის სიჩქარე მ/წმ	58	71	81	92	117	120	83	69	67	73	65	53	94.9

ჩვენ აქ დეტალურად შევჩერდით კლიმატურ პირობებზე ორი გარემოების გამო. პირველია, რომ მეწყერის განვითარება ხშირად დამოკიდებულია კლიმატურ პირობებზე და მეორეც ის, რომ დიდ დილომში, თუ შევადარებთ ქ. თბილისის სხვა რაიონების კლიმატურ პირობებს, სხვაობა მკვეთრად არის გამოსახული, მაგალითად, ქ. თბილისისათვის ჰაერის საშუალო ტემპერატურა 12<sup>o</sup>, აქ კი საშუალოდ 10<sup>o</sup> შეადგენს.

საკვლევი მეწყრული უბნის გეოლოგიური და გეომორფოლოგიური პირობებიდან გამომდინარე საჭიროდ ჩავთვალეთ დაგვემუშავებინა შემდეგი საკითხები:

1. მეწყრული უბნის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების გამოკვლევისათვის სამთო გამონამუშევრების გაყვანა;
2. მეწყერის კონფიგურაციის დადგენა;
3. ფერდობის დამეწყერების მიზეზების გამოკვლევა;
4. რეკომენდაციები მეწყერის სტაბილიზაციისათვის.

აღნიშნული საკითხების გადაწყვეტისათვის მეწყრულ უბანზე საბურღი დაზგით გაყვანილი იქნა 3 ჭაბურღილი. მათი სიგრძე შეადგენს 32.0 მეტრს. ასევე ხელბურღვით გაყვანილი იქნა 6 ჭაბურღილი 65 მ საერთო სიგრძით. ხელბურღილების გამოყენება გამოწვეული იყო მეწყერის რელიეფის გამო. პრაქტიკულად იმ ადგილებში ავტომანქანის შეყვანა შეუძლებელი იყო.

ჩატარებულმა ბურღვითმა სამუშაოებმა საშუალება მოგვცა დაგვედგინა მეწყრულ უბანზე გავრცელებული ქანების ლითოლოგია და აგველო ნიმუშები გრუნტის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დასადგენად. სულ აღებული იქნა გრუნტის 12 ნიმუში. მათი თვისებების განსაზღვრა მოხდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის საინჟინრო-გეოლოგიურ განყოფილებაში. ლაბორატორიული წესით განსაზღვრული იქნა:

1. გრუნტის ტიპი;



2. გრუნტის ფიზიკური თვისებები;
3. მექანიკური თვისებები;
4. წყლოვანი თვისებები.

როგორც აღვნიშნეთ, მეწყრული ფერდობის დახასიათებისთვის გაყვანილი იქნა ჭაბურღილები, რამაც საშუალება მოგვცა აგებული ყოფილიყო მეწყრული ფერდობის გეოლოგიური ჭრილი.

როგორც მეწყრული სხეულის გეოლოგიური ჭრილიდან ჩანს (ნახ. 2.1), გამოიყოფა გრუნტის შემდეგი ფენები.

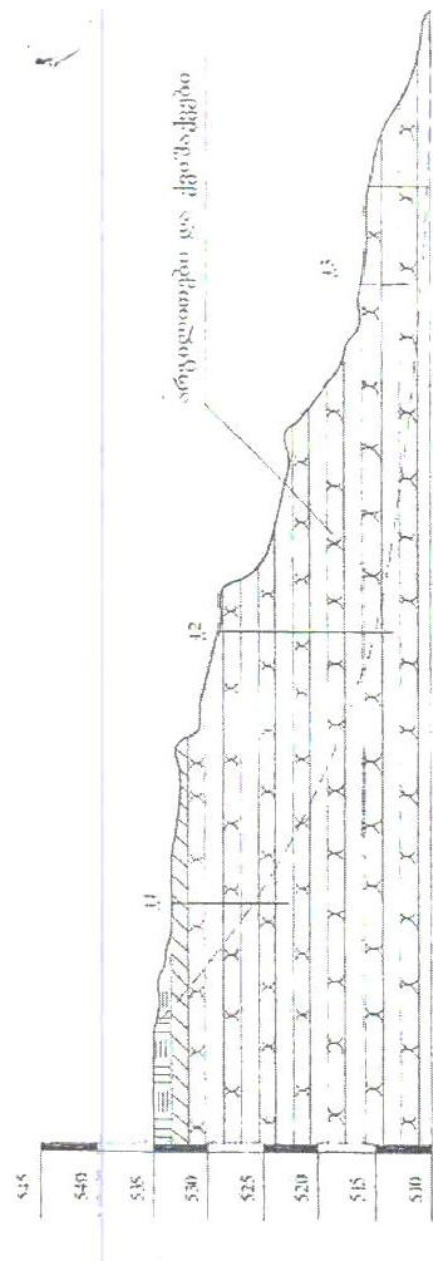
1. ფენა-1 \_ ნიადაგი
2. ფენა-2 \_ თიხნარები
3. ფენა-3 \_ სუბარგლითები ქვიშაქვების თხელი ფენებით.

მოედნის სულ ზედა ფენა წარმოდგენილი არის 0.3-0.4 მ სიმძლავრის ნიადაგის ფენით. ნიადაგის ფენა არ წარმოადგენს მეწყრის გამომწვევ მიზეზს და ამიტომ მის დახასიათებაზე არ შევჩერდებით.

მოედნის შემდეგი ფენა წარმოდგენილი არის 2.5-3.0 მ სიმძლავრის მოყვითალო-მოყავისფრო ფერის დელუვიურ-პროლუვიური წარმოშობის თიხნარებით. აღვნიშნავთ, რომ მეწყრის დაცურების სიბრტყე თიხნარებიდან გაცილებით ქვემოთ არის განთავსებული, მაგრამ ჩვენ მაინც განვსაზღვრეთ თიხნარების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები. მათი საშუალო სიდიდეები მოცემულია ქვემოთ.

1. ბუნებრივი ტენიანობა \_  $W=16\%$
2. ბუნებრივი სიმკვრივე \_  $\rho=1.73 \text{ g/sm}^3$
3. ჩონჩხის სიმკვრივე \_  $\rho_c=2.67 \text{ g/sm}^3$
4. პლასტიკურობის ზედა ზღვარი \_  $W_n=32$
5. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი \_  $W_p=14$
6. პლასტიკურობის რიცხვი \_  $I_p=18$
7. დენადობის მაჩვენებელი \_  $I_L=-32$

- 8. ტენიანობის ხარისხი  $I_s=0.46$
- 9. შიგა ხახუნის კუთხე  $\varphi^0=17^0$
- 10. კუთრი შეჭიდულობა  $C=0.4$  კგ/სმ<sup>2</sup>



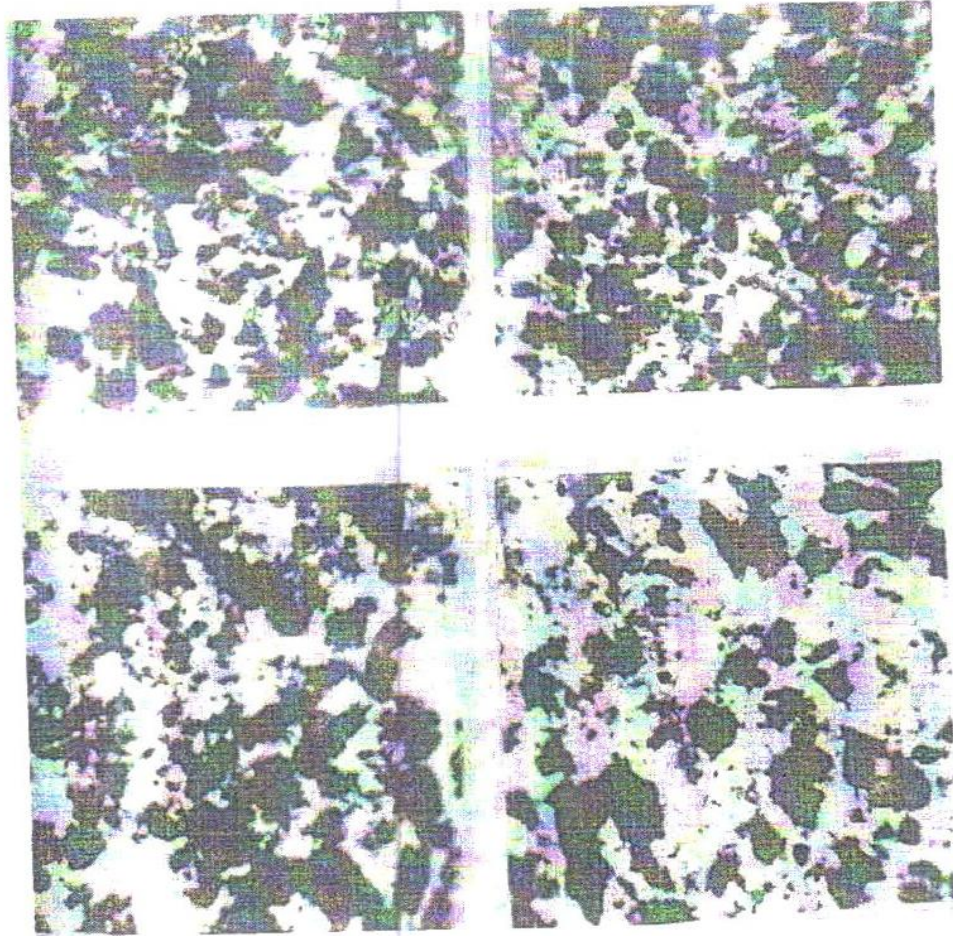
ნახ.2.1 მეწყრული სხეულის გეოლოგიური ჭრილი

ჩვენთვის ყველაზე საინტერესოა მოედნის შემდეგი ფენა წარმოდგენილი ძირითადი ქანებით მესამეული ასაკის სუბარგილითებით, რომლებიც შეიცავს ქვიშაქვების თხელ (2-3 მმ) ფენებს. ამრიგად, მორიგეობაში სიმტკიცე დამოკიდებულია ძირითადად სუბარგილითების სიმტკიცეზე. ამიტომ სუბარგილითების თვისებები დეტალურად იქნა გამოკვლეული. ასევე გამოკვლეული იქნა სუბარგილითების მინერალური და გრანულომეტრული შედგენილობა.

სუბარგილითები ლითოლოგიურად წარმოადგენს თიხებს, რომელმაც სახე იცვალა მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის ზეგავლენით.

სუბარგილითების მინერალური შედგენილობა კომპლექსურად იქნა გამოკვლეული. შედარებით მსხვილი ფრაქციები გამოკვლეული იქნა პოლარიზაციული მიკროსკოპით, ხოლო თიხური ფრაქციები (ფრაქციები, რომელთა მარცვლის დიამეტრი  $<0.05$  მმ-ზე) შეღებვის მეთოდით. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, ქვიშისა და მტვროვან ფრაქციებში უპირატესობა ენიჭება კვარცსა და მინდვრის შპატებს.

რაც შეეხება თიხურ ფრაქციებს, ისინი ძირითადად, როგორც ელექტრომისკროსკოპულმა ანალიზმა გვიჩვენა, წარმოდგენილია ჰიდროქარსებით (სურ. #2.3). ისინი სურათზე თხელი მოშავო ფერებით ხასიათდება. გვხვდება მონტმორილონიტიც. ზოგიერთ შლიფებში შეგვხვდა მუსკოვიტის კვალიც. კარბონატები ძირითადად კალციტით არის წარმოდგენილი. ისინი კარგადაა გამოკვეთილი თერმოგრამაზე (გრაფ. #2.3), რომელიც იძლევა მკვეთრად გამოხატულ ენდოთერმულ ეფექტს  $700-900^{\circ}$ -ზე. გვხვდება, აგრეთვე, მცირე რაოდენობის რკინის ჟანგეულებიც. ისინი გახურების მრუდზე იძლევა ეგზოთერმულ პიკებს  $300-400^{\circ}$ -ზე. ასევე ზოგიერთი ნიმუში შეიცავს სულფატს, განსაკუთრებით კი  $CaSO_4$  თაბაშირს, რომელიც გახურების მრუდზე იძლევა ენდოთერმულ გამოძახილებს  $100-170^{\circ}$ -ზე.

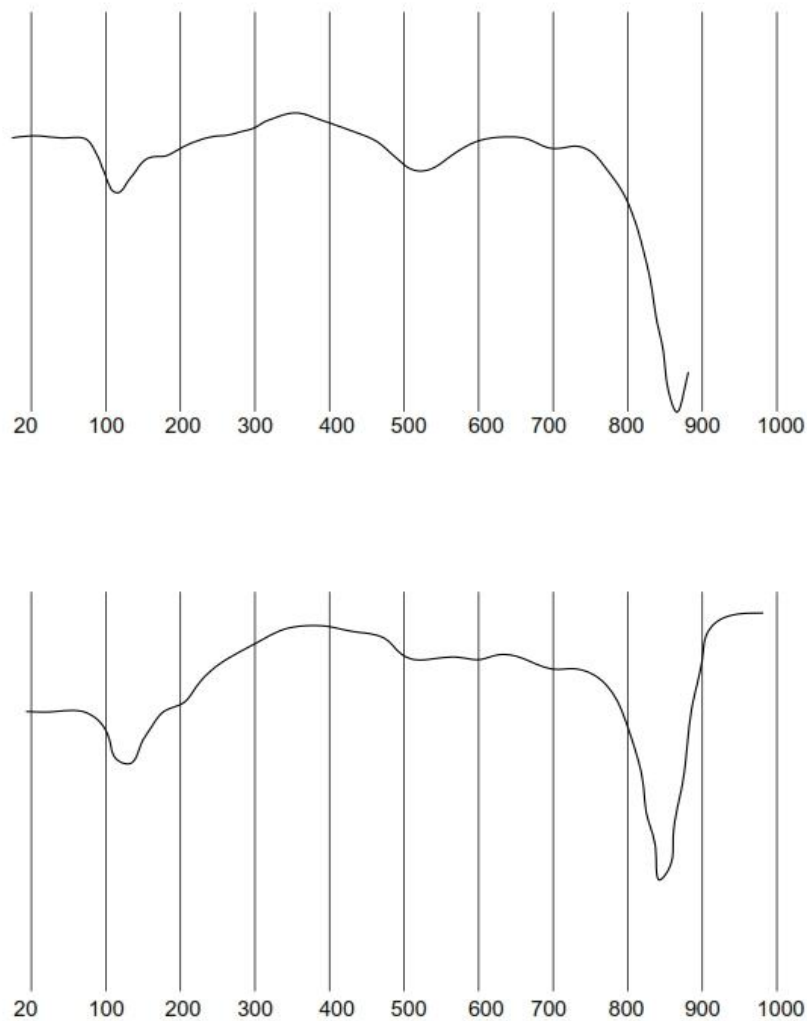


სურათი 2.3. სუბარგილიტების მინერალური შედგენილობის შლიფის სურათი

გამოკვლევული იყო ნიმუშების ქიმიური შედგენილობა. იგი განისაზღვრება წყლის გამონაწურებით. ასევე დადგენილი იქნა შთანთქმული კომპლექსი და მისი შედგენილობა. ქანების ქიმიური შედგენილობა შემდეგნაირადაა გამოხატული:

CO <sub>2</sub> _ 2-15%	SiO <sub>2</sub> _ 44-60%	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> _ 2-8%	MgO _ 2-6%
humusi _ 0.5-3%	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> _ 10-29%	CaO _ 4-14%	SiO <sub>3</sub> _ 1-12%

რაც შეეხება შეფარდებას  $\frac{SiO_2}{R_2O_3}$  თიხური ფრაქციისთვის იგი იცვლება 1.6-3-ის ფარგლებში. წყალშისხნადი მარილების რაოდენობა დადგინდა გამონაწურის მშრალი ნაშთებით. იგი იცვლება 180-200 მგ-მდე 100 გ მშრალ გრუნტზე. საერთოდ ნიმუშების დამარილების ხარისხი იცვლება დიდ ზღვრებში. ნიმუშები დამლაშებულია ძირითადად სულფატო-კარბონატული მარილებით.



გრაფიკი 2.3. თიხების თერმოდიაგრამა

განსაზღვრული იქნა სუბარგილითების შთანთქმული კომპლექსი პროფ. გედროიცის მეთოდით. იგი დიდი სიდიდის არაა და მერყეობს 12-13 მგ. ეკვ. ფარგლებში.

სუბარგილითების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების საშუალო მნიშვნელობანი ასეთია:

1. ბუნებრივი ტენიანობა \_ 16-18% (გაწყლიანებულ ზონაში 30-31%)
2. ბუნებრივი სიმკვრივე \_ 1.05-2.02 გ/სმ<sup>3</sup>
3. ჩონჩხის სიმკვრივე \_ 2.72 გ/სმ<sup>3</sup>
4. პლასტიკურობის ზედა ზღვარი \_ 46%
5. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი \_ 22%
6. პლასტიკურობის რიცხვი \_ 21
7. დენადობის მაჩვენებელი \_ მშრალის -0.21, სველის 0.42
8. შიგა ხახუნის კუთხე დაცურების სიბრტყეში \_ 5<sup>0</sup>-6<sup>0</sup>
9. კუთრი შეჭიდულობა დაცურების სიბრტყეში \_ 0.1 - 0.2 კგ/სმ<sup>2</sup>

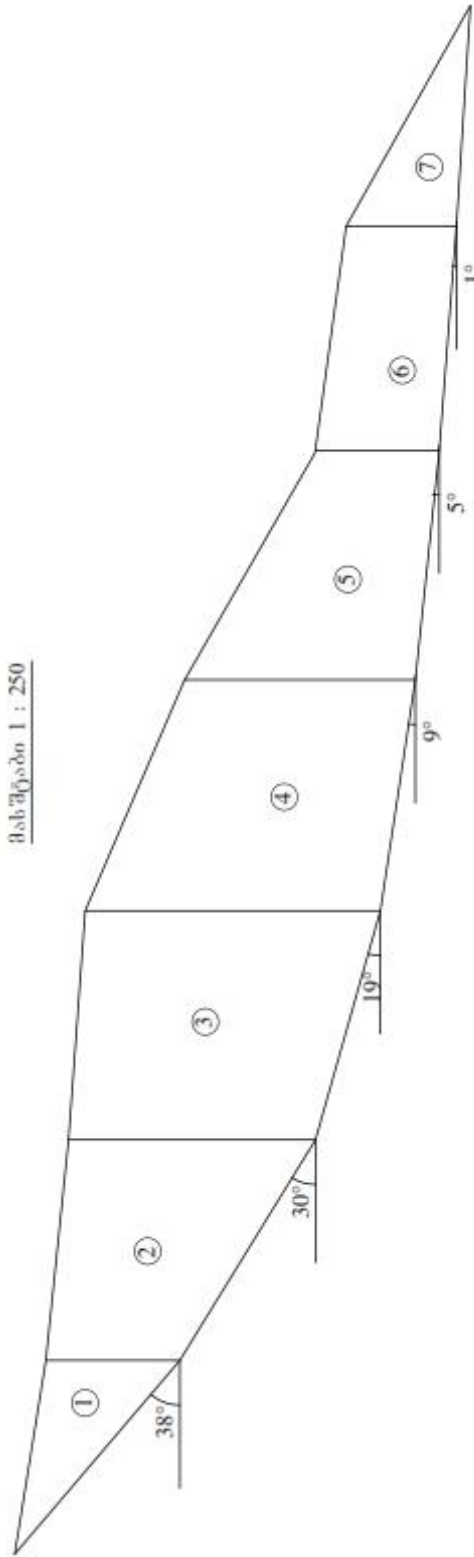
განსაზღვრული იქნა თიხების გაჯირჯვის სიდიდე და გაჯირჯვის წნევა, ისინი დამოკიდებულია თიხების ტენიანობაზე. მშრალი თიხებისთვის (W= 15-16%) გაჯირჯვის სიდიდე შეადგენს 0.5%, ხოლო გაჯირჯვის ძალა 0.3 კგ/სმ-ს არ აღემატება.

### **მეწყრული ფერდობის მდგრადობაზე ანგარიში**

წინა პარაგრაფში დახასიათებული იყო მეწყერი და ჭაბურღილების საშუალებით დადგინდა მისი კონფიგურაცია. ვთვლით, რომ არსებული მეწყრის საანგარიშო სქემად ყველაზე უფრო მისაღებია მასლოვ-ბერერის ჰორიზონტალური ძალის მეთოდი. ვინაიდან საქმე გვაქვს ძირითად ქანებთან, მათი დაცურების კონფიგურაციას ყველაზე კარგად გამოხატავს

მეწეურის საანგარიშო სქემა

მასშტაბი 1 : 250



ნახ. 2.2 მეწეურის საანგარიშო სქემა

წორედ მასლოვ-ბერერის მეთოდი. მისი სქემა მოცემულია ნახ. #2.2-ზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, მეწყერი დაყოფილია 6 ბლოკად. განსაზღვრულია თითოეული ბლოკისათვის დაცურების სიბრტყე და მისი დახრა ჰორიზონტისადმი. მეწყერის მდგრადობა ნაანგარიშევა ფორმულით:

$$K = \frac{\sum P_i [tg\alpha_i - tg\alpha_i - \Psi P_i]}{\sum P_i tg\alpha_i} \quad (2.1)$$

სადაც

$P_i$  – ბლოკის წონა, ტ

$\alpha$  – ბლოკის დახრის კუთხე, გრადუსი

$$\Psi_p = arctg F_p \quad (2.2)$$

$\Psi_p$ -ს გამოსათვლელად გამოვდივართ ტოლობიდან

$$\Psi_p = arctg F_p \quad (2.3)$$

$$F_p = tg\varphi = \frac{c}{p} \quad (2.4)$$

სადაც  $\varphi$  – გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე, გრადუსებში

$C$  – გრუნტის კუთრი შეჭიდულობა – კგ/სმ<sup>2</sup>

აქ აღვნიშნავთ, რომ  $\varphi$  და  $C$  არის დაცურების სიბრტყეში არსებული  $\varphi$  და  $C$  -ს საშუალო მნიშვნელობანი, რომელიც ჩვენი შემთხვევისათვის:  $\varphi=6^\circ$ ,  $C=0.1$  კგ/სმ<sup>2</sup>.

მეწყრული ფერდობის ანგარიში კლასიკური მეთოდით მოცემულია ცხრ. 2.3–ში.



მეწყრული ფერდობის ანგარიში კლასიკური მეთოდით (გასაშუალებული  $\varphi$  და C-თი)

$$\rho = 2.0 \text{ გ/დმ}^3 \quad \varphi = 6^\circ \quad C = 0.1 \text{ კგ/სმ}^2$$

ცხრილი #2.3

ბლოკის #	ბლოკის ზომები, მ	ბლოკის მოცულობა მ <sup>3</sup>	ბლოკის წონა	ბლოკის დახრა, $\alpha^\circ$	$tga$	$H = g \cdot tga$	$\frac{C}{P}$	$\alpha + \frac{C}{P} = \Psi_p$	$\Psi_p = arctg F_p$	$\alpha - \Psi_p$	$(\alpha - \Psi_p)$	$E = gtg(\alpha - \Psi_p)$
1	$\frac{8 \times 10}{2}$	40.0	80.0	38	0.78	62.4	0.10	0.20	12	26	0.5	40.0
2	$\frac{8 + 14}{2} \times 12$	138.0	276.0	30	0.58	160.1	0.08	0.18	10	20	0.38	102.0
3	$\frac{12 + 16}{2} \times 10$	182.0	364.0	19	0.34	123.8	0.05	0.15	9	10	0.18	66.0
4	$\frac{16 + 12}{2} \times 10$	182.0	364.0	9	0.16	58.2	0.05	0.15	9	2	0	0
5	$\frac{12 + 8}{2} \times 13$	130.0	260.0	3	0.05	13.0	0.05	0.15	9	6	0.1	-26
6	$\frac{8 + 7}{2} \times 12.5$	94.0	188.0	2.0	0.03	5.64	0.07	0.18	11	9	0.16	-32
7	$\frac{7 \times 12.5}{2}$	44.0	88.0	2.0	0.03	2.64	0.07	0.22	12	10	0.2	-17
						426.0						126

$$K = \frac{T}{H} \quad T = H - E = 426 - 126 - \frac{300}{426} = 0.7 \quad \text{მდგრადობის კოეფიციენტი } K=0.$$

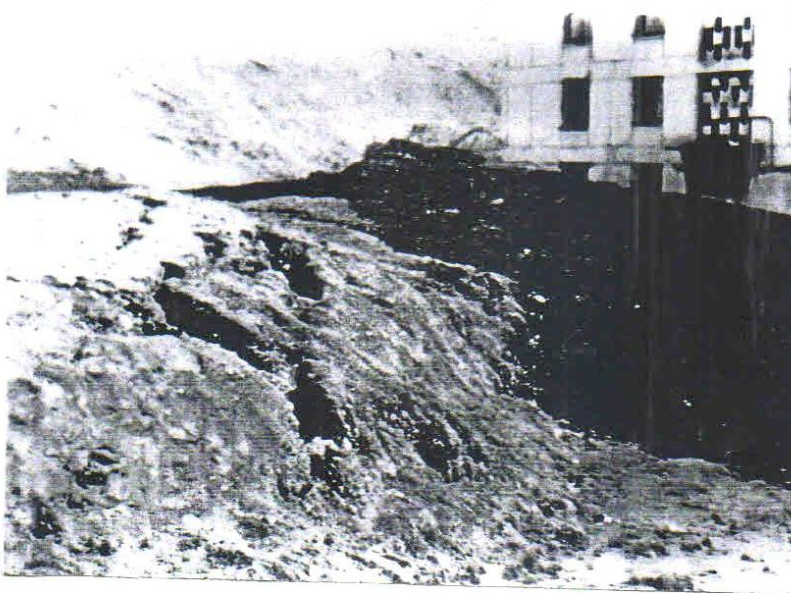
მიღებული მნიშვნელობანი შევითანეთ ცხრილ #2.3-ში. შედეგად მივიღეთ, რომ მდგრადობის კოეფიციენტი

$$K=0.7$$

რაც ნიშნავს, რომ მეწყერი არამდგრადია და იგი მოითხოვს მეწყრული მასის ადგილზე გამაგრებას მასის თვისებების გაუმჯობესებით (გამოწვა, ელექტროქიმიური გამაგრება, სილიკატიზაცია და სხვა) ანდა უნდა მივმართოთ ისეთ ღონისძიებებს, როგორცაა ბეტონის საყრდენი კედლის მოწყობა, ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯებით მეწყრების გამაგრება და სხვა.

## **§ 2.2. ლიბანის ქუჩის მეწყერი**

მეწყერი, რომლის საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებსაც ჩვენ შევხებით განვითარებულია დელუვიონში და ლიბანის მეწყრის სახელწოდებითაა ცნობილი. მეწყერი წარმოიშვა გასული საუკუნის 80-იან წლებში, რომელმაც საშიშროება შეუქმნა მის ქვემოთ განთავსებულ სკოლის შენობასა და ცხრასართულიან საცხოვრებელ სახლს (სურ. №2.4). დამეწყრული მეწყრული სხეულის სიგრძე დაახლოებით 120-140 მეტრს შეიცავს, ხოლო მეწყრული ფერდობის სიმაღლე 15-20 მეტრია. მეწყრული მასის სიძლიერე - 17 მეტრია. ფერდობი შედგება დელუვიური წარმოშობის თიხებისგან, რომლის ფუძეც წარმოდგენილია მესამეული ასაკის ზედა ეოცენის ქანებით სუბარგლითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობით. მეწყრის საინჟინრო-გეოლოგიური გამოკვლევა განხორციელდა საპროექტო ორგანიზაცია „თბილქალაქპროექტის“ საინჟინრო-გეოლოგიური განყოფილებისა და საქართველოს ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტის მიერ. წარმოშობილი მეწყრული მასა საშიშროებას უქმნიდა მის ქვემოთ არსებულ როგორც ორსართულიანი სკოლის შენობას, ისე ცხრასართულიან საცხოვრებელ სახლს. მეწყრული სხეულის გამოკვლევისათვის განხორციელდა დიდი მოცულობის სამუშაოები. გაყვანილი იქნა 12 ჭაბურღილი საშუალო სიძლიერით 15-20 მეტრი და 8 შურფი სიძლიერით 3-4 მეტრი. სამთო გამონამუშევრებიდან აღებული იქნა ნიმუშები მეწყრული სხეულის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების დასადგენად. ლაბორატორიული სამუშაოები გრუნტების თვისებების დასადგენად ჩატარდა საქართველოს ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტში.

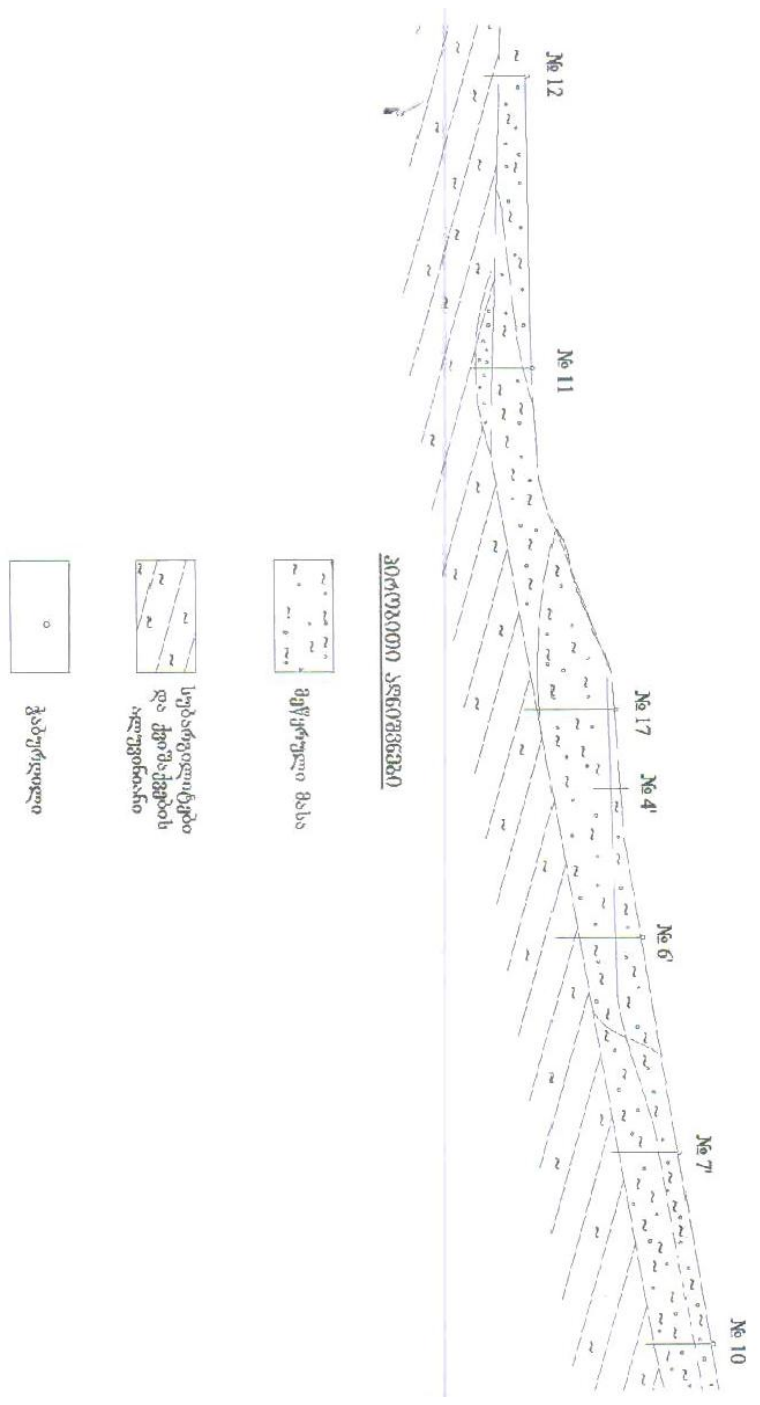


სურათი. 2.4 დამეწყრილი სკოლის შენობის სურათი

პირველ რიგში განხორციელდა ჩამოწოლილი მიწიდან ტერიტორიის განთავისუფლება უშუალოდ სკოლისა და ცხრასართულიანი შენობის წინ. ასევე შესაძლებლობის ფარგლებში გაიწმინდა ზოგიერთ ადგილებში მეწყრული ფერდობიც გადატვირთული გრუნტიდან. ეს იყო წინასწარი სამუშაოები, რომელიც ფორსმაჟორული წესით ხდებოდა, რათა თავიდან ყოფილიყო აცილებული შენობების დაზიანება. ამის შემდეგ საპროექტო ორგანიზაციამ „თბილქალაქპროექტმა“ წარმოადგინა მეწყრის გამაგრების პროექტი, რომელიც ითვალისწინებდა განთავისუფლებულიყო მეწყრული სხეული გრუნტის წყლებისგან დრენაჟის საშუალებით. დრენაჟის პროექტი საქალაქპროექტის მიერ წარმოდგენილი იქნა და განხორციელდა, მაგრამ მან თავისი მოვალეობა შეასრულა დროებით, ვინაიდან მეწყერი წყალს მაინც იღებდა. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, მეწყრის თავზე გადადის წყალსადენის ორი მილი დიამეტრით თითოეული 120 სმ-იანი. მილები ზოგ ადგილებში დაზიანებული იყო და უშვებდა წყალს. ასევე მეწყრის ზედა ნაწილში განთავსებულია კერძო ნაკვეთები, რომლებიც ირწყვებოდა. სწორედ ამ ფაქტორებმა

გამოიწვია მეწყერი. იგი ორი მიმართულებით განვითარდა. ერთი სკოლისკენ და მეორე ცხრასართულიანი სახლის მიმართულებით. ეს უკანასკნელი ეკუთვნოდა თბილცენტროლიტს. საცხოვრებელი სახლი აშენდა მეწყერის წარმოშობამდე 4-5 წლით ადრე.

ვინაიდან მეწყრული სხეულის დრენაჟმა ვერ მოგვცა სასურველი შედეგი, საჭირო გახდა გაკეთებულიყო დამატებითი მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიება, რომელშიც ჩართული იქნა ამ დარგის ცნობილი სპეციალისტი ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი პროფ. ზ. ორაგველიძე. მისი წინადადებით მეწყერის გამაგრება უნდა მომხდარიყო ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯებით. პროექტით იგი უნდა განხორციელებულიყო როგორც სკოლის მხარეზე, ისე ცხრასართულიანი შენობის მხარეზე. ნახ. 2.3-ზე მოცემულია მეწყრული სხეულის გეოლოგიური ჭრილი. ხოლო სურ. 2.5-ზე ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯების განთავსება. როგორც გეოლოგიური ჭრილიდან ჩანს, ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯები უნდა ჩავიდეს ძირითად ქანებამდე არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობაში და შეიჭრას შიგ 3-4 მეტრზე. ამრიგად, ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯების სიგრძე გამოვიდა 18-20 მეტრი. დაშორება ხიმინჯებს შორის აღებული იქნა ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯის 2.5 d, სადაც d ხიმინჯის დიამეტრია. ამრიგად, ცხრასართულიანი შენობის მხარეზე ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯის დიამეტრი 1,5 მ-ია. მათ შორის მანძილი შეადგენს 3 მეტრს. პროექტით ასეთი ხიმინჯის მწკრივი გაგრძელდებოდა 30 მეტრზე. ასევე პროექტით უნდა ყოფილიყო ხიმინჯების მეორე რიგი პირველი რიგიდან 20 მეტრით მაღლა, მეორე რიგზე ხიმინჯები გაგრძელდებოდა 20 მეტრამდე.



ნახ. 2.3 ლიბანის ქუჩის მეწყრული სხეულის გეოლოგიური ჭრილი მასშტაბი 1:50



სურ. 2.5. ნაბულ-ნატენი ხიმინჯების განთავსება



რაც შეეხება სკოლის შენობას, წინ აქ ძირითადი ქანები ზედაპირიდან უფრო ახლოს არის. ამიტომ ამ ნაწილში ხიმინჯები აღებულია იგივე დიამეტრის, 150 სმ. ხოლო სიგრძით უნდა ყოფილიყო 14 მეტრი. ხიმინჯების რაოდენობა და სიგრძე შერჩეული იყო სათანადო ანგარიშის საფუძველზე. ამისათვის საჭირო იყო განსაზღვრულიყო მეწყრული სხეულის გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები. გარდა დელუვიონისა, ნიმუშები აღებული იქნა ძირითადი ქანებიდან. განისაზღვრა მათი სიმტკიცის ზღვარი ერთდერძა კუმშვაზე. მეწყრული სხეულიდან ნიმუშები აღებული იქნა დაცურების სიბრტყეებიდან. ქვემოთ მოგვყავს მეწყრული სხეულის ნიმუშების დახასიათება.

როგორც აღვნიშნეთ, დამეწყრილია მეოთხეული ასაკის თიხები, რომლებმაც ნაწილობრივ წაიტაცეს ძირითადი ქანები, სუბარგილითებისა და ქვიშაქვების ზედა გამოფიტული ნაწილი. აღვნიშნავთ, რომ როგორც სუბარგილითები, ისე ქვიშაქვები თხელშრეებრიობით ხასიათდება და ამიტომ გამოფიტვას ადვილად ექვემდებარება. განსაზღვრული იქნა მეწყრული სხეულის ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები. შედეგები მოცემულია ცხრ. №2.4-ში და კომპრესიისა და ჭრის გრაფიკების სახით (გრ. 2.4 და 2.5).

ქვემოთ მოგვყავს დელუვიონის მეწყრული სხეულის თვისებათა გასაშუალებული მნიშვნელობანი.

1. ბუნებრივი ტენიანობა -  $W=23\%$
2. ბუნებრივი სიმკვრივე -  $\rho=1.78$  გ/სმ<sup>3</sup>
3. პლასტიკურობის ზედა ზღვარი -  $W_L=44\%$
4. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი -  $W_p=24\%$
5. პლასტიკურობის რიცხვი -  $I_p=20$
6. დენადობის მაჩვენებელი -  $I_L=0.07$
7. ფორიანობის კოეფიციენტი -  $e=0.80$
8. გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე -  $\varphi=8^\circ$
9. გრუნტის კუთრი შეჭიდულობა -  $C=0.01$  მ/სმ<sup>3</sup>

განსაზღვრული იქნა თიხების გრანულომეტრული შედგენილობა. შედეგები მოცემულია ცხრ. №2.4-ში.

თიხების გრანულომეტრული შედგენილობა

ცხრილი №2.4

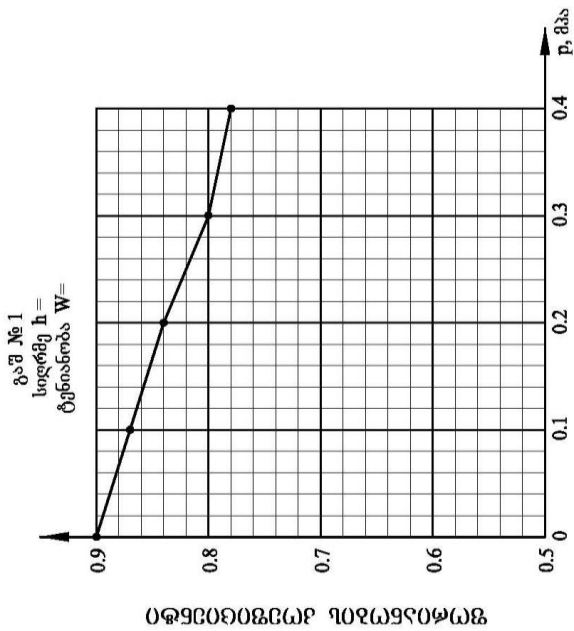
№	ჭაბუღილი ს №	აღების სიღრმე მ	ბუნებრივი სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>	ბუნებრივი ტენიანობა W-%	ფრაქციების ზომა			
					>2	2-0.05	0.05-0.005	<0.05
1	3	14.0	1.89	32	5	17	43	35
2	3	16.0	1.92	31	3	23	41	33
3	4	15.0	1.90	30	7	26	40	27
4	4	16.0	1.94	29	2	25	32	41
5	5	16.0	1.88	30	6	18	46	30

როგორც გრანულომეტრული შედგენილობის ცხრილიდან ჩანს, თიხებში გაბატონებული ფრაქციები, მტვრისებური ფრაქციებია. საინტერესოა, რომ მსხვილი ფრაქციები (>2 მმ) თიხებში 5-6% არ ჭარბობს. განსაზღვრული იქნა თიხური ფრაქციების მინერალური შედგენილობა შეღებვითი მეთოდით. როგორც შედეგებმა გვიჩვენა, თიხებში გაბატონებული მდგომარეობა კაოლინიტს უჭირავს. შემდეგ რაოდენობის მიხედვით მოდის ჰიდროქარსები. ლიტერატურულ მასალაზე დაყრდნობით თიხებში რკინის ჰიდროქანგების რაოდენობა 6-7% არ აღემატება. ფერი თიხებისა უზრუნველყოფილია რკინის ჟანგეულების ზეგავლენით.

თიხების თვისებებიდან უნდა გამოვყოთ მისი სიმტკიცის მაჩვენებლები, გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე და კუთრი შეჭიდულობა. მათი სიდიდეები ძლიერ არის დამოკიდებული გრუნტის ტენიანობაზე. მშრალი თიხები მაღალი სიმტკიცით ხასიათდება ( $R_0=3-6$ კგ/სმ<sup>2</sup>). დასველების შემთხვევაში კი მათი სიმტკიცე მკვეთრად კლებულობს.



ცდა კომპრესიაზე

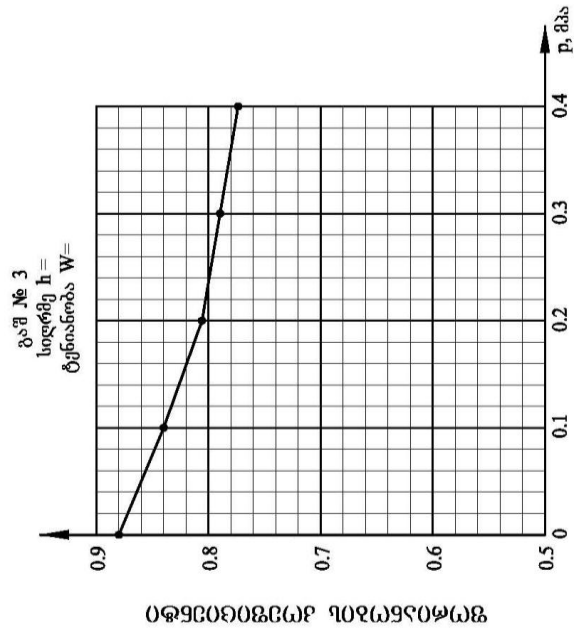


ვერტიკალური ლატკირთვა

ვერტიკალური ლატკირთვა	მზა	0	0.1	0.2	0.3	0.4
ფორიანობის კოეფიციენტი	$c$	0.86	0.85	0.84	0.80	0.78
ლაჯდომის მიღული	$c_p$		3.20	5.40	6.20	7.20
დეფორმაციის მიღული	$E$ მზა		5.10	6.30	8.40	12.60
კუმშვადობის კოეფიციენტი	$a$		0.04	0.03	0.02	0.02

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფუძე-საბირკვლების კათედრა

ცდა კომპრესიაზე



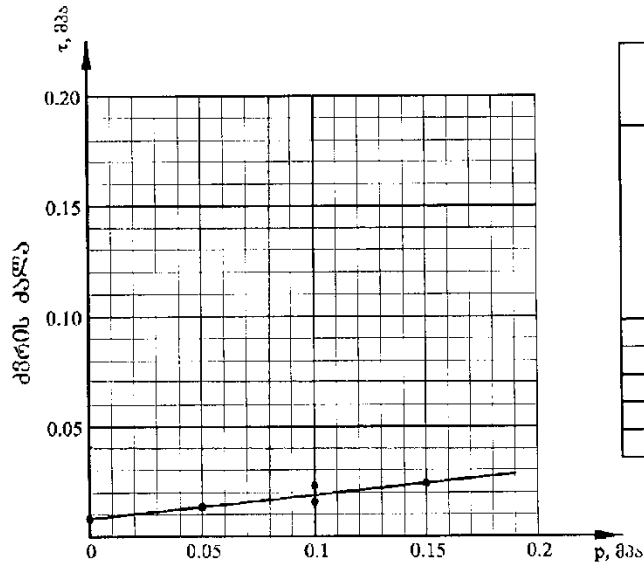
ვერტიკალური ლატკირთვა

ვერტიკალური ლატკირთვა	მზა	0	0.1	0.2	0.3	0.4
ფორიანობის კოეფიციენტი	$c$	0.88	0.84	0.81	0.79	0.77
ლაჯდომის მიღული	$c_p$		13.10	5.30	6.00	6.40
დეფორმაციის მიღული	$E$ მზა		4.80	5.10	7.20	11.20
კუმშვადობის კოეფიციენტი	$a$		0.04	0.03	0.02	0.01

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფუძე-საბირკვლების კათედრა

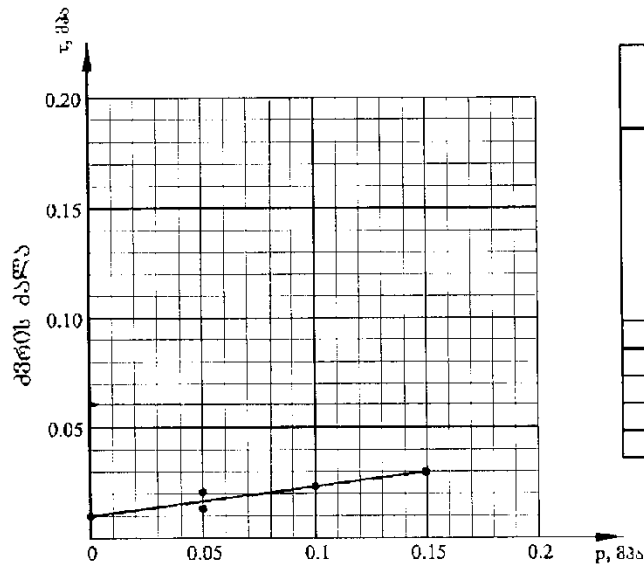
გრაფიკი 2.4. კომპრესიის

ბრუნების კვრის გამომცდის შედეგები



ვერტიკალური დატვირთვა

გაშ № 3 სიღრმე h = 11.8 ტენიანობა W=27%			
ვერტიკალური დატვირთვა, მპა	ძერის ძალა, მპა	შეღების კუთხე	კუთრი შეჭიდულობა, მპა
p	τ	φ°	C მპა
0.05	0.015	7°	0.01
0.10	0.020		
0.15	0.025		
0.20			



ვერტიკალური დატვირთვა

გაშ № 3 სიღრმე h = 12.18 ტენიანობა W=26%			
ვერტიკალური დატვირთვა, მპა	ძერის ძალა, მპა	შეღების კუთხე	კუთრი შეჭიდულობა, მპა
p	τ	φ°	C მპა
0.05	0.020	8°	0.015
0.10	0.025		
0.15	0.030		
0.20			

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფუნქციონირების კათედრა

სამუშაო ჩაატარა

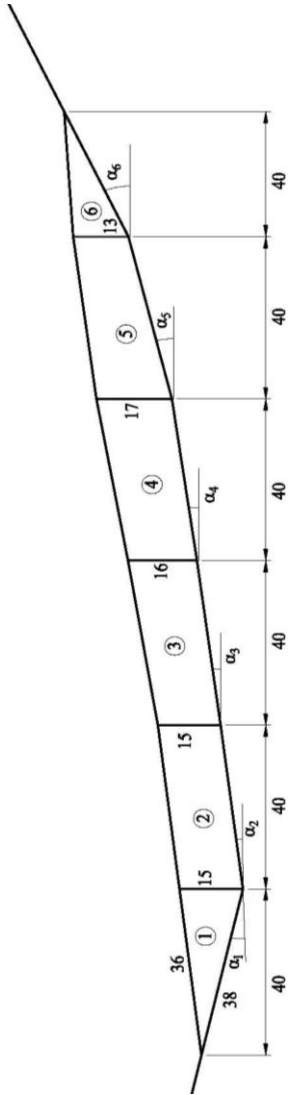
გრაფიკი 2.5. ჭრაზე

ვიდრე გადავიდოდეთ მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიშზე, დავუბრუნდებით ისევ ლიბანის უბანზე მეწყრული პროცესის შემდგომ განვითარებას.

როგორც აღვნიშნეთ, პროფ. ზ. ორაგველიძემ შეადგინა მეწყრის გამაგრების პროექტი. ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯები მეწყრულ უბანზე ორი მიმართულებით კეთდება. ერთი საცხოვრებელი სახლის მიმართულებით და მეორე სკოლის შენობის მიმართულებით. ორივე მხარეს პროექტი ითვალისწინებდა მეწყრის შეჩერებას ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯებით. საცხოვრებელი სახლის მხარეს კეთდება 1.5 მ დიამეტრის მქონე ხიმინჯები, რომლის სიგრძეც აღწევს 17 მეტრს. როგორც ანგარიშმა აჩვენა ფერდობის სიმდგრადისათვის საჭიროა ხიმინჯების მეორე რიგიც, რომელიც განთავსებულია ხიმინჯების პირველი რიგიდან 20 მ-ით მაღლა. რაც შეეხება სკოლის შენობის წინ ხიმინჯების განთავსებას, აქ ხიმინჯის დიამეტრი იგივეა, მხოლოდ მათი სიგრძე უფრო ნაკლებია და შეადგენს 14 მეტრს. ქალაქის მერიამ აღნიშნული პროექტი დაამტკიცა და იმავე წელს დაწყებული იქნა ხიმინჯების ჩასობა. რაც შეეხება ტერიტორიის საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებს, იგი შედგენილი იქნა პროფ. გ. ჭოხონელიძის მიერ. პროექტის პირველი ნაწილი, რომელიც ითვალისწინებდა საცხოვრებელი სახლის მოპირდაპირედ მეწყრული სხეულის გამაგრებას ნატენ-ნაბურღი ხიმინჯების საშუალებით, შესრულებული იქნა. გაკეთდა ქვედა რიგი, ზედა კი არ გაკეთებულა. ასევე არაფერი არ გაკეთებულა სკოლის წინ მოზღვავებული მეწყრული მასის შესაჩერებლად. დაკმაყოფილდნენ მხოლოდ ჩამოტანილი მასალის გატანით და ფერდობის დახრის რამდენიმე გრადუსით შემცირებით, რასაც მიაღწიეს ფერდობის მოჭრით. განხორციელებულმა მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებამ დაახლოებით ორი წელიწადი მოგვცა შედეგი. შემდეგ კი მოვლენებმა მიიღო მეტად არასახარბიელო ხასიათი. საცხოვრებელი სახლის წინ მეწყერი კვლავ განახლდა, გადმოველო თავზე ნაბურღ-ნატენ ხიმინჯებს და შეიქმნა საცხოვრებელი სახლის დაზიანების საშიშროება. ნაცვლად იმისა, რომ გაეკეთებინათ, როგორც ეს პროექტით იყო გათვალისწინებული, მეორე რიგის ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯების მჭკრივი, ქალაქის

მერიის მიერ გამოტანილი იქნა უცნაური გადაწყვეტილება, ცხრასართულიან შენობას ჩამოჭრეს ერთი სადარბაზო. საცხოვრებელი სახლი ამ ღონისძიების შედეგად დაშორდა მეწყრული სხეულის კერას. რაც შეეხება სკოლის წინ, აქ კვლავ ჩამოჭრეს მეწყრულ ფერდობს გრუნტი და შეამცირეს მეწყრის ქანობი. სამწუხაროდ, არც ამ ღონისძიებამ გაამართლა. ქალაქის მერია იძულებული გახდა მიემართა ნაცად მეთოდს და საცხოვრებელ სახლს ერთი სადარბაზო კიდევ ჩამოჭრეს. ამრიგად, შენობა იყო 4-სადარბაზოიანი და ორი სადარბაზო აღებული იქნა. ბუნებრივია, აღნიშნულმა ღონისძიებამ მეწყერი ვერ შეაჩერა და იგი კვლავ განაგრძობს თავის აქტიურ მოქმედებას. შედგა ახალი პროექტი, რომელიც ითვალისწინებს როგორც საცხოვრებელი სახლის წინ, ისე სკოლის შენობის წინ გაკეთებული იქნეს საყრდენი კედლები.

გეოლოგიურმა სამუშაოებმა საშუალება შექმნა, რათა განსაზღვრულიყო როგორც მეწყრული სხეულის სიმძლავრე, ისე მისი დაცურების სიბრტყე. ნახ. 2.4-ზე ნაჩვენებია მეწყრული ფერდობის საანგარიშო სქემა. როგორც ნახაზიდან ჩანს, მეწყრული სხეული დაყოფილია ბლოკებად. მეწყრის კონფიგურაცია ისეთია, რომ ანგარიშისთვის გამოყენებული იქნა მასლოვ-ბერერის მეთოდი (როდესაც მეწყრის დაცურების სიბრტყე ბრტყელია).



ნახ. 2.4. მეწერული ფერდობის საანგარიშო სქემა

ლიბანის ქუჩის ფერდობის მდგრადობის ანგარიშისთვის მონაცემები

$$\rho=1.92\text{მ/სმ}^3 \quad C=0.07\text{კგ/სმ}^2 \quad \varphi=5^\circ$$

ცხრილი #2.5

ბლოკის №	ბლოკის ზომები მ	ბლოკის მოცულობა	ბლოკის წონა გ	ბლოკის დახრა $\alpha$	$\text{tg}\alpha$	$H=g \times X \times \text{tg}\alpha$	$\frac{c}{p}$	$F_p = \text{tg}\varphi + \frac{c}{p}$	$\psi_p = \arctg F_p$	$\alpha - \psi_p$	$\alpha - \psi_p$ $\text{tg}(\quad)$	$T = g \text{tg}(\alpha - \psi_p)$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	38X19.8x3.10	308	600.0	14	0.25	150.0	0.02	0.11	10	24	0.44	136
2	19.8X19.6X3.10	600	1150.0	9	0.16	185.0	0.03	0.12	11	7	0.12	128
3	19.6X18.2X3.10	618.0	1180	9	0.16	190.0	0.03	0.12	11	7	0.12	133
4	18.2X17.0X3.10	678.0	1300	9	0.16	208.0	0.03	0.12	11	7	0.12	147
5	1708X15.0X3.10	678.0	1300	10	0.18	234.0	0.03	0.12	11	7	0.12	147
6	15.0X11.50X3.10	260	510.0	25	0.47	236	0.02	0.15	10	15	0.10	510
$\Sigma$						1203						460

$$T=H-E=1203-460=743$$

$$K = \frac{743}{1203} = 0.6$$

ცხრ. №2.5-ში მოცემულია მეწყრული სხეულის მდგრადობის ანგარიშისათვის საჭირო მონაცემები. შედეგებმა გვიჩვენა, რომ მდგრადობის კოეფიციენტი  $K=0.6$ , ე. ი. ფერდობი არამდგრადია და იგი საჭიროებს გამაგრებით ღონისძიებებს. მიღებული შედეგებიდან ნათლად ჩანს, რომ ფერდობი საჭიროებს გამაგრებით სამუშაოებს. მეწყრის წინ შენობების აღება არ შეაჩერებს მეწყერს. აღსანიშნავია, რომ საცხოვრებელი სახლის წინ გაკეთებული ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯები მეწყერმა ვერ დააზიანა, მეწყრული მასა ხიმინჯებს თავზე გადმოველო. რომ ყოფილიყო გაკეთებული მეორე რიგის ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯები, როგორც ეს პროექტით იყო გათვალისწინებული, შენობიდან სადარბაზოების აღება აღარ იქნებოდა საჭირო.

### **§2.3. მიხეილ ჯავახიშვილის ქუჩის მეწყერი**

მიხეილ ჯავახიშვილის ქუჩა (ყოფილი ელბაქიდის ქუჩა) მეწყერის (სურ. 2.6) წარმოშობისა და განვითარების ერთ-ერთი საუკეთესო მაგალითია, რომლის წარმოშობა და განვითარება დაკავშირებულია ქალაქის სამეურნეო კომუნიკაციის დაზიანებასთან.

მ. ჯავახიშვილის ქუჩა ქალაქის ერთ-ერთ პრესტიჟულ უბანს წარმოადგენს. იგი იწყება რუსთაველის გამზირიდან და მიემართება გამზირის პერპენდიკულარულად მდ. მტკვრისაკენ. აქ მისი აბსოლუტური ნიშნულია საშუალოდ 427 მ. რელიეფი მიემართება დაღმა საკმაოდ დახრილ ტერიტორიაზე, გაივლის რა 300-400 მეტრს, მდ. მტკვარზე იგი არსებული ხიდით უერთდება მარჯანიშვილის ქუჩას, რომლის აბსოლუტური ნიშნულიც შეადგენს 411 მეტრს. ქუჩის რელიეფი ისეთია, რომ დასაწყისში მას მარცხენა მხარეზე (რუსთაველის ქუჩიდან ქვემოთ რომ ჩამოვდივართ) ესაზღვრება ფერდობი, რომელიც იწყება ლ. ქიაჩელის ქუჩიდან და მიემართება ქვემოთ მდ. მტკვრის სანაპირომდე. მარჯვენა მხარეს კი იქმნება დაღმავალი ფერდობი, რომელიც ჩადის მდ. მტკვრის სანაპირომდე. იმისათვის, რომ ქიაჩელის ქუჩის

მხრიდან ფერდობმა შეინარჩუნოს მდგრადობა, გზას გაკეთებული აქვს საყრდენი კედელი. ამ კედელზე შევჩერდით იმიტომ, რომ 2012 წელს კედლის ნაწილი დაახლოებით 10-15 მ სიგრძეზე დაიმეწყრა, რის შედეგადაც დაზიანდა საყრდენი კედელი. თვითონ საყრდენი კედელი ქვისგან იყო აშენებული. მისი სიმაღლე დასაწყისში შეადგენს 1.5-2 მეტრს, ხოლო ბოლო ნაწილში 3-3.5 მეტრს. დაიმეწყრა ბოლო ნაწილი. იგი ოპერატიულად იქნა იმავე წელს შეკეთებული. ქვის კედელი შეცვლილი იქნა რკინაბეტონით, მხოლოდ კედლის მოპირკეთება დატოვეს ძველი. ამრიგად, დღეისათვის ვერც კი შეამჩნევთ, რომ საყრდენი კედლის ბოლო ნაწილი ბეტონით არის გაკეთებული. საყრდენი კედლის პროექტი დამუშავდა შ.პ.ს. „მონოლითმშენში“, რაშიც მონაწილეობას იღებდა პროფ. გ. ჭოხონელიძე. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის საანგარიშოდ აღებული იქნა მეწყრული სხეულიდან მონოლითები და განსაზღვრული იქნა მათი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები.

როგორც ლაბორატორიულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, მეწყრული სხეული თიხნარებითაა წარმოდგენილი. მათი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების საშუალო მნიშვნელობანი ასეთია:

10. ბუნებრივი ტენიანობა (მეწყრული სხეულის) -  $W=25\%$
11. ბუნებრივი სიმკვრივე -  $\rho=1.88$  გ/სმ<sup>3</sup>
12. პლასტიკურობის ზედა ზღვარი -  $W_L=33\%$
13. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი -  $W_p=18\%$
14. პლასტიკურობის რიცხვი -  $I_p=15$
15. დენადობის მაჩვენებელი -  $I_L=0.32$
16. ტენიანობის ხარისხი -  $S_w=0.88$
17. გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე -  $\varphi=10^\circ$
18. გრუნტის შეჭიდულობის ძალა -  $C=0.15$  კგ/სმ<sup>2</sup>

აღნიშნული მონაცემები მოგვყავს იმიტომ, რომ ჩვენ მას შევადარებთ იმ დიდი მეწყრული მასის თვისებებს და დავრწმუნდებით, რომ ორივე შემთხვევაში



თიხნარებთან გვაქვს საქმე, რომელიც თავისი თვისებებით მეტად ახლოა ერთმანეთთან.



სურ. 2.6 ჯავახიშვილის ქუჩაზე წარმომოხილი მეწყერი

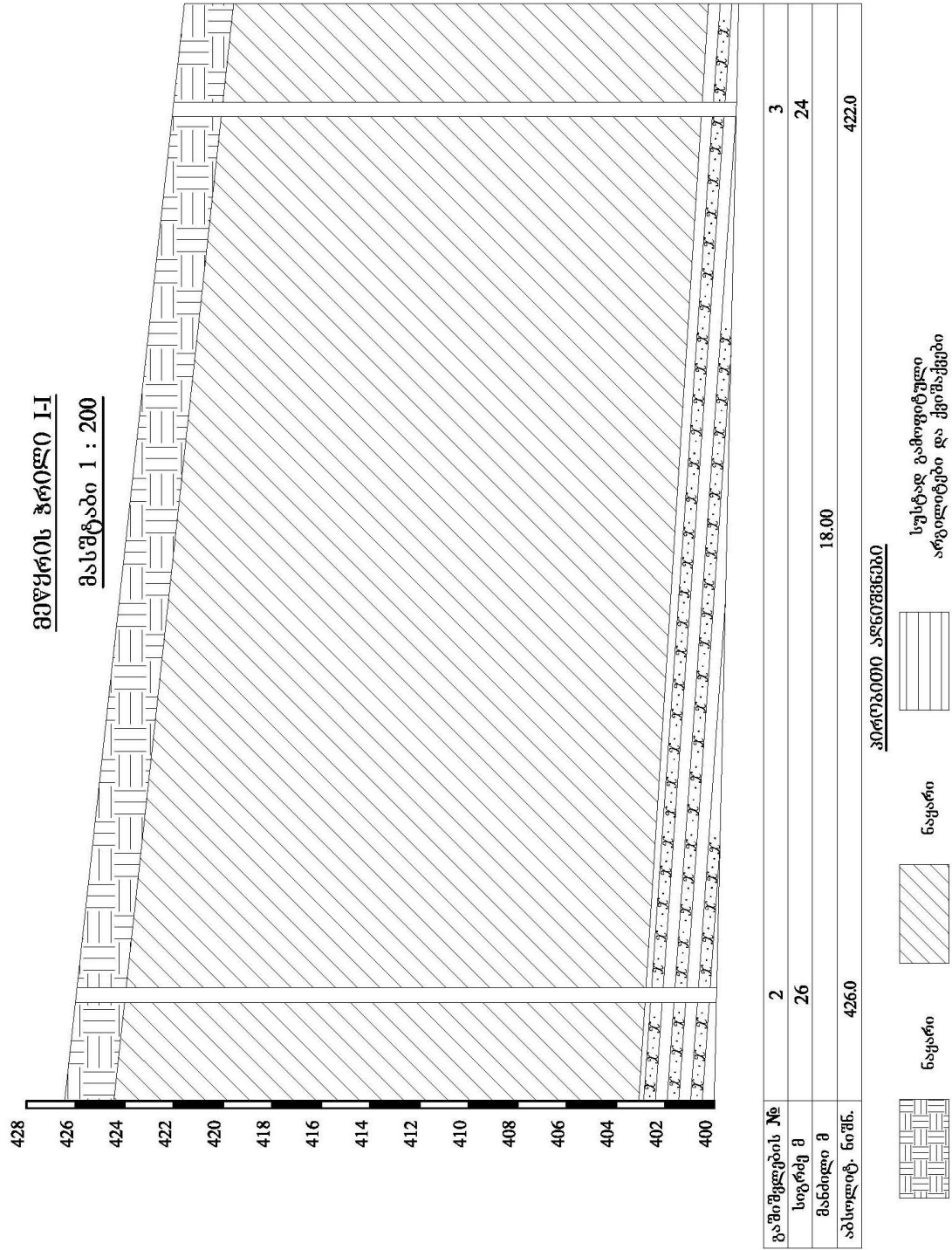
მ. ჯავახიშვილის ქუჩაზე მეწყერი წარმოიშვა ქუჩის მარჯვენა მხრის ფერდობზე და 2015 წლის ივნისში, დაიმეწყრა თუ რუსთაველის გამზირიდან ჩამოვდივართ ელბაქიდის ქუჩაზე, გზის მარჯვენა ფერდობია იყო თუ არა მოსალოდნელი აღნიშნულ ადგილზე მეწყერის წარმოშობის საშიშროება, ამის

შესახებ ჩვენ ქვემოთ გვექნება საუბარი. მანამდე აღვნიშნავთ, რომ ფერდობის სიმაღლე, რომელიც თითქმის 20 მ-ს აღწევდა, საკმაოდ ციცაბო იყო. ფერდობის ბოლოში მდ. მტკვრის სანაპიროზე აშენებული იყო კერძო პირების მიერ 1-2 სართულიანი სახლები, რომელიც დროებით ნაგებობებს წარმოადგენს. თვითონ ფერდობი გამაგრებული ჰქონდათ თვითნაკეთი საყრდენი კედლით, რომლის სიმაღლაც 2-2.5 მეტრს შეადგენდა. მართალია, საყრდენი კედელი თვითნაკეთი იყო, მაგრამ იგი გარკვეულწილად ასრულებდა კიდევაც თავის მოვალეობას, კერძოდ, იგი იცავდა ფერდობს ეროზიული მოქმედების ზეგავლენისგან. ვინაიდან აშენებული დროებითი საცხოვრებელი სახლები შემდეგში დაინგრა (ზოგი მოსახლე წავიდა, ზოგს მთავრობამ ბინა მისცა), ტერიტორია, რომ იტყვიან, დარჩა უპატრონოდ. საყრდენი კედლებიც ზოგ ადგილზე დაშალეს. მობინადრეების წასვლის შემდეგ საყრდენი კედლები ისე ძალიან დაზიანდა, რომ უკვე მხოლოდ ზღუდარების მოვალეობას ასრულებდა. მთავრობას საერთო გეგმაში კი ჰქონდა ამ ადგილზე გაეკეთებინა კაპიტალური საყრდენი კედელი, მაგრამ სანამ საყრდენი კედლის მშენებლობას დაიწყებდნენ მდომარეობა სულ სხვანაირად განვითარდა. ჯავახიშვილის ქუჩის დაღმართზე ჩადებული იყო მიწაში 300 მმ დიამეტრის წყალსადენის მილი. სხვადასხვა მიზეზის გამო წყალსადენის მილი დაზიანდა და დაიწყო მისგან წყლის კარგვა. მილი მიუყვებოდა ჯავახიშვილის ქუჩის ნაპირზე სანაპიროს ფერდობის გასწვრივ. დროთა განმავლობაში დაზიანებული მილის ნაპრალი უფრო გადიდდა, რის შედეგადაც წყალმა დაიწყო უფრო დიდი რაოდენობით გამოსვლა. ამას მოჰყვა მიმდებარე უბანში მილის ირგვლივ გრუნტის გაწყლიანება, რის შედეგადაც გრუნტის სიმტკიცე მკვეთრად შემცირდა. ყოველივე ამან განავითარა კიდევაც მეტად ძლიერი მეწყერი. წარმოშობილმა მეწყერმა მილი მთლიანად მოწყვიტა და დაიწყო მოძრაობა ქვემოთ ფერდობის ძირის მიმართულებით. საბედნიეროდ, მეწყრის ბოლოში, როგორც აღვნიშნეთ, მაცხოვრებლები ადრევე იქნა გაყვანილი და მეწყერულ

მოვლენას ადამიანთა მსხვერპლი არ მოჰყოლია. ზოგიერთების აზრით, რომ არ დაზიანებულიყო მაცხოვრებლების მიერ აშენებული საყრდენი კედელი, მეწყერი ასეთ ძლიერ სახეს არ მიიღებდა. ასეთი აზრი სინამდვილეს არ შეეფერება იმიტომ, რომ მეწყერი გამოიწვია წყალსადენის მილის გახეთქვამ. წარმოშობილი მეწყერი იმდენად დიდი მოცულობის იყო, რომ დროებითი საყრდენი კედელი მას ვერ შეაჩერებდა.

ქ. თბილისის მერიამ მიიღო საჭირო ზომები, რათა მეწყერი კიდევ უფრო აქტიური არ გამხდარიყო. ასევე ოპერატიულად შედგენილი იქნა პროექტი მეწყრული ფერდობის სასწრაფოდ აღდგენისათვის. ჩვენ მივიღეთ მონაწილეობა მეწყრული სხეულის საინჟინრო-გეოლოგიურ გამოკვლევებში. პირველ რიგში, გამოკვლეული იქნა მეწყრული გაშიშვლებები (გაშიშვლების ქვემოთ გამოყენებული იქნა ხელის ბურღულები), რამაც საშუალება მოგვცა მიგველო მთელი მეწყრული სხეულის საინჟინრო-გეოლოგიური სურათი. ჩვენ შევადგინეთ მეწყრულ ფერდობზე ორ ადგილას გაშიშვლების გამოყენებით მეწყრული სხეულის ლითოლოგიური სვეტები. მათ საფუძველზე კი შედგა მეწყრული სხეულის გეოლოგიური ჭრილი. ნახ. #2.5 და 2.6 მოცემულია მეწყრული სხეულის ლითოლოგიური სვეტები და გეოლოგიური ჭრილი. მეწყრის ბოლოში სანაპირო ქუჩაზე გაყვანილი იქნა ავტომანქანაზე დამონტაჟებული საბურღი დაზგით ერთი 10 მ სიმძლავრის ჭაბურღილი. მისი საშუალებით დადგენილი იქნა ძირითადი ქანების არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობის განთავსება, ხოლო აღებული ნიმუშებისგან განისაზღვრა მათი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები. როგორც ჭრილიდან ჩანს, მეწყრული ფერდობის გეოლოგიური ჭრილი შემდეგნაირია:

1. ფენა 1 - ნაყარი;
2. ფენა 2 - თიხნარი;
3. ფენა 3 - კენჭნარი;
4. ფენა 4 - არგილითები და ქვიშაქვები.



ნახ. 2.5 მეწყრის სხეულის გეოლოგიური კრილი



ლითოლოგიური ჭრილი

მასშტაბი 1 : 200

ჭაბურღილი № 2

426.00

ფენის სიღრმე		ფენის სიმსლავრე	ფენის აბსოლ. ნიშნული	ქანების აღწერა	ლითოლოგია	გრუნტის კატეგორია	R <sub>0</sub> მტ/სმ <sup>2</sup>	გრუნტის წყალი		სტრატეგ. ინდექსი
დან	მდე							გამონ.	დგომა	
0.0	1.0	1.00	425.00	ნაყარი						
1.0	11.50	10.50	414.50	თიხნარი						
11.50	13.00	1.50	413.00	სუსტად გამოფიტული არგილიტ. და ქვიშაქვები						

ნახ. 2.6. გაშიშვლების ლითოლოგიური სვეტი

სურ. #2.6-ზე ნაჩვენები გვაქვს მეწყრული სხეულის ფოტო. ამრიგად, ფერდობის მარჯვენა სანაპიროზე წარმოდგენილი ფოტო ახასიათებს მეწყრული ფერდობის იმდროინდელ მდგომარეობას.

როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, მეწყრული მასის სულ ზედა ფენა წარმოდგენილი არის 0.8-1 მ სიმძლავრის ნაყარით. იგი ლითოლოგიურად იგივე თიხნარებს წარმოადგენს, რომელიც 10-15%-ის რაოდენობით შეიცავს სამშენებლო ნაგავს. ფენა არ გასინჯულა, განისაზღვრა მხოლოდ მისი ბუნებრივი სიმკვრივე.

$$\rho=1.72 \text{ გ/სმ}^3$$

მეწყრული სხეულის შემდეგი ფენა წარმოდგენილი არის დელუვიურ-პროლივიური წარმოშობის მოყავისფრო-მონაცრისფრო ფერის თიხნარებით. იგი არის მეწყრული სხეულის ძირითადი ნაწილი, რომლის სიმძლავრეც 15-20 მეტრს შეადგენს. განსაზღვრული იქნა დელუვიონის მინერალური და გრანულომეტრული შედგენილობა.

მეწყრული სხეულის თიხნარების გრანულომეტრული შედგენილობა მოცემულია ცხრ. 2.6-ში.

ცხრილი #2.6

#	გაშიშვლების #	აღების სიღრმე მ	ბუნებრივი სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>	ფრაქციების ზომა - მმ				
				>2	2-0.5	0.5-0.05	0.05-0.005	<0.005
1	1	2.1	1.78	13	17	15	32	23
2	2	33.4	1.81	12	14	19	29	26
3	3	5.1	1.78	5	20	22	34	19
4	4	7.2	1.78	11	15	17	27	29
5	5	8.7	1.80	15	16	18	30	21

როგორც ცხრილიდან ჩანს, თიხნარებში გაბატონებული მდგომარეობა მტვროვან ფრაქციებს (0.05-0.005) უჭირავს. რაც შეეხება თიხური ფრაქციების

რაოდენობას, იგი იცვლება 19-20%-ის ფარგლებში. როგორც აღვნიშნეთ, გამოკვლეული იქნა თიხური ფრაქციების მინერალური შედგენილობა. იგი წარმოდგენილი არის ჰიდროქარსებით (სურ. 2.7).



სურ.2.7 ჰიდროქარსები

გამოკვლეული იქნა თიხნარების როგორც წყლოვანი თვისებები, ისე სიმტკიცის მაჩვენებლები. ქვემოთ ნაჩვენებია გვაქვს თიხნარების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გასაშუალებული მნიშვნელობანი.

1. ბუნებრივი ტენიანობა -  $W=27\%$
2. ბუნებრივი სიმკვრივე -  $\rho=0.79$  გ/სმ<sup>3</sup>
3. პლასტიკურობის ზედა ზღვარი -  $W_L=33\%$
4. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი -  $W_p=18\%$
5. პლასტიკურობის რიცხვი -  $I_p=14$
6. დენადობის მაჩვენებელი -  $I_L=0.50$
7. ტენიანობის ხარისხი -  $S_2=0.90$

გრუნტის სიმტკიცის მაჩვენებლებიდან განსაზღვრული იქნა გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე  $\varphi$  და კუთრი შეჭიდულობა  $C$ . შედეგები მოცემულია ცხრ. #2.7-ში, ასევე კომპრესიისა და ჭრის გრაფიკები გრაფ. 2.6 და 2.7. აღვნიშნავთ, რომ ამ ორი სიდიდის მნიშვნელობა ბევრად არის დამოკიდებული ჭრის

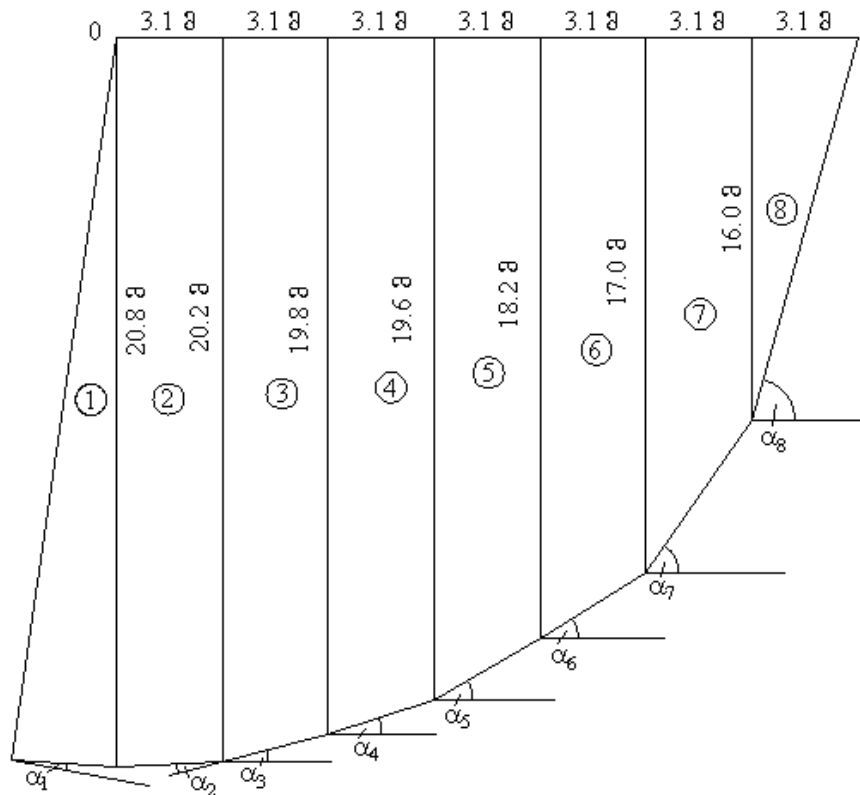
განსაზღვრის მეთოდებაზე. დღეისათვის გრუნტის ჭრის მაჩვენებლებს განსაზღვრავენ სამი მეთოდით:

1. ჭრა გრუნტის კლასიკური მეთოდით (სხვადასხვა დატვირთვაზე);
2. ჭრა გრუნტის წინასწარ დატკეპნით;
3. ჭრა გრუნტის სხვადასხვა ტენიანობის შემთხვევაში.

აღნიშნული მეთოდებიდან ჩვენ ავირჩიეთ ჭრა გრუნტის წინდაწინ დატკეპნით. ამ მეთოდზე ადრეც შევჩერდით და დასაბუთებული იყო კიდევაც, თუ რატომ ავირჩიეთ შემოთავაზებული მეთოდი.

ჯავახიშვილის ქუჩის მეწყრის ქუჩის საანგარიშო სქემა

$$\rho=1.88 \text{ გ/სმ}^3, \varphi=10^\circ, C=0.015 \text{ კგ/სმ}^2$$



$$K = \frac{\sum T}{\sum H} = 0.63$$

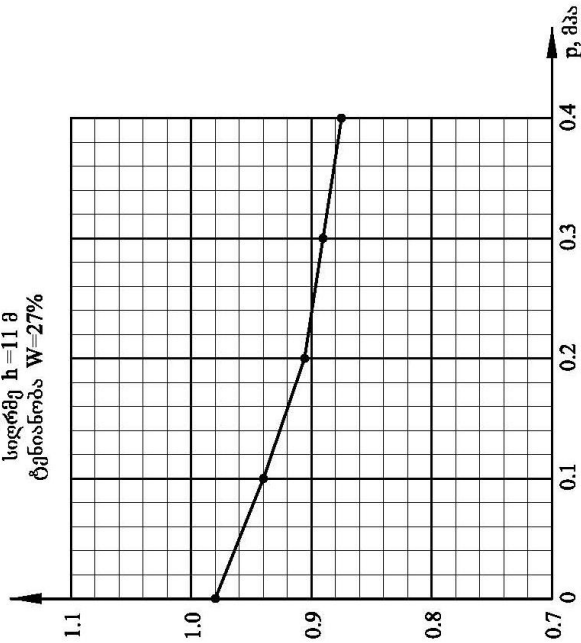
ნახ. 2.7 მეწყრის საანგარიშო სქემა



ჩავატარეთ ფერდობის მდგრადობის მდგრადობის საანგარიშოდ გამოყენებული იქნა მასლოვ-ბერერის ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი. მაგრამ ვინაიდან ჩვენ უმეტესად ვიყენებთ ჰორიზონტალური ძალების მეთოდს, აქაც ამ უკანასკნელს მივეცით უპირატესობა. დაცურების სიბრტყე აღებულია საველე სამუშაოებიდან მოპოვებული მასალების საფუძველზე. მეწყრული მასივის სქემატური გეგმა ნაჩვენებია ნახ. #2.7-ზე. როგორც ნახაზიდან ჩანს, მეწყრული მასა დაყოფილია 8 ბლოკად. საინტერესოა, რომ ბლოკი #1-ის წონა მეწყრის მოძრაობის საწინააღმდეგოდ არის მიმართული, ამიტომ მისი წონა უარყოფითი ნიშნით არის გამოხატული. ყველა ბლოკისთვის განსაზღვრულია მათი გაბარიტები, რის საფუძველზედაც განსაზღვრულია მათი წონა. ნახაზზე ნათლად ჩანს, რომ ბლოკ 1-ის გარდა მეწყრული ძალები მიმართულია ფერდობის მოძრაობის მიმართულებით. აქ აღვნიშნავთ, რომ, როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, მეწყრული მასის ზედაპირი დაახლოებით 1 მ სიმძლავრის ნაყარით არის წარმოდგენილი. ჩვენ შევადარეთ ნაყარის სიმკვრივე მეწყრული სხეულის სიმკვრივეს და დავრწმუნდით, რომ მათ შორის განსხვავება უმნიშვნელოა, ამიტომ მთელი მეწყრული მასივისთვის სიმკვრივე ერთნაირი ავიღეთ.

ცდა კომპრესიაზე

გაშ № 3  
სიღრმე  $h=11.8$   
ტენიანობა  $W=27\%$



სტრუქტურული უწყვეტი

შეზღუდული ღებობის

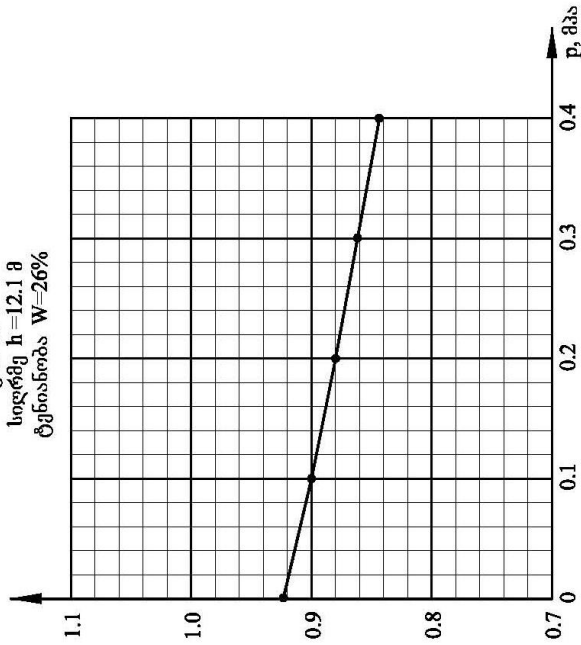
შეზღუდული ღებობის	მზა	0	0.1	0.2	0.3	0.4
ფორიანობის კოეფიციენტი	c	0.98	0.94	0.91	0.89	0.87
დაჯდომის მოდული	$c_p$		1.60	2.80	3.60	4.40
დფორმაციის მოდული	E მზა		5.10	7.20	9.20	9.30
კუმულაციის კოეფიციენტი	a		0.04	0.03	0.02	0.02

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფუნქციონირების კათედრა

გრაფიკი 2.6 კომპრესიის

ცდა კომპრესიაზე

გაშ № 3  
სიღრმე  $h=12.18$   
ტენიანობა  $W=26\%$



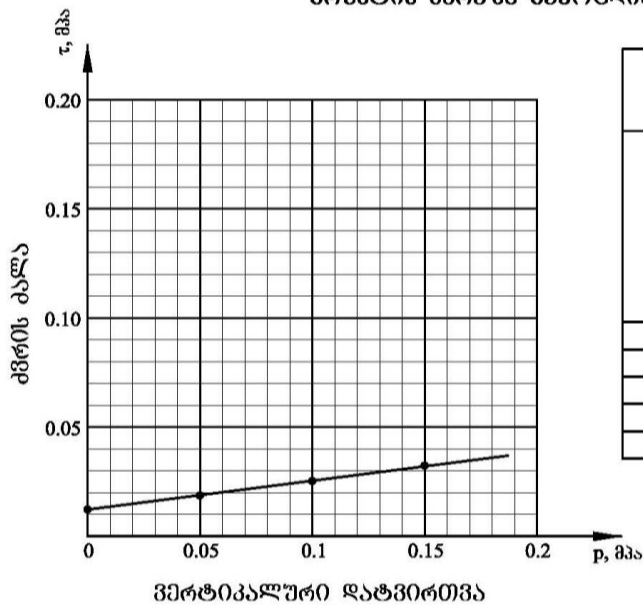
სტრუქტურული უწყვეტი

შეზღუდული ღებობის

შეზღუდული ღებობის	მზა	0	0.1	0.2	0.3	0.4
ფორიანობის კოეფიციენტი	c	0.92	0.89	0.86	0.84	0.83
დაჯდომის მოდული	$c_p$		1.20	2.40	3.20	3.60
დფორმაციის მოდული	E მზა		6.30	6.40	9.20	18.30
კუმულაციის კოეფიციენტი	a		0.03	0.03	0.02	0.01

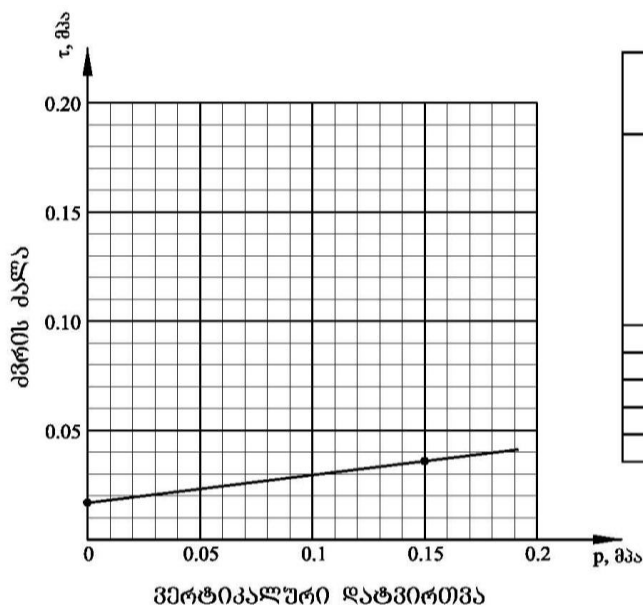
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფუნქციონირების კათედრა

ბრუნტის კვრახე გამოცდის შედეგები



გაშ № 3 სიღრმე h=11 მ ტენიანობა W=27%			
ვერტიკალური დატვირთვა, მპა	ძერის ბალა, მპა	შედა ხახუნის კუთხე	კუთრი შეჭიდულობა, მპა
p	τ	φ°	C მპა
0.05	0.018	8°	0.012
0.10	0.024		
0.15	0.030		
0.20			

ვერტიკალური დატვირთვა



გაშ № 3 სიღრმე h=12.1 მ ტენიანობა W=26%			
ვერტიკალური დატვირთვა, მპა	ძერის ბალა, მპა	შედა ხახუნის კუთხე	კუთრი შეჭიდულობა, მპა
p	τ	φ°	C მპა
0.05	0.022	9°	0.015
0.10	0.029		
0.15	0.036		
0.20			

ვერტიკალური დატვირთვა

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
ფუძე-საპირკვლების კათედრა

სამუშაო ჩაატარა

გრაფიკი 2.7 ჭრის

ჯავახიშვილის ქუჩის მეწყრული სხეულის მდგრადობაზე ანგარიშისათვის მონაცემები  $\rho=1.80$   $C=0.15$   $\varphi=10^\circ$

ცხრილი #2.7

ბლოკის №	ბლოკის ზომები	ბლოკის მოცულობა	ბლოკის წონა გ	ბლოკის დახრა $\alpha$	$\text{tg}\alpha$	$H=g \cdot \text{tg}\alpha$	$\frac{c}{p}$	$F_p = \text{tg}\varphi + \frac{c}{p}$	$\psi_p = \arctg F_o$	$\alpha - \psi_p$	$\alpha - \psi_p$ $\text{tg}(\quad)$	$E = g \text{tg}(\alpha - \psi_p)$
1	20.8X2.4	25.0	44.0	3	0.05	-2.0	0.09	0.22	13	-10	0.18	+9.0
2	20.2X19.8x3.10	124.0	223.0	5	0.09	21.0	0.04	0.22	13	-7	0.12	-29.0
3	19.8X19.6X3.10	122.0	220.0	12	0.21	48.0	0.04	0.22	13	-1	0.02	-5.0
4	19.6X18.2X3.10	121.0	218.0	18	0.32	73.0	0.04	0.22	13	+5	0.09	-30.0
5	18.2X17.0X3.10	109.0	198.0	35	0.70	143.0	0.03	0.21	12	+23	0.42	-89.0
6	1708X15.0X3.10	99.0	177.0	48	1.05	195.0	0.03	0.21	12	+26	0.72	-138.0
7	15.0X11.50X3.10	82.0	141.0	50	1.47	221.0	0.02	0.20	11	+39	0.80	-126.0
8	11.5X31	18.0	33.0	74	1.55	55.0	0.02	0.20	11	+64	1.20	-42.0
$\Sigma$						758						347.0

$$T=H-E=758-347=411$$

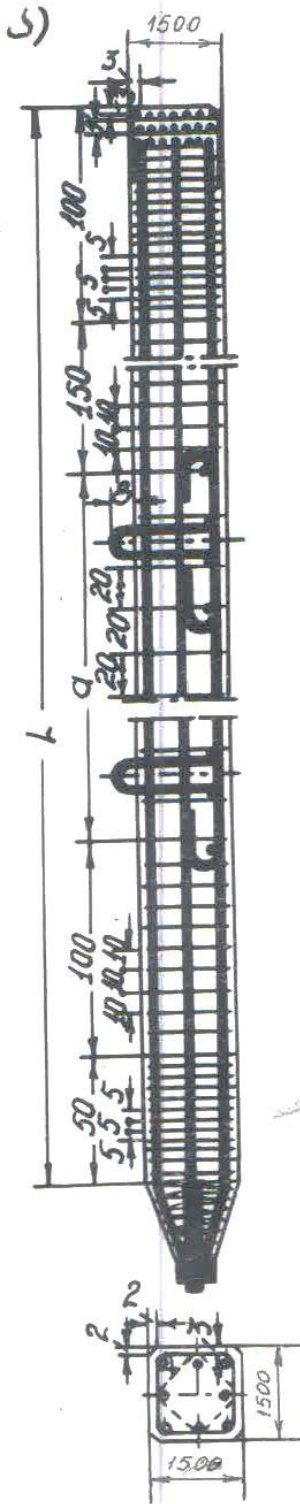
$$K = \frac{\epsilon T}{\epsilon H} = \frac{411}{722} = 0.63$$

როგორც ამ მონაცემებიდან ჩანს, აქტიური ძალების სიდიდე შეადგენს 758 ტონას, ხოლო პასიურის 347 ტონას. თუ ამ მონაცემებს ჩავსვამთ მასივის მდგრადობის ფორმულაში  $T=H-E$ -ში მივიღებთ მეწყრის მდგრადობის კოეფიციენტს.

$$K = \frac{E T}{E H} = 0.63$$

ამრიგად, ანგარიშის შედეგად ნათლად ჩანს, რომ მეწყრული ფერდობი არამდგრადია.

ფერდობის მდგრადობის შენარჩუნებისათვის გადაწყვეტილი იქნა მეწყრული ფერდობი გამაგრებული ყოფილიყო ნაბურღი-ნატენი ხიმინჯებით. ხიმინჯის სიგრძე შეადგენდა 1.2-2.5 მეტრს, ხოლო დიამეტრი 1.5 მეტრს. ნახ. #2.8-ზე ნაჩვენებია გვაქვს ნაბურღი-ნატენი ხიმინჯის ჩონჩხის სქემატური ნახაზი. ადგილზე სამუშაოები შემდეგნაირად მიმდინარეობდა. სპეციალური საბურღი დანადგარით გაყავდათ ჭაბურღილი, რომლის დიამეტრიც შეესაბამებოდა 1.5 მეტრს. შემდეგ შიგ იდგმებოდა ლითონის არმატურის, ე.წ. ჩონჩხი, რის შემდეგაც წარმოებდა შესაბამისი მარკის ბეტონის ჩასხმა. სულ გაყვანილი იქნა - 32 ხიმინჯი, რომელიც, გაივლიდა რა მეწყრულ მასას, შედიოდა 2 მ სიგრძეზე ძირითად ქანებში. როგორც აღვნიშნეთ, ძირითადი ქანები წარმოდგენილი არის არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობით. მეწყერსაწინააღმდეგო სამუშაოები დამთავრდა 2015 წლის აგვისტოს დასაწყისისთვის და დღეისათვის მეწყრის ფერდობის მდგრადობა ექვს არ იწვევს.

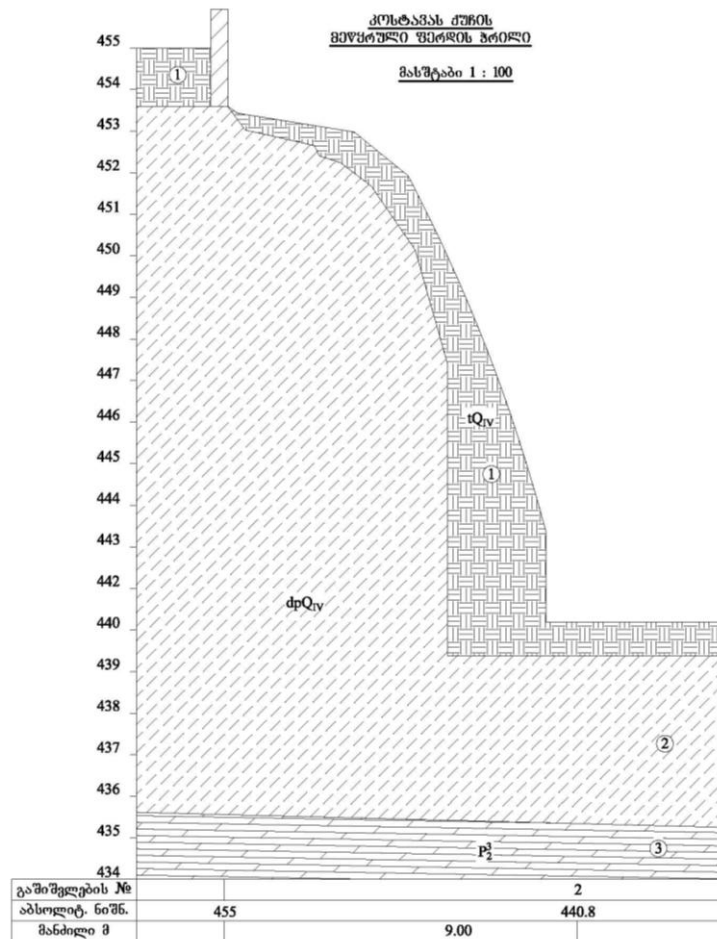


ნახ. 2.8 ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯის სქემატური ნახაზი

## §2. 4. რუსთაველის ქუჩაზე არსებული პოტენციური მეწყერი

აღნიშნული მეწყრული ფერდობი საინტერესოა იმით, რომ, როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, ფერდობი წარმოადგენს პოტენციურ მეწყერს, მაგრამ ე.ი. დღეისათვის ფერდობი მდგრადია, როგორც ეს გვიჩვენა ჩვენი მეთოდით ჩატარებულმა ანგარიშმა. თუმცა, ვიზუალურადაც კარგად ჩანს, რომ ფერდობი მდგრადია.

მოკლედ შევხებით აღნიშნული ფერდობის გეოლოგიურ და გეომორფოლოგიურ პირობებს. მეწყრული ფერდობის ზოგადი სურათი მოცემულია ნახ. 2.9-ზე. როგორც ამ სურათიდან ჩანს, მეწყრული ფერდობი თითქმის ვერტიკალურია და მართლაც იწვევს შთაბეჭდილებას, რომ იგი აუცილებლად დაიმეწყრება.



ნახ. 2.9 მეწყრული ფერდობის სურათი

მეწყრული ფერდობის საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების დასადგენად გაყვანილი იქნა სამი 15 მ სიგრძის ჭაბურღილი, რის საფუძველზედაც აგებული იქნა ფერდობის ზემოაღნიშნული გეოლოგიური ჭრილი, ფერდობის გეოლოგიური ჭრილი გამოკვლეულ სიღრმემდე წარმოდგენილია შემდეგნაირად:

1. ფენა 1 - ნაყარი;
2. ფენა 2 - თიხნარი;
3. ფენა 3 - არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობა.

მეწყრული ფერდობის სულ ზედა ფენა წარმოდგენილი არის 1-20 სიმძლავრის ნაყარით. იგი იგივე თიხნარს წარმოადგენს, რომელსაც შერეული აქვს სამშენებლო ნაგავი. როგორც ნახაზიდან ჩანს, ფერდობის თავზე გადადის ზანდუკელის ქუჩა. ფერდობის ქვედა მხარე კი გამოდის კოსტავას ქუჩაზე. ეს ყველაფერი არის რუსთაველის ძეგლიდან 50-100 მეტრში. ფერდობის სიმაღლე 14-15 მეტრს აღწევს. თუ როდის შეიქმნა აღნიშნული ფერდობი ასეთი ფორმის, ამაზე მკვლევარებს ერთი აზრი არ აქვთ. ზოგის აზრით, იგი ტექტონიკურია. ზოგიერთი კი მას მდინარის გეოლოგიური მოქმედებით ხსნის. ფერდობი ეზოში გადის და იგი კოსტავას ქუჩიდან არ ჩანს, ვინაიდან მას სახლები ფარავს. ფერდობს ამოშენებული აქვს მცირე სიმაღლის აგურის კედელი. ვინაიდან მეწყრული ფერდობი ძირითადად თიხნარებისგან შედგება, ჩვენ მიერ თიხნარები დეტალურად იქნა გამოკვლეული.

თიხნარები ბუნებრივ პირობებში მშრალ მდგომარეობაშია. მათი ბუნებრივი სიმკვრივე 1.75-4.0 გ/სმ<sup>3</sup> ფარგლებში იცვლება. დაბალია მათი ბუნებრივი ტენიანობაც. ქვემოთ ჩვენ მოგვყავს თიხნარების ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლების გასაშუალებული მნიშვნელობანი განსაზღვრული საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გრუნტების მექანიკისა და ფუძე-სადირკვლების მიმართულებაზე.

19. ბუნებრივი ტენიანობა -  $W=17\%$



20. ბუნებრივი სიმკვრივე -  $\rho=1.79$  გ/სმ<sup>3</sup>
21. პლასტიკურობის ზედა ზღვარი -  $W_L=32$  %
22. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი -  $W_p=19$  %
23. პლასტიკურობის რიცხვი -  $I_p =13$
24. დენადობის მაჩვენებელი -  $I_L=0.17$
25. ფორიანობის კოეფიციენტი -  $e=0.78$
26. ტენიანობის ხარისხი -  $S_2=0.58$
27. ჩაჯდობადობა -  $h_p=<0.01$
28. დასველების დრო -  $S_T=12$  წუთი

რაც შეეხება თიხნარების სიმტკიცის მაჩვენებლებს, ამ საკითხზე ჩვენ სპეციალურად შევჩერდებით.

გამოკვლეული იყო თიხნარების გრანულომეტრული შედგენილობა. შედეგები მოცემულია ცხრ. №2.8-ში.

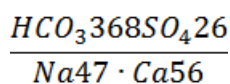
თიხების გრანულომეტრული შედგენილობა

ცხრილი №2.8

№	ქაბურღილის №	ალუმის სიღრმე მ	ბუნებრივი ტენიანობა W-%	ბუნებრივი სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>	ფრაქციების ზომა - მმ			
					>2	2-0.05	0.05-0.005	<0.005
1	2	9.0	17	1.78	9	20	33	32
2	2	10.0	16	1.80	7	23	41	29
3	3	8.0	17	1.75	9	19	45	27
4	3	11.0	17	1.77	11	22	36	31
5	4	10.0	18	1.78	6	22	44	27

როგორც ცხრილიდან ჩანს, გაბატონებული მდგომარეობა წარმოდგენილია მტვროვანი ფრაქციებით. ვინაიდან მეწყრულ პროცესებში მთავარი

მნიშვნელობა მაინც თიხურ ფრაქციებს ენიჭება. ჩატარებული იქნა თიხური ფრაქციების მინერალური შედგენილობის გამოკვლევა თერმული ანალიზით და ელმიკროსკოპის საშუალებით. როგორც გამოკვლევებიდან ჩანს, თიხური ფრაქცია ძირითადად წარმოდგენილია ჰიდროქარსებით. კარგადაა გამოყოფილი მუსკოვიტის ქერცლები. გარკვეული რაოდენობით გვხვდება კვარცის მარცვლებიც. ხშირად გვხვდება მუქი მომწვანო ფერის ქლორიტების ქერცლები. თიხურ ნაწილში შეინიშნება გარკვეული შრეობრიობა, რომელიც უზრუნველყოფილია მუსკოვიტის არსებობით და გამურული მცენარეული დეტრიტის არსებობით. სტრუქტურა მკვეთრად გამოსახული მარცვლოვანია. თიხებში გვხვდება მცენარეულის გრაფიტული ნამსხვრევებიც, რომლებიც უწყსრიგოდ არის მიმობნეული მასაში. გვხვდება მადნეულის მინერალებიც მიმოფანტული სახით. ისინი ზოგ ადგილზე წარმოქმნის კიდევაც Fe-ის შენაერთებს. ადვილად ხსნადი მარილები თიხნარებში მცირე რაოდენობითაა, უმთავრესად, თაბაშირის სახით. წყლის გამონაწურის მინერალიზაცია დაბალია. 0.1-0.15 გ/ლ 100 გრამ გრუნტზე. კურლოვის ფორმულა შემდეგნაირად გამოიყურება:



$P_H$ -ის რაოდენობა 6.5-7.8 ფარგლებში იცვლება.

თერმოდინამიკურ მრუდზე ფიქსირდება სამი ენდოთერმული პიკი 180, 600, 830°. ენდოთერმული პიკები მიანიშნებს, რომ (350°) ორგანიკა არის, ხოლო 600° მიუთითებს, რომ არის პირიტი.

რაც შეეხება გრუნტის სიმტკიცისა მაჩვენებლებს, შიგა ხახუნის კუთხესა და კუთრ შეჭიდულობას, იგი განსაზღვრული იქნა როგორც წინა პარაგრაფებში, ისე აქაც კლასიკური მეთოდით, როდესაც  $\varphi$  და  $C$ -ს მნიშვნელობა გასაშუალებულია და ჩვენ მიერ რეკომენდებული მეთოდითაც.

მოედნის შემდეგი ფენა წარმოდგენილია ძირითადი ქანებით, მესამეული ასაკის ზედა ეოცენის არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობით.

აღნიშნული ქანები უშუალოდ მეწყრის განვითარებაში არ იღებს მონაწილეობას, მაგრამ იმ შემთხვევაში თუ მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებად დასახელებული იქნება ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯები, მაშინ საჭირო გახდება ძირითადი ქანების დახასიათებაც თავის სიმტკიცის მონაცემებით.

როგორც აღვნიშნეთ, ძირითადი ქანები არგილითებისა და თიხაფიქლის მონაცვლეობით შედგება. უნდა ითქვას, რომ სიმტკიცის თვალსაზრისით აღნიშნული ქანები მკვეთრად განსხვავდება ერთმანეთისგან. თუ ქვიშაქვები თავისი სიმტკიცით კლდოვან ქანებს მიეკუთვნება ( $R_k > 50 \text{ კგ/სმ}$ ), არგილითების სიმტკიცე გაცილებით ნაკლებია და მიეკუთვნება ნახევრად კლდოვან ქანებს. იგი საკვლევ უბანზე თხელშრეებრიობით ხასიათდება.

არგილითები ლითოლოგიურად თიხებს წარმოადგენს, რომელმაც სიმტკიცე მიიღო ლიტიფიკაციის დროს, როდესაც ხვდებოდა მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის ქვეშ. არგილითების თიხურ ფრაქციებში გაბატონებული მდგომარეობა კაოლინიტს უჭირავს. მცირე რაოდენობით შეიცავს კვარცისა და რკინის ნაწილაკებს. არგილითები მეტად არამდგრადია გამოფიტვის პროცესების მიმართ. ცნობილია, მაგალითად, რომ თუ არგილითებისგან წარმოდგენილი შენობის ქვაბული დიდხანს (2 კვირა) დარჩა ღიად, მისი ზედა ნაწილი 20-30 სმ მანძილზე სწრაფად იშლება. ასეთ შემთხვევაში საძირკვლის ზედა ფენა 20-30 სმ სიმძლავრით, როგორც გამოფიტული და ფუძისათვის გამოუსადეგარი, უნდა მოიხსნას.

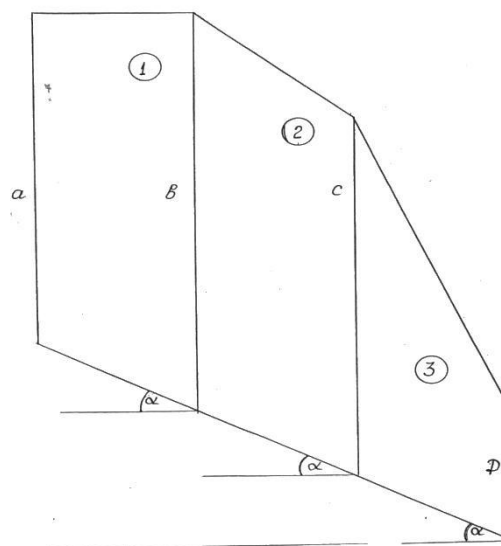
ქვიშაქვები ძირითადად არკოზულია და ხასიათდება საშუალო სიმძლავრის შრეობრიობით. ქვიშაქვის ცალკეული მარცვლები შეცემენტებულია თიხური მასალით. ამიტომ მათ ხშირად უწოდებენ თიხიან ქვიშაქვებს.

დავახასიათეთ რა ფერდობის შემადგენელი გრუნტები, შეიძლება გადავიდეთ ფერდობის მდგრადობის ანგარიშზე. ფერდობის მდგრადობის ანგარიშისთვის შედგენილია ფერდობის საანგარიშო სქემა, რომელიც მოცემულია ნახ. 2.10-ზე,

ხოლო მდგრადობისთვის საჭირო მონაცემები მოცემულია ცხრ. №2.9-ში. მეწყრული ფერდობი დაყოფილი იქნა სამ ბლოკად. ფერდობის მდგრადობა გაანგარიშდა მასლოვ-ბერერის ჰორიზონტალური ძალების მეთოდით. აღსამიშნავია, რომ კლასიკური მეთოდის ანგარიშით მდგრადობის კოეფიციენტი  $K < 1$ -ზე, რაც ნიშნავს იმას, რომ ფერდობი არამდგრადია. არადა ფერდობი დგას და ამ მდგომარეობაში არის დაახლოებით რამდენიმე ათეული წელი. ჩვენ ვიანგარიშეთ ფერდობის მდგრადობა ჩვენ მიერ შერჩეული მეთოდით და აღმოჩნდა, რომ მდგრადობის კოეფიციენტი ტოლია  $K = 1.1$  (ამ საკითხზე დეტალურად შემდეგ შევჩერდებით). ამრიგად, ფერდობი მდგრადია, რაც დასტურდება ფერდობის ამჟამინდელი მდგომარეობითაც. როგორც აღვნიშნეთ, რომ  $K = 1.1$ , ე. ი. ფერდობი მდგრადია, მაგრამ სამშენებლო ნორმები, მიგვითითებს: იმისათვის, რომ ფერდობის სიმდგრადე უზრუნველყოფილი იყოს სათანადო მარაგით, მდგრადობის კოეფიციენტი არ უნდა იყოს 1.2-ზე ნაკლები. ჩვენც ვთვლით, რომ საყრდენი კედლის გაკეთება აუცილებელია, რათა მაქსიმალურად იყოს უზრუნველყოფილი ფერდობის სიმდგრადე.

mewyruli ferdobis saangariSo sqema

m. 1:100



ნახ. 2.10

meore variantipirveli da meore blokisaTvis  $\varphi=26^0$  da  $c=0.3 \text{ kg/sm}^2$   
 mesame blokisaTvis  $\varphi=22^0$  da  $c=0.25 \text{ kg/sm}^2$

ცხრილი 2.9

blokis #	blokis zomebi	moculoba m <sup>3</sup>	blokis wona G	$\alpha\alpha$	tga	$P=Gtga$	blokze mosuli saSualo wneva Pn t/m <sup>2</sup>	$Fp=tga+C/Pn\alpha$	$\Psi_p=\arctgF_p$	$\alpha_p$	$tg(\alpha-\Psi_p)$	$G(tg\alpha-\Psi_p)$
1	$\frac{3.5 \times 11.5}{2} \times 4$	42.0	84.0	30.0	0.58	48.5	20.0	0.69	37	-7	0.11	6.5
2	$\frac{11.5 \times 100}{2} \times 4$	43.0	86.0	30.0	0.58	50.0	21.0	0.69	37	-7	0.12	7.0
3	$\frac{10.0 \times 4.2}{2} \times 4$	28.4	28.4	30.0	0.58	33.0	14.0	0.64	35.0	-5.0	0.09	3.4
						131.5				16.9		

k=1.1

### \$2.5. თემქის დასახლება, შეშელიძის ქუჩის მეწყერი

ვიდრე შევეხებოდეთ შეშელიძის ქუჩის ფერდობზე განვითარებულ მეწყერს, მოკლედ შევეხებით „თბილქალაქპროექტის“ ზოგიერთ მონაცემს. აღნიშნული მეწყერის თაობაზე მათი მონაცემების მიხედვით ჩვენი საუკუნის დასაწყისში ქალაქის ადმინისტრაციულმა ტერიტორიამ 36000 ჰექტარს გადაამეტა. აქედან მშენებლობისათვის ნაკლებად ხელსაყრელი ფართობები, ე.ი. ციცაბო ფერდობები, კარნიზები, ხევები, 14 000 ჰა-ს, ანუ მთელი ტერიტორიის 38,2%-ს შეადგენს, მშენებლობისათვის ხელსაყრელი ფართობი კი 22 000 ჰა-ს, ანუ 61.8%. თუ გავითვალისწინებთ ქალაქის ტერიტორიის რთულ საინჟინრო-გეოლოგიურ და ჰიდროგეოლოგიურ პირობებს, ხელსაყრელი ფართობების რაოდენობა შესაძლებელია შემცირდეს კიდევ. ამიტომ ქალაქის განაშენიანება უნდა მოხდეს ყოველმხრივი საინჟინრო-გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობების შესწავლისა და პროგნოზის გათვალისწინებით.

უკანასკნელ წლებში რიგ შემთხვევებში ზოგიერთი ობიექტის დაპროექტება და მშენებლობა ხდებოდა საინჟინრო-გეოლოგიური დარაიონების პრინციპების შეუფასებლობით ან ცალკეული სამშენებლო მოედნის სრულყოფილი შესწავლის გარეშე, რის გამოც იმ უბნებზე საფრთხე ექმნებოდათ შენობა-ნაგებობათა მდგრადობას და საშიში გეოლოგიური პროცესების წარმოქმნას. ასე მაგალითად, ქალაქის საცხოვრებელ III მასივში სახლების საძირკვლის ფუძე-გრუნტების ინტენსიურმა დასველებამ (წყალმატარი კომუნიკაციებიდან დანაკარგებმა) გამოიწვია ფუძე-გრუნტებში დიდი რაოდენობით არსებული მარილების გახსნა, რასაც მოჰყვა საძირკვლებისა და მთლიანად საცხოვრებელი სახლების საშიში დეფორმაციები. დიდი დიდმის ტერიტორიაზე საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების არასრულყოფილი შესწავლისა და შენობების დაფუძნების გამო, არათანაბარი ჯდენა განიცადა რამდენიმე საცხოვრებელმა სახლმა, რის შედეგადაც მოხდა მათი ვერტიკალიდან გადახრა (კრენი).

განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია ქ. თბილისის თემქის დასახლების IV მ/რ-ის №5ა საცხოვრებელი კორპუსის მიმდებარე ტარიტორიაზე, მეწყრული პროცესის ჩასახვა-განვითარება, რომელიც გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან დაიწყო. იმ დროიდან, როდესაც მდ. ხევძმარას მარცხენა სანაპიროზე ფერდობის ძირში ტრამვაის ხაზი იქნა გაყვანილი. პროექტით გათვალისწინებულმა ქანობებმა ვერ უზრუნველყო ფერდობების მდგრადობა და პოტენციურ მეწყრულ უბანზე ადგილი ჰქონდა გრუნტის ჩამოქცევას. შემდგომში, დროდადრო მეწყრული პროცესი აქტიურდებოდა და მიიწევდა ფერდობის ზედა ნაწილისაკენ.

80-იან წლებში ფერდობის ზედა ნაწილზე წყალგამყოფის თხემურ ნაწილში აშენდა სამი 16-სართულიანი საცხოვრებელი სახლი, რომელთა ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ ადგილი ჰქონდა მიწისქვეშა წყალმატარი კომუნიკაციებიდან დანაკარგებს, რასაც მეწყრის გააქტიურება მოჰყვა. 90-იანი წლების დასაწყისში მეწყერი 30 მეტრით მიუახლოვდა საცხოვრებელ კორპუსს.

მეწყრული პროცესის შეჩერებისა და სახლის წინ უკვე 17-მეტრიანი ზოლის შენარჩუნების მიზნით 1993 წელს დაიწყო კონტრბანკეტის დაყრა მეწყრული სხეულის თავში ეზოს ნიშნულის დონეზე. სამუშაოები 1997 წელს შეწყდა. შემდგომში ზემოაღნიშნული კორპუსის მდგრადობის და ეზოს შენარჩუნების მიზნით მოწყობილი იქნა დამჭერი კონსტრუქცია ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯებისგან. ვინაიდან ამ უბანზე მეწყრული პროცესის ერთ-ერთი ძირითადი გამომწვევი მიზეზი გრუნტების გაწყლიანებაა ტექნოგენური წყლებით, გარდა ზემოაღნიშნული ღონისძიებებისა, XX საუკუნის ბოლო წლებში ჩატარდა რიგი სამუშაოები წყალსადენი კომუნიკაციების მოსაწესრიგებლად. სამწუხაროდ ჩატარებულმა ღონისძიებებმა შედეგი ვერ გამოიღო. ფერდობზე ჩამოდენილმა ტექნოგენურმა წყლებმა ხელი შეუწყო მეწყრული პროცესის კიდევ უფრო გააქტიურებას, რის გამო კონტრბანკეტის დაყრის შედეგად გამოჰყლეტილი გრუნტის მასა ჩამოცოცდა საავტომობილო გზის სავალ ნაწილზე, რამაც საფრთხე შეუქმნა ტრანსპორტის მოძრაობას. 2005 წლის ბოლოს შ.პ.ს. „თბილქალაქპროექტის“ ჯგუფმა ჩაატარა საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევითი სამუშაოები აღნიშნულ უბანზე. გაყვანილი იქნა ჭაბურღილები და შურფები, შესრულდა ლაბორატორიული კვლევები. სამუშაოებში მონაწილეობას იღებდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდროგეოლოგიისა და საინჟინრო გეოლოგიის ინსტიტუტი. საკვლევო უბანი გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით მდებარეობს ძეძვი-მახათას მაღლობის ჩრდილო-დასავლეთ დაბლობის და ავჭალის ვაკის გარდამავალ ზოლში, მდ. ხევძმარას მარცხენა სანაპიროზე, წყალგამყოფის ფერდობზე. იგი წარმოდგენილია ტიპური მეწყრული, ტალღოვან-ბორცვოვანი რელიეფით. ტექტონიკური თვალსაზრისით ტერიტორია მოთავსებულია ქვემო ავჭალის სინკლინის სამხრეთ ფრთაზე, რომელიც აგებულია ქვედა მიოცენური ასაკის, ე.წ. „კოწახურის“ ჰორიზონტის მუქი, მოშავო ფერის სუბარგილითებით, დიანაცრისფერი თხელშრეებრივი ქვიშაქვების

შუაშრეებით. ისინი გადაფარულია მეოთხეული ასაკის დელუვიურ-პროლივიური თიხნარებით. ძირითადი ქანების ვარდნის აზიმუტი ჩრდილო-აღმოსავლეთი (ჩა)  $80^{\circ}$ , დახრის კუთხე  $30-40^{\circ}$ . საფარი ქანების სიმძლავრე 12-25 მეტრია. სურ. №2.8-ზე მოცემულია მეწყრული ფერდობი.

გრუნტის წყლების ფორმირება, მოძრაობა და გავრცელება განისაზღვრება ძეძვი-მახათას მაღლობის ჩრდილოეთი ფერდობის გეომორფოლოგიური პირობებით და გეოლოგიური აგებულებით. ტერიტორიის ამგები ქანები თავისი თიხოვანი შედგენილობის გამო მცირედაა გაწყლოვანებული და აქ გავრცელებულ მიწისქვეშა წყლებს სპორადული ხასიათი აქვს. მათ მიერ შესრულებულმა ჰიდროგეოლოგიურმა კვლევებმა ფერდობის ზედა განაშენიანებულ ნაწილში, წყალგამყოფის თხემზე, რომლის მიზანი იყო საცხოვრებელი სახლების სარდაფის სართულების დატბორვის მიზეზების დადგენა, წყლები 3-3.5 მ სიღრმეზე დააფიქსირა. თუმცა, ამ მიკრორაიონის დაპროექტებისას, ადრე ჩატარებული სამიეზო სამიუშაოების დროს, წყლის დონე 9-10 მეტრზე გამოვლინდა. გრუნტის წყლის დონის ასეთი მკვეთრი მატება მცირე ზომის ფართობზე არ შეიძლება აიხსნას დამატებითი კვების წყაროს გაჩენისა და წყლის ბუნებრივი განტვირთვის პირობების შეცვლის გარეშე. კვლევების საფუძველზე დამატებით კვების წყაროდ მიჩნეული იქნა დანაკარგების არსებობა მიწისქვეშა წყალგამტარი კომუნიკაციებიდან IV მ/რ-ის ტერიტორიაზე, ხოლო წყლის ბუნებრივი განტვირთვის პირობების შეცვლა კი მშენებლობის შედეგად წარმოქმნილი ანთროპოგენური რელიეფის შექმნით მასში მაკონპესირებელი ღონისძიებების ჩატარების გარეშე. ზემოაღნიშნული მიზეზების გამო ჩამოყალიბდა ზევითურა წყლები, რომელიც დიდ სიძნელებს ქმნის შენობა-ნაგებობათა ექსპლუატაციის დროს.

გრუნტის წყლები უბანზე ცირკულაციის მიხედვით ფოროვანი ტიპისაა, „ადგილობრივი დაწვეით“, ქიმიური შედგენილობის მიხედვით კი სულფატურ-კალციუმიან-ნატრიუმიანი, საერთო მინერალიზაციით 4.6-4.1გ/ლ.



წყალი ძლიერ აგრესიულია სახსტანდარტის 19178-76 პორტლანდცემენტზე დამზადებული წყალშეუღწევადი ყველა მარკის ბეტონის მიმართ. არ არის აგრესიული სახსტანდარტის 22266-76-ის მიხედვით დამზადებული სულფატომედეგ წიდაპორტლანდცემენტზე დამზადებულ W<sub>4</sub>, W<sub>6</sub>, W<sub>8</sub> მარკის წყალშეუღწევადი ბეტონების მიმართ. არ არის აგრესიული რკინაბეტონის კონსტრუქციების მუდმივი დაძირვის დროს, სუსტად აგრესიულია პერიოდულად დასველების დროს.



სურ.2.8 მეწყრული ფერდობი

აღსანიშნავია, რომ ფერდობის შუა და ქვედა ნაწილებში რამდენიმე ადგილას ზედაპირული წყლებია დაფიქსირებული. ისინი 16-20 მ<sup>2</sup> ფართობის 0.5 მ სიღრმის გუბების სახითაა წარმოდგენილი, სადაც ორი მხრიდან ნაკადულების სახით ჩაედინება წყალი დაზიანებული სადრენაჟო ან საკანალიზაციო მილებიდან. ნაკადულები მცირე დებიტია, გზადაგზა იკარგება და შემდეგ ისევ ჩნდება. ფერდობის ქვედა ნაწილში, გზის

მიმდებარედ, მცირე ზომის დაჭაობებული ფართია, რომლის წყალი ქიმიური შედგენილობის მიხედვით სულფატურ-ნატრიუმ-კალციუმიანია. აღინიშნება ამონიუმის და ნიტრატების არსებობა, რაც მის სანიტარიულ დაბინძურებაზე მიუთითებს.

გრუნტების სამშენებლო თვისებების მიხედვით უბანზე არსებულ გეოლოგიურ-ლითოლოგიურ ჭრილში გამოიყოფა 2 საინჟინრო-გეოლოგიური ელემენტი (სგე). I სგე წარმოდგენილია დელუვიურ-პროლუვიური თიხებით შემდეგი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების მაჩვენებლებით: სიმკვრივე  $\rho=1.95$  გ/სმ<sup>3</sup>. ბუნებრივი ტენიანობა  $W=22\%$ , ფორიანობის კოეფიციენტი  $e=0.73$ , შიგა ხახუნის კუთხე  $\varphi=13$ , ხვედრითი შეჭიდულობა  $C=0.4$  კგ/სმ<sup>2</sup>, სგე-ს სიმძლავრე ფერდობზე 9-18, ხოლო ფერდობის ძირში 2-9 მეტრი. II სგე - სუსტად გამოფიტული სუბარგილითი და ქვიშაქვაა, განლაგებულია 9-12 მ სიღრმეზე ფერდობზე, ხოლო ფერდობის ძირში 2-7 მეტრიდან. სგე-ს გასაშუალოებული სიმკვრივე  $\rho=2.16$  გ/სმ<sup>3</sup>, ხოლო სიმტკიცის ზღვარი ერთღერძა კუმშვაზე წყალნაჯერ პირობებში  $R_3=41$  კგ/სმ<sup>2</sup>.

მეწყრულ უბანზე ჩვენ მიერ 1990 წლის და 2005 წლის თანხვედრილი პროფილების შედარებისას ნათლად გამოჩნდა, რომ 15 წლის მანძილზე მეწყრული სხეულის გადაადგილებამ საავტომობილო გზისაკენ 37-40 მეტრი შეადგინა. თუ 1990 წელს მეწყრული სხეულის სიგრძე 140-160 მეტრს არ აღემატებოდა, 2005 წლისათვის 200 მეტრს მიუახლოვდა. მეწყერი მცოცავ-პლასტიკური ტიპისაა, საავტომობილო გზის სიახლოვეს ავტოპროფილაქტიკის მიმდებარედ კი ბლოკური ხასიათის. მეწყრის თავში მოწყობილი კონტრბანკეტი, რომლის სიმძლავრე 9.3-9.5 მეტრის ფარგლებშია, გარკვეულ დროის მანძილზე №5ა საცხოვრებელი კორპუსის სახლისწინა ფერდობის მდგრადობას ინარჩუნებდა, შემდგომში დააწვა რა წყალგაჟღენთილ თიხოვან გრუნტს გამოიწვია მისი გადაადგილება ფერდობის ძირისაკენ საავტომობილო გზის მხარეს, რომელიც ნაწილობრივ დაფარა კიდეც.

კონტრბანკეტის განხორციელება ხდებოდა პროფ. გ. ჭოხონელიძის პროექტით. მისი შეწყვეტის მიზეზი იყო ის, რომ მეწყერი ჩქარა ვითარდებოდა და შეიქმნა რეალური საფრთხე ფერდობის ჩამონგრევისა. საქმეში რატომღაც ჩაერია ქ. კიევის საპროექტო ჯგუფი. მათ იმუშავეს აღნიშნულ მეწყერზე 2-3 თვის განმავლობაში და „თბილქალაქპროექტს“ წარუდგინეს კიდევაც მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიება. პროექტით მეწყერი, რომელიც განვითარდა ზემოაღნიშნულ კორპუსებთან, უნდა დამაგრებულიყო 25 მეტრი სიგრძის ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯებით, რომელთა დიამეტრი შეადგენდა 1.5 მეტრს. ხიმინჯები ეწყობოდა გეგმაზე რკალისებური ფორმით 50-60 მეტრ სიგრძეზე. ხიმინჯების სიგრძე განსაზღვრული იყო ძირითადი ქანების დამორებით ზედაპირიდან. ხიმინჯი 5-6 მეტრ სიგრძეზე იჭრებოდა ძირითად ქანებში, რომლებიც წარმოდგენილია, როგორც აღნიშნეთ „კოწახურის“ წყებით, სუბარგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობით. გრუნტის ორივე სახეობა ხასიათდებოდა თხელშრეობრიობით. განსაზღვრული იქნა ქვიშაქვებისა და სუბარგილითების სიმტკიცის ზღვარი ერთლერძა კუმშვაზე. ცდები ხელშეკრულების საფუძველზე ჩატარდა საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გრუნტების მექანიკისა და ფუძე-სადირკვლების კათედრაზე (მაშინ ჯერ კიდევ მიმართულება კათედრად იწოდებოდა). რთული აღმოჩნდა განსაზღვრულიყო სუბარგილითების სიმტკიცის ზღვარი ერთლერძა კუმშვაზე, რაც გამოწვეული იყო იმით, რომ ნიმუშებს რომ მისცემოდა კუბიკის ფორმა დამუშავებისას იშლებოდა, ამიტომ ჩვენ კერნებს გავუსწორეთ თავი და ბოლო. რის შედეგადაც კუბიკის ფორმის ნაცვლად ვიღებდით ცილინდრული ფორმის კუბიკებს. ქვემოთ ცხრ. №2.10-ში მოცემულია მიღებული შედეგები:

სუბარგილითებისა და ქვიშაქვების გამოცდა ერთლერმა კუმშვაზე

ცხრილი №2.10

№	ჭაბ. №	აღების სიღრმე	გრუნტის ტიპი	ბუნებრივი სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>	R <sub>3</sub> კგ/სმ <sup>3</sup>		დარბილების კოეფიციენტი
					R <sub>3</sub> ბუნებრ .	R <sub>3</sub> სველი გრუნტ.	
1	2	26	სუბარგილითები	2.19	44	29	0.63
2	2	27	სუბარგილითები	2.16	40	25	0.62
3	2	28	სუბარგილითები	2.20	49	28	0.57
4	3	25	ქვიშაქვები	2.32	119	100	0.85
5	3	25	ქვიშაქვები	2.34	127	104	0.81
6	3	25	ქვიშაქვები	2.30	117	96	0.82

როგორც შედეგებიდან ჩანს, სუბარგილითები მიეკუთვნება ნახევრად კლდოვან ქანებს, ხოლო ქვიშაქვები კლდოვან ქანებს. სუბარგილითები დარბილების კოეფიციენტის მიხედვით წარმოდგენილია დარბილებული გრუნტებით, ხოლო ქვიშაქვები არადარბილებადია.

როგორც აღვნიშნეთ, მეწყერი უშუალოდ შენობის ახლოს გამაგრებული იქნა, მაგრამ მეწყერი გრძელდება შეშელიძის ქუჩამდე, მანამდე კი მანძილი 100-120 მ შეადგენს. ამიტომ თვითონ შეშელიძის ქუჩაზე მეწყერი კიდევ დამოუკიდებლად განაგრძობს მოძრაობას. ამრიგად, მეწყრის მთელი ფერდობისთვის ფუნდამენტური მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიება არ გაკეთებულა. ჯერჯერობით მეწყერს შემდეგნაირად ებრძვიან: ჩამოწვება თუ არა მეწყერი გზაზე, ხდება მისი გაწმენდა. ასეთი მეთოდით მეწყერი ვერ შეჩერდება. ჩვენ გამოვიკვლიეთ შეშელიძის ქუჩაზე განვითარებული ერთ-ერთი მეწყერი.

აღნიშნული მეწყერი დიდი ხანია წარმოშობილია და წარმოადგენს არსებული დიდი მეწყრის ერთ-ერთ ფრაგმენტს. მეწყრული სხეულის გამოკვლევისთვის გაყვანილი იქნა 5 ჭაბურღილი, რომელთა საშუალო სიგრძე შეადგენდა 6 მეტრს. როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენა, მეწყრული სხეული თიხური მასალით არის წარმოდგენილი. განსაზღვრული იქნა თიხების გრანულომეტრული შედგენილობაც. შედეგები მოცემულია ცხრ. 2.11-ში.

მეწყრული სხეულის გრანულომეტრული შედგენილობა

ცხრილი №2.11

№	ჭაბ. №	აღების სიღრმე	ბუნებრივი სიმკვრივე გ/სმ <sup>3</sup>	ფრაქციების ზომა მმ			
				>2	2-0.5	0.5-0.05	<0.05
1	1	3.1	1.90	0	15	50	35
2	1	3.5	1.95	0	17	46	37
3	1	2.2	1.88	2	19	48	33
4	3	4.2	1.93	0	21	41	38
5	4	4.6	1.92	3	17	49	34

ვინაიდან თიხების თვისებები ბევრად არის დამოკიდებული მათ მინერალურ შედგენილობაზე, განსაზღვრული იქნა შეღებვის მეთოდით თიხების მინერალური შედგენილობა. როგორც შედეგებმა გვიჩვენა, ნიმუშების თიხური ფრაქცია წარმოდგენილი არის ძირითადად კაოლინიტით.

საინტერესოა, რომ ჰიდროქარსები წარმოდგენილია შედარებით მსხვილი ფრაქციებით. რაც შეეხება ადვილადხსნად მარილებს, როგორცაა თაბაშირი -  $\text{CaSO}_4$  - იგი საერთოდ ქ. თბილისის დელუვიურ-პროლუვიური

გრუნტებისთვის დამახასიათებელია, თუმცა საკვლევ ნიმუშებში მათი რაოდენობა 2-3% არ აღემატება.

განსაზღვრული იქნა მეწყრული სხეულის ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლები. ქვემოთ მოგვყავს მიღებული შედეგების სამუალო მაჩვენებლები. ნიმუშები აღებულია მეწყრის დაცურების სიბრტყეში.

1. ბუნებრივი ტენიანობა (მეწყრული სხეულის) -  $W=32\%$
2. ბუნებრივი სიმკვრივე -  $\rho=1.78$  გ/სმ<sup>3</sup>
3. პლასტიკურობის ზედა ზღვარი -  $W_L=4\%$
4. პლასტიკურობის ქვედა ზღვარი -  $W_p=24\%$
5. პლასტიკურობის რიცხვი -  $I_p = 25$
6. დენადობის მაჩვენებელი -  $I_L=0.65$
7. ფორიანობის კოეფიციენტი -  $e=0.79$
8. ტენიანობის ხარისხი -  $S_r=0.84$
9. დეფორმაციის მოდული -  $E_0=31$  კგ/სმ<sup>2</sup>
10. კუმშვადობის კოეფიციენტი -  $a_0 = 0.04$  სმ<sup>2</sup>/კგ
11. ფილტრაციის კოეფიციენტი -  $K=K10^{-2}$  სმ/წმ
12. კონსოლიდაციის კოეფიციენტი -  $C=0.4$
13. გრუნტის პირობითი წინაღობა -  $R_0=0.5$  კგ/სმ<sup>2</sup>
14. გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე -  $\varphi=6^\circ$
15. გრუნტის კუთრი შეჭიდულობა -  $C=1,9$  კგ/სმ<sup>2</sup>

როგორც შედეგებიდან ჩანს, მეწყრის დაცურების სიბრტყეში გრუნტი იმდენად სველია, რომ თავისი თვისებებით ისინი სამშენებლო ნორმებით მიეკუთვნება სუსტ გრუნტებს.

მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიშის ცხრილი # 2.12

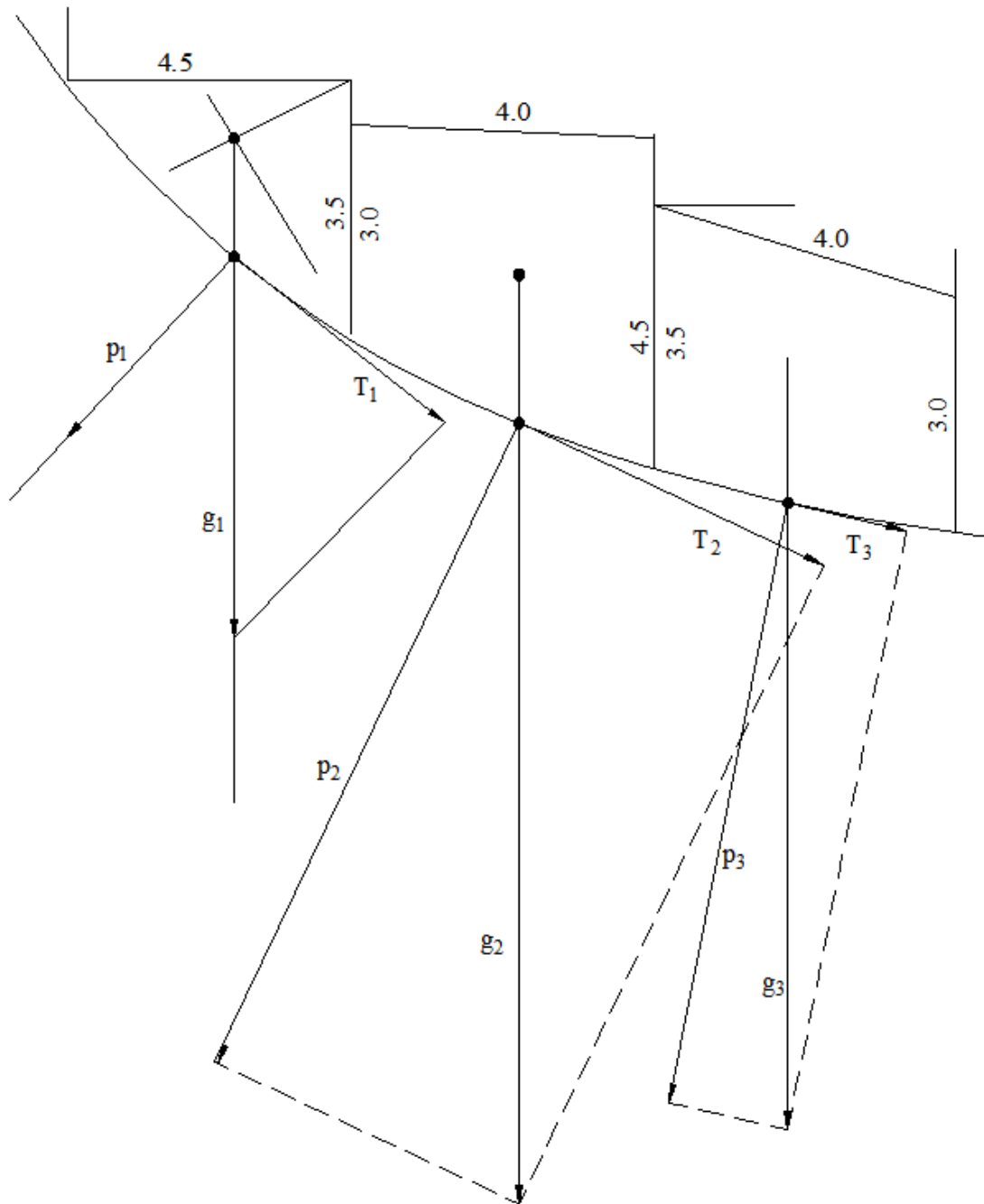
ცხრილი 2.12

#	ბლოკი #	ბლოკის ზომები მ	ბლოკის ფართი მ <sup>2</sup>	ბლოკის მოცულობა ტ	ბლოკის წონა ტ	P <sub>ბ</sub>	T <sub>ბ</sub>
1	1	4.5 X 3.5	7.9	7.9	15.1	12	10.5
2	2	3.0 X 4.5	15.2	15.2	29.2	27.0	13.5
3	3	3.5 X 4.5	13.2	13.2	24.3	24.0	7.0
	Σ					63.0	31.0

$$K = \frac{\Sigma(63X0.1 + 1X13)}{31} = 0.6$$

ფერდობი არამდგრადია, ვინაიდან  $K < 1$ -ზე.

იმისათვის, რომ დამუშავდეს მეწყრული ფერდობის გამაგრების ღონისძიებანი, ჩვენ ჩავატარეთ მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიში. ამისათვის საჭიროა, პირველ რიგში, განსაზღვრული იქნეს მეწყრული ფერდობის დაცურების სიბრტყე და მისი ფორმა. ამისათვის, როგორც აღვნიშნეთ, გაყვანილი იქნა 5 ჭაბურღილი, საიდანაც აღებული იქნა ნიმუშები დაცურების სიბრტყის დასადგენად. ნახ. №2.11-ზე ნაჩვენებია მეწყრული სხეულის საანგარიშო სქემა. ამისათვის მეწყრული სხეული დაყოფილი იქნა სამ ბლოკად. ცხრ.№3.12-ში მოყვანილია მეწყრული სხეულის მდგრადობის ანგარიშისათვის საჭირო მონაცემები.



ნახ. 2.11 მეწყრული სხეულის საანგარიშო სქემა

როგორც საკვლევმა სამუშაოებმა გვაჩვენა, მეწყრული სხეულის დაცურების სიბრტყე შეიძლება მიღებული იქნეს წრიულცილინდრული. მეწყრული მასა დაყოფილი იქნა სამ ბლოკად. ცხრილში მოყვანილია თითოეული ბლოკის



ზომაც და წონაც. ანგარიშისათვის უპირატესობა მივანიჭეთ კლასიკურ მეთოდს, როდესაც მეწყრული ფერდობის დაცურების სიბრტყე არის წრიულცილინდრული. ფერდობის მდგრადობა იანგარიშება ფორმულით

$$K = \frac{P(tg\varphi + CL)}{\sum T}$$

როგორც ანგარიშმა გვაჩვენა, მდგრადობის კოეფიციენტი შეადგენს  $K=0.6$ , რაც ნიშნავს, რომ ფერდობი არამდგრადია.

ამრიგად, ფერდობი საჭიროებს გამაგრებას. არსებობს მეწყრული ფერდობის გამაგრების სხვადასხვა ღონისძიება. ამ შემთხვევაში, ვინაიდან მეწყრის სიმძლავრე დიდი არ არის, კარგ შედეგს მივიღებთ, თუ ფერდობი გამაგრებული იქნება რკინაბეტონის საყრდენი კედლით.

## **§2.6. ზ. ფანასკერტელის ქუჩის მეწყერი**

ფანასკერტელის ქუჩაზე განვითარებული მეწყერი განსაკუთრებული სახის მეწყერია. აქ მეწყერი განვითარებულია ძირითად ქანებში მესამეული ასაკის არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობაში. ამ შემთხვევაში მეწყრის წარმოშობის განსაკუთრებული მდგომარეობა გამოიხატება იმაში, რომ ძირითადი ქანი, ქვიშაქვების დასტა ცურავს ძირითად ქანზე არგილითებზე. როგორც აღვნიშნეთ, ქ. თბილისში არგილითები და ქვიშაქვები მორიგეობაშია, რაც ნიშნავს იმას, რომ როდესაც აღნიშნული ქანები ილექებოდა ზღვაში, მათი დალექვა ხდებოდა ციკლურად. დაილექებოდა არგილითები, რომელიც იმ დროისთვის თიხებს წარმოადგენდა, რალაც პერიოდის შემდეგ ხდებოდა ზღვის ტრანსგრესია და ილექებოდა ქვიშაქვები. ეს ციკლი მეორდებოდა პერიოდულად. შემდეგ აღნიშნული ქანები მოხვდა მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის ქვეშ, განიცადა სახეცვლილება და დღეისათვის წარმოადგენს არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობას. აღვნიშნავთ, რომ მორიგეობაში ხან არგილითების სიმძლავრე სჭარბობს, ხან კი ქვიშაქვების. ფანასკერტელის ქუჩაზე სჭარბობს ქვიშაქვები. შეფარდება ასეთია 3:1.

არგილითები აღნიშნულ უბანზე თხელშრეობრიობით ხასიათდება. როგორც აღვნიშნეთ, ლითოლოგიურად თიხებს წარმოადგენს, რომელმაც სახე იცვალა მაღალი ტემპერატურისა და დიდი წნევის შედეგად და მიიღო თიხაფიქლების სახე. არგილითები მუქი მოშავო ფერით ხასიათდება. მათი თიხური ფრაქცია ძირითადად კაოლინიტისგან არის წარმოდგენილი. შეიცავს მცირე რაოდენობით კვარცსა და იაროზიტს. გამოფიტვის პროცესების მიმართ მეტად არამდგრადია. გამოფიტვის შედეგად მკვეთრად იცვლის ფერს. მათი მუქი შავი ფერი გადადის, რკინის ქანგეულების წარმოშობის ზეგავლენით, მოყვითალო-მოყავისფრო (ქანგისფერი) ფერში. ისიც აღსანიშნავია, რომ არგილითები გამოფიტვისას მკვეთრად კარგავს სიმტკიცეს. არგილიტები თხელშრეობრიობით ხასიათდებიან. შრის სიმძლავრე 0.3-0.5 მმ-ს შეადგენს. ქვიშაქვები მინერალური შედგენილობით ძირითადად არკოზულია. მისი ცალკეული მარცვლები შეცემენტებულია თიხური მასალით, ხასიათდება მონაცრისფრო ფერით. გამოფიტვის ქერქის ზოლში ნაპრალიანობით ხასიათდება. ხშირად ნაპრალეები შევსებულია თაბაშირით. მკვლევარ ე. ჯავახიშვილის გამოკვლევებით თაბაშირი წარმოიშვა რკინის ქანგეულების დაშლის შედეგად, რომელიც რთულ პროცესს წარმოადგენს. ქვიშაქვები არგილითებთან შედარებით გაცილებით მტკიცეა. სიმტკიცის მაჩვენებლის მიხედვით ისინი კლდოვან ქანებს მიეკუთვნება (მათი სიმტკიცის ზღვარი ერთდერმა კუმშვაზე  $R_p > 50 \text{ კგ/სმ}^2$ ). როგორც აღვნიშნეთ, ჩვენ შემთხვევაში მორიგეობაში სჭარბობს ქვიშაქვები.

ფანასკერტელის ქუჩაზე მეწყრის წარმოშობის მიზეზი ფერდობის მოჭრაა. ფერდობი მოიჭრა გზის გაყვანის გამო, რის შედეგადაც წარმოიშვა 3-4 მ სიმაღლის ვერტიკალური გაშიშვლება. როგორც გაზომვებმა ვიჩვენა, ქანების დაქანება შეადგენდა  $20-25^\circ$  და მიმართული იყო ფერდობის დახრის მიმართულებით. გზა გაიყვანეს, მაგრამ ოთხი მეტრი სიმაღლის ვერტიკალური გაშიშვლება დატოვეს საყრდენი კედლის გარეშე. შედეგმაც არ დააყოვნა,

მოვიდა დიდი რაოდენობით ატმოსფერული ნალექები. წყალი შეიჭრა არგილითებისა და ქვიშაქვების დაშრების სიბრტყეში, დაასველა ორივე ქანი, როგორც ზედა ისე ქვედა, დასველების შედეგად ქვიშაქვებსა და არგილითებს შორის შემცირდა ხახუნის ძლა და ფერდობი დაიმეწყრა. ამრიგად, ძირითადი ქანების შემთხვევაში მოხდა ქანებზე დაცურება. რაც შეეხება საანგარიშო სქემის შედგენისას მეწყრული ფერდობის ბლოკებად დაყოფას, ასეთ შემთხვევაში ყველა ბლოკი თანაბარი სიმაღლისაა. ჩვენ ცხრ. №2.3-ში ნაჩვენები გვაქვს ფანასკერტელის ქუჩაზე მეწყრული ფერდობის საანგარიშო ცხრილი. აქ ნათლად ჩანს, რომ  $\varphi$  და  $C$  თავისთავად გასაშუალებულია იმიტომ, რომ ყველა ბლოკი თანაბარი სიმაღლისაა. იმიტომ  $\operatorname{tg} + \frac{c}{p}$  მუდმივია ყველა ბლოკისთვის.

ფანასკერტელის ქუჩაზე მეწყრული ფერდობის საანგარიშო ცხრილი 2.13

ბლოკის №	ბლოკის მოცულობა მ <sup>3</sup>	ბლოკის წონა მ <sup>3</sup>	$H=gtg\varphi$ $\alpha=7^{\circ}$	$tg\varphi + \frac{c}{p}$	$\psi_p$ გრად.	$\alpha - \psi_p$	$tg(\alpha - \psi_p)$	$E = gtg(\alpha - \psi_p)$
1	60.5	115.0	14.0	0.22	12	-5	0.087	9.5
2	52.2	99.0	12.0	0.22	12	-5	0.087	8.0
3	62.4	119	15.0	0.22	12	-5	0.087	9.5
4	29.4	56	7.0	0.22	12	-5	0.087	7.0
5	24.0	46	6.0	0.22	12	-5	0.087	6.0
$\Sigma$			54.0					14

$$K = \frac{\Sigma T_i}{\Sigma H} \quad \Sigma T = H - E \quad K = \frac{40}{54} = 0.7$$

მეწყრული ფერდობის ანგარიშმა გვაჩვენა, რომ ფერდობი არამდგრადია. მეწყერის შეჩერებისთვის აუცილებლად საჭიროა საყრდენი კედლის მოწყობა. დღეისათვის საყრდენი კედელი არა აქვს ფერდობს, ამიტომ უხვი ნალექების პერიოდში მოსალოდნელია კვლავაც განახლდეს მეწყერი.

ძირითად ქანებში მეწყრული პროცესები განვითარდა საავტომობილო გზაზე, რომელიც გადის ფუნიკულიორის ძირში და რომელიც აერთებს ვერას

სოლოლაკთან. აქ მეწყერი ორ ადგილას წარმოიშვა. მიზეზი იყო ფედრობის ჩამოჭრა. ე. ი. ზუსტად მაგალითია ფანასკერტელის ქუჩაზე განვითარებული მეწყრისა. სამწუხაროდ, ამ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ადამიანების მსხვერპლსაც.

## **თავი III. მეწერული ფერდობების მდგრადობის ანგარიშის თანამედროვე მდგომარეობა**

### **§3.1. მეწერების წარმოშობის მიზეზები**

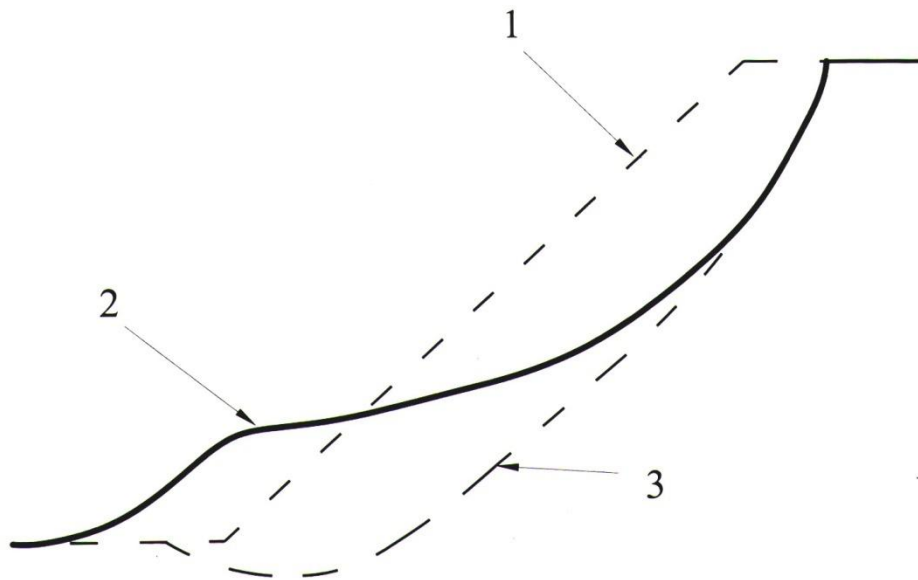
საინჟინრო გეოლოგიაში მეწერული ხასიათის მოვლენებს განსაკუთრებული ადგილი უჭირავს. მის ანალიზსა და პროგნოზირებას ძალზე დიდი პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობების როგორც დაპროექტებისას, ისე მშენებლობის დროს.

მეწერული ხასიათის მოვლენების კვლევა და მის წინააღმდეგ ბრძოლა წარმოადგენს სახელმწიფო მნიშვნელობის აქტუალურ პრობლემას. დღეისათვის საკითხების მეცნიერული დამუშავება, რომელიც დაკავშირებულია მეწერული მასივების გამაგრებასთან, ჯერ კიდევ ჩამორჩება მეცნიერებისა და ტექნიკის თანამედროვე მოთხოვნებს.

მეწერები გრუნტის მოძრავი მასებია, რომელიც წარმოიქმნება დიდი დახრილობის ფერდობებზე. უპირატესად მეწერების წარმოშობა ხდება ბუნებრივ ფერდობებზე. ასევე ხდება ხელოვნურად მოწყობილ მიწის ყრილებზე, კონუსებსა და ფერდობებზე. მეწყერი შეიძლება წარმოიქმნას უეცრად და გაგრძელდეს თვეობით, წლებით. რღვევის ფორმა მოგვაგონებს მრგვალ ცილინდრულს ან საერთოდ გაურკვეველი ფორმისაა. მეწყერები დამახასიათებელია როგორც ფხვიერი, ისე მკვრივი ქანებისათვის.

მრავალ სამეცნიერო შრომაში, მიმოხილვასა თუ საერთაშორისო კონგრესის ყოველწლიურ ანგარიშში მკაფიოდ არის გადმოცემული იმ მიზეზების შესახებ, რაც იწვევს სახიფათო გეოლოგიური პროცესების (ზვავების, მეწყერების,

ღვარცოფების და სხვა) წარმოშობას და განვითარებას. ჯერ კიდევ 1846 წელს ფრანგმა ინჟინერმა კულონმა პირველმა მოახდინა მეწყრების ყოველმხრივი აღწერა და შეეცადა აეხსნა ის მიზეზები, რაც იწვევს მის წარმოშობას. ა. კულონის შეხედულება ამ რთული გეოლოგიური პროცესების მიმართ ძალზე ახლოსაა მეწყრების შესახებ თანამედროვე წარმოდგენასთან. ნახ. 3.1-ზე მოცემულია ფერდობის ჩამოქცევის ტიპური ფორმა, რომლის შესახებ ა. კულონი მივიდა იმ დასკვნამდე, რომ ცოცვის (სრიალის) ზედაპირის მოხაზულობა არის ციკლოიდის ფორმის.



ნახ. 3.1. ფერდობის მასივის რღვევა მრგვალიცილინდრული ზედაპირის ფორმით

1 \_ ფერდობის სახე დარღვევამდე; 2 \_ ფერდობის სახე დარღვევის შემდეგ;  
3 \_ ცოცვის ზედაპირი

თანამედროვე პრობებში ანგარიშების გამარტივების და მოხერხებულობის მიზნით ღებულობენ, რომ მეწყერის ცოცვის (სრიალის) ზედაპირის ფორმა არის მომრგვალებული (წრიული). ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ მომრგვალებული ფორმა ხშირ შემთხვევაში ირღვევა, განსაკუთრებით არაერთგვაროვან გრუნტებში.

მეწყრული მოვლენების წარმოშობის და განვითარების განსაკუთრებულ ხელშემწყობ პირობებს ქმნის თიხიანი ფიქლების არსებობა, რომელთა ხახუნის კოეფიციენტი შესველების შედეგად მკვეთრად მცირდება. თუ ამ დროს ფენები წაკვეთილია ჭრილის მოწყობის გამო, ან მდინარის (ზღვის) ზემოქმედების შედეგად ხდება ამ ფენების ინტენსიური გამორეცხვა, ამ შემთხვევაში მოსალოდნელია მძლავრი მეწყრების განვითარება.

მეწყრების წარმოშობა მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მოქმედებაზე. მეწყრული და ჩამოზავებითი ხასიათის მოვლენები, ფერდობების დეფორმაციების უპირატესად გავრცელებულ სახეს წარმოადგენს. მეწყრული ძვრების წარმოშობასთან დაკავშირებულია მნიშვნელოვანი სისქის გრუნტის მასივების თანდათანობით გადაადგილება (ძვრა). ზვავები ხასიათდებიან (მეწყრისგან განსხვავებით) გრუნტის მასივების სწრაფი დაცურებით და მოწყვეტით ძირითადი ქანებიდან. მათ წინააღმდეგ ბრძოლას განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება.

მეწყრების წარმოქმნა განპირობებულია რიგი ფაქტორებით და მიზეზებით. მათი სწორი განსაზღვრა ძალზე რთულია, მაგრამ ამასთან ერთად აუცილებელია ამ რთული პრობლემის გადასაჭრელად. მეწყრის წარმოქმნის ფაქტორებისა და მიზეზების დიფერენციაცია საშუალებას იძლევა დავადგინოთ არა მარტო მეწყრის არსებული სახე, არამედ მომავალში ვივარაუდოთ მისი განვითარების შესაძლებლობა.

პროფ. გ. არეშიძეს მიაჩნია, რომ აუცილებელია მკაფიოდ იქნეს გამიჯნული მეწყრის წარმოქმნის ფაქტორები და მიზეზები. მისი მოსაზრებით მეწყრები და ზვავები შესაძლებელია წარმოიშვას ფერდობის ფორმირების განსაზღვრულ ეტაპზე. ამავე შეხედულებას იზიარებს პროფ. ა. დრანიკოვი. ის თვლის, რომ ფერდობის არსებობისას უნდა განვასხვავოთ მეწყრის წარმოქმნამდე, მეწყრის წარმოქმნისა და მეწყრის წარმოქმნის შემდგომი პერიოდები.

ვ. ლომთაძე ანალიზებს რა მეწყრული მოვლენის წარმოშობის მიზეზებს, წერს: მრავალჯერადი დაკვირვებები ყველაზე უფრო განსხვავებულ უბნებზე ამტკიცებს იმას, რომ თუ როგორ მჭიდრო კავშირშია ფერდობებისა და ფერდობის ინტენსიური მეწყრული ძვრები, ხანგრძლივ და გადაუდებელ წვიმებთან, თოვლის ინტენსიურ დნობასთან, წყალსატევებში წყლის მაღალ დონესთან და მიწისქვეშა წყლების გამოვლენის ფორმებთან.

ი. პოპოვი თვლის, რომ `ზვავების, შვავების და განსაკუთრებით მეწყრების შესწავლა მეტად საპასუხისმგებლოა, ამასთან ერთად გასათვალისწინებელია საინჟინრო-გეოლოგიური კვლევის სირთულე~.

ა. ნიფანტოვის შეხედულებით, მეწყრები კლასიფიცირდება ქანების მასის მოძრაობის ტიპების გადაადგილების ხასიათის და მორფოლოგიური ნიშნის მოძრაობის მიხედვით.

ცნობილი მეცნიერი და გრუნტების მექანიკის ერთ-ერთი ფუძემდებელი კ. ტერცაგი ეხება რა მეწყრის წარმოშობას და მის ბუნებას, ამასთან დაკავშირებით გამოყოფს მეწყრულ აგენტს, შემთხვევას ან პროცესს, რომელსაც მოყავს აგენტი მოქმედებაში. აგენტებს შორის გამოყოფს: აგენტის გადაადგილებას, ტექნიკურ დამაბულობას ან აფეთქებებს, ფერდობის წარმოქმნის მასალების მასას და წყლებს. მეწყრის წარმოშობის და შესწავლის საწყის ეტაპზე გამოყოფს ერთ რომელიმე უნივერსალურ მიზეზს (მაგ., მიწისქვეშა წყლებს, მდინარის ეროზიას, ზღვის აბრაზიას და სხვ.).

ფ. სავარენსკი მეწყრების კლასიფიკაციას ახდენს მისი აღნაგობის მიხედვით:

ა) ასეკვენტური მეწყრების დროს ხდება დამკრა (გადაადგილება) ერთგვაროვანი გრუნტისგან შემდგარი ფერდობის ნაწილის. ასეთი მეწყრების სრიალის სიბრტყე ახლოა მრგვალ ცილინდრულ ზედაპირთან. ასეკვენტური მეწყრები წარმოიშობიან მაშინ, როდესაც ირღვევა გრუნტის მასის წონასწორობის პირობები. ეს ხდება მაშინ, როდესაც გრუნტის მასივზე



მოდებული მძვრელი ძალების სიდიდე აღემატება დამჭერი ძალების სიდიდეს. ასეკვენტური მეწყრები ხშირად გვხვდება ერთგვაროვანი გრუნტებისგან შედგენილ ფერდობებზე, რომელთაც მდინარე უთხრის ძირს;

ბ) კონსეკვენტური, როდესაც გრუნტის მასა გადაადგილდება (წაცურდება, გასრიალდება) ფენების კონტაქტზე, სუსტი ქანების ან გრუნტის წყლოვან შრეზე. ასეთი მეწყრები განსაკუთრებით მაშინ აქტიურდებიან, როცა ხდება ფერდობების ფენების (შრეების) წაკვეთა გზის ჭრილით ან ფერდობის გრუნტის ფენების ფუძის გამორეცხვა;

გ) ინსეკვენტური მეწყრების შემთხვევაში სრიალის სიბრტყე კვეთს სხვადასხვა გეოლოგიური აგებულების (აღნაგობის) ფენებს.

ასეთი ამოცანების გადაწყვეტას საფუძვლად უდევს გრუნტების ზღვრული დამაბულობის თეორია, მაგრამ მათ შორის მხოლოდ რამდენიმე მარტივი ამოცანა გადაწყვეტილი ზუსტი მათემატიკური ხერხების მეშვეობით, რაც აიხსნება მეთოდის ზედმიწევნითი სირთულით. ზემოთ დასმული ამოცანების გადასაჭრელად ჯერჯერობით იყენებენ მარტივ ხერხებს, როდესაც გრუნტის გადაადგილების ზედაპირის ფორმა დგინდება არა მათემატიკური სიზუსტით, ზღვრული დამაბულობის თეორიის მეშვეობით, არამედ წინასწარი დაშვებით. გრუნტის ზღვრული დამაბულობის თეორიის განვითარებასა და ზოგიერთი ამოცანის პრაქტიკულად გადაწყვეტაში დიდი წვლილი მიუძღვით ცნობილ მეცნიერებს სოკოლოვსკის, ს. გოლუშკევიჩს, ვ. ბერეზანცევს, გ. კლეინს და სხვებს. როგორც აღვნიშნეთ გრუნტის მასივების ძვრის ზედაპირის განსაზღვრა `ზუსტი მეთოდით~, მისი სირთულის გამო, ძნელად გამოსაყენებელია იმ ამოცანების გადაწყვეტისას, რომლებიც საინჟინრო მოღვაწეობის პრაქტიკაში გვხვდება. ამიტომ ასეთი ამოცანების გადაწყვეტის დროს ფართოდ იყენებენ ძვრის ზედაპირის ფორმის წინასწარი დანიშვნის მეთოდებს, რომლის დროსაც გამარტივებულია გრუნტების ზღვრული

დამაბულობის თეორია. ამ დროს გამოყენებულია კულონის სიმტკიცის კრიტერიუმი გრუნტების წინააღობისა ძვრაზე. მრავალი მეთოდია ცნობილი მეწყრული დაწნევის დასადგენად, რომელთა უმეტესობა დაფუძნებულია მრგვალცილინდრულ ზედაპირზე სრიალის ჰიპოთეზაზე.

პროფ. ნ. მასლოვი გვთავაზობს, რომ მეწყრების კლასიფიკაცია მოვახდინოთ ფერდობების მდგრადობის რღვევის ფორმების მიხედვით.

მრგვალცილინდრული მეთოდის იდეა დასაბუთებული იქნა შვედეთის გეოტექნიკური კომისიის მიერ ჩატარებული კვლევებით, ამის გამო ამ მეთოდს ხშირად `შვედურ~ მეთოდსაც უწოდებენ. ამ მეთოდების ნაკლს წარმოადგენს ის, რომ ისინი არ აკმაყოფილებენ სტატიკის განტოლებებს:

$$\sum x = 0 \quad \sum y = 0 \quad \sum m = 0 \quad (3.1)$$

საინჟინრო გადაწყვეტილებების თვალსაზრისით ჩვენთვის უმეტესად მისაღებია ის მეთოდები, რომლებიც დაფუძნებულია მეწყრული მასივის გადაადგილების იმ ფორმაზე, რომელიც ინიშნება პრაქტიკული მოსაზრებიდან გამომდინარე და არა მათემატიკური ხერხით.

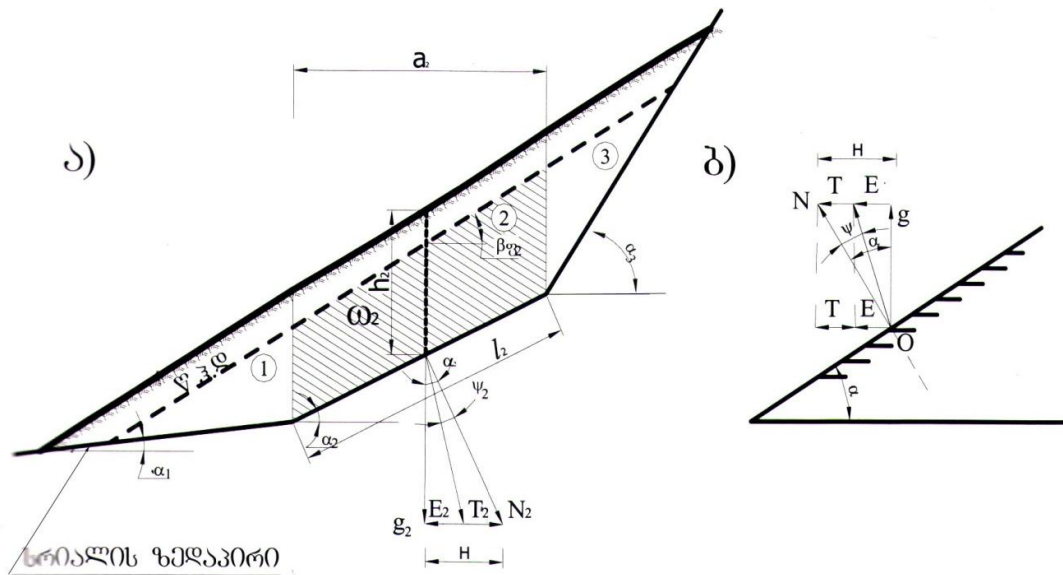
### **§3. 2. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიში დაცურების სიბრტყის ზედაპირის ბრტყელი ფორმით**

იმ შემთხვევაში, როდესაც ფერდობის ძვრის ზედაპირი განისაზღვრება არა გრუნტის ზღვრული დამაბული მდგომარეობის თეორიის პირობით, არამედ ადგილის გეოლოგიური აგებულებით (აღნაგობით), ძვრის ანუ სრიალის ზედაპირი, რომელიც ზოგადად წრიულ ფორმას უახლოვდება, შეიცვლება ცალკეულ სიბრტყეებად.

დაყოფენ მოსალოდნელ მეწყრულ მასივს ცალკეულ ნაკვეთურებად და განიხილავენ თითოეული ნაკვეთურის ზღვრული წონასწორობის პირობას. აღგენენ დამჭერი და მძვრელი ძალების სიდიდეს თითოეული ნაკვეთურისათვის და შემდეგ მთელი მასივისათვის. დამჭერი და მძვრელი ძალების ფარდობა მოგვცემს ფერდობის მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტს, ხოლო სხვაობა ე. წ. მეწყრის დაწოლის (დაწნევის) სიდიდეს, რომლის თარაზულ მდგენელის სიდიდის მიხედვით ახდენენ მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობათა გაანგარიშებას. ყველა იმ ფაქტორის ზუსტად გათვალისწინება, რომელიც მოქმედებს გრუნტის მასივზე, წარმოადგენს რთულ ამოცანას. ძირითადი ძალების განსაზღვრა, რომლებიც საშუალებას გვაძლევენ პრაქტიკული თვალსაზრისით მიახლოებით შევაფასოთ ფერდობებისა მდგრადობა, შეიძლება მარტივი გაანგარიშების საფუძველზე. ჩვენ შევჩერდებით გრუნტის მასივის დაცურების (გადაადგილების) ზედაპირის ისეთ ფორმაზე, რომელიც დადგენილია ფერდობის გრუნტის გეოლოგიური აგებულებიდან (აღნაგობიდან) გამომდინარე და არა მათემატიკური გაანგარიშებით.

ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი. დიდი პრაქტიკული გამოყენებით სარგებლობს `ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი~, რომელიც სამეცნიერო ლიტერატურაში ცნობილია, როგორც ნ. მასლოვის და მასლოვ-ბერერის მეთოდი.

ბერერმა შანხაის პორტის სანაპიროს მეწყრული ფერდობების მდგრადობის გაანგარიშების მაგალითზე დაამუშავა გრაფიკული მეთოდი, ხოლო პროფ. ნ. მასლოვმა მოახდინა ამ მეთოდის ანალიზური გადამუშავება.



ნახ. 3.2. ჰორიზონტალური ძალების მეთოდი:

ა - მეთოდის გამოყენების პრინციპი; ბ - საანგარიშო სქემა

მეთოდის გამოყენების პრინციპი მკაფიოდ იკითხება მისი საანგარიშო სქემიდან, რომელიც წარმოდგენილია ნახ. 2.13-ზე.

ბუნებრივია, რომ

$$H = gtga \quad (3.2)$$

$$T = H - E = g[tga - tg(\alpha - \psi)] \quad (3.3)$$

(2.2) და (2.3) გამოსახულებანი საშუალებას იძლევა, დადგენილი იქნეს ნახ. 1.3-ზე გამოყოფილი ნაკვეთურების მდგრადობის ხარისხი, ე. ი. დადგენილი იქნეს ფერდობის ნაკვეთურების მდგრადობა მარაგის კოეფიციენტი -

$$K = \frac{\Sigma T_i}{\Sigma(\pm H_i)} \quad (3.4)$$

ზემოაღნიშნულ ფორმულებში  $\Sigma T$  არის ხახუნისა და შეჭიდულობის ძალების მნიშვნელობა ყოველი ბლოკისათვის (ყოველი ნაკვეთურისათვის)

გადაადგილების (სრიალის) ზედაპირზე; HH – განზრჯენი, რომელიც გამოითვლება ყოველი ბლოკისათვის; E არის განზრჯენის მდგენელი; g – საანგარიშო ბლოკის მასა;  $\alpha$  – ფერდობის ნაკვეთურის ძირის (ფუძის) დახრა ჰორიზონტთან;  $\Psi_{\sigma}$  – ძვრის კუთხე,  $c_i$ ,  $\phi_i$  – შესაბამისად გრუნტის მასივის შეჭიდულობის და შიგა ხახუნის კუთხის მნიშვნელოვანი ნაკვეთურის ძირზე;  $I_i$  – ნაკვეთურის ძირის (ფუძის) სიგრძე; NN – სრიალის (ცოცვის) ზედაპირზე მოდებული ნორმალური მდგენელი.

იმ დამოკიდებულებიდან გამომდინარე, რომელიც ზემოთ არის გაანალიზებული, ვიღებთ ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტის და მეწყრული დაწნევის სიდიდის ( $E_{მეწყ.}$ ) შემდეგ გამოსახულებებს:

$$K_{a.a.3} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [\operatorname{tg}\alpha_i - \operatorname{tg}(\alpha_i - \Psi_{\sigma_i})]}{\sum_{i=1}^{i=n} g_i \operatorname{tg}\alpha_i} \quad (3.5)$$

$$E_{მეწყ.} = \sum_{i=1}^{i=n} [\operatorname{tg}\alpha_i (k_{a.a.3} - 1) - \operatorname{tg}(\alpha_i - \Psi_{\sigma_i})] \quad (3.6)$$

მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობები აუცილებელია გაანგარიშებული იქნეს, მეწყრული დაწნევის მაქსიმალურ მნიშვნელობაზე (ნაგებობის საიმედოობიდან გამომდინარე), ამასთან ერთად გასათვალისწინებელია როგორც სეისმური, ასევე ფილტრაციული ძალები. ყოველივე ამის გათვალისწინებით ფორმულა (2.5) და (2.6) შეიძლება გადაწერილი იქნეს შემდეგი სახით:

$$K_{a.a.3} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} [\operatorname{tg}\alpha_i - \operatorname{tg}(\alpha_i - \Psi_{\sigma_i})]}{\sum_{i=1}^{i=n} (g_i \operatorname{tg}\alpha_i + j_i \cos\beta_{\sigma_i} + S_{s,j})} \quad (3.7)$$

$$E_{მეწყ.} = \sum_{i=1}^{i=n} [g_i \operatorname{tg}\alpha_i (k_{a.a.3} - 1) + k_{a.a.3} j_i \cos\beta_{\sigma_i} + k_{a.a.3} S_{s,i} + g_i \operatorname{tg}(\alpha_i - \Psi_{\sigma_i})] \quad (3.8)$$

სადაც  $j_c = \alpha_i h_i \gamma_\omega \sin \beta_{g,i}$  – ფილტრაციული ძალა (ჰიდროდინამიკური დაწნევა) განსახილველ ნაკვეთურში;  $\alpha_i$  – ნაკვეთურის სიგრძე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში;  $h_i$  – ნაკვეთურის წყალშემცველი ნაწილის საშუალო სიმაღლე;  $\alpha_i h_i = \omega$  – ნაკვეთურის კვეთში ნაკადის ფართობი (ნახაზის სიბრტყეში);  $\gamma_\omega$  – წყლის მოცულობითი (კუთრი) წონა;  $\beta_{g,i}$  – დეპრესიის მრუდის დახრა (თანაბარმოქმედი ჰიდრავლიკური წნევის კუთხის დახრა ჰორიზონტთან);  $\sin \beta_{g,i}$  – ჰიდრავლიკური გრადიენტი;  $i$  ინდექსი გვიჩვენებს განსახილველი ნაკვეთურის ნომერს.

მეწყრული დაწნევის გაანგარიშებისას, განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სეისმურობის გათვალისწინებას. ჩვენ მიერ გამოყენებულია სეისმომდეგობის დინამიკური თეორია. ამ თეორიის მიხედვით, სეისმური ინერციული ძალა (გაანგარიშებისას სეისმური ძალის ისეთ მიმართულებას იღებენ, რომელიც უარეს პირობებში აყენებს ნაგებობის მუშაობას) გამოითვლება შემდეგი ფორმულით

$$S_{s,i} = g_i K_b \beta_i^0 \eta_i \quad (3.9)$$

სადაც  $K_b$  არის სეისმურობის კოეფიციენტი (სეისმურობის კოეფიციენტი ტოლია ფუძე-გრუნტის მაქსიმალური სეისმური აჩქარების ფარდობისა სიმძიმის ძალის აჩქარებასთან  $K_b = \frac{W_b}{g}$ , რომლის მნიშვნელობას ვიღებთ ცხრილი 3.1-დან.

ცხრილი 3.1

საანგარიშო სეისმურობა ბალებში	6	7	8	9	10
სეისმურობის კოეფიციენტის მნიშვნელობანი	0.01	0.025	0.05	0.10	0.25

$\beta_i^0$  – დინამიკურობის კოეფიციენტი, რომელიც დამოკიდებულია ნაგებობის საკუთარი რხევების პერიოდზე და აიღება 0.8-დან 3.0-მდე (მინიმალური მნიშვნელობა შეესაბამება მოქნილ ნაგებობებს, ხოლო მაქსიმალური – ხისტს);  $\sigma_i$  რხევების ფორმის კოეფიციენტი, რომლის მაქსიმალური მნიშვნელობა არ აღემატება 1.5-ს. ეს კოეფიციენტი ადგენს სეისმური დატვირთვის განაწილების კანონზომიერებას.

მასლოვ-ბერერის მეთოდის სიმარტივე, მოქნილობა მდგომარეობს იმაში, რომ მეთოდი საშუალებას იძლევა, სწრაფად გამოვთვალოთ ჰორიზონტალური ძალები (მეწყრული დაწნევა), რომელიც მოდის მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობებზე. მეთოდის გამოყენების ეფექტიანობას ამცირებს ის, რომ მეთოდი არ ითვალისწინებს ფერდობის მეზობელ ნაკვეთურებს შორის ურთიერთკავშირს.

### **§3.3. მეწყრული ფერდობის ანგარიში დაცურების სიბრტყის წრიულცილინდრული ზედაპირით**

ანალიზური ხერხით ფერდობების მდგრადობაზე გაანგარიშება, დამუშავებულია მრავალ ავტორთა მიერ, მათ შორის, განსაკუთრებით უნდა გამოვყოთ: ვ. სოკოლოვსკი, გ. შახუნიანცი, ა. დორფმანი და სხვა.

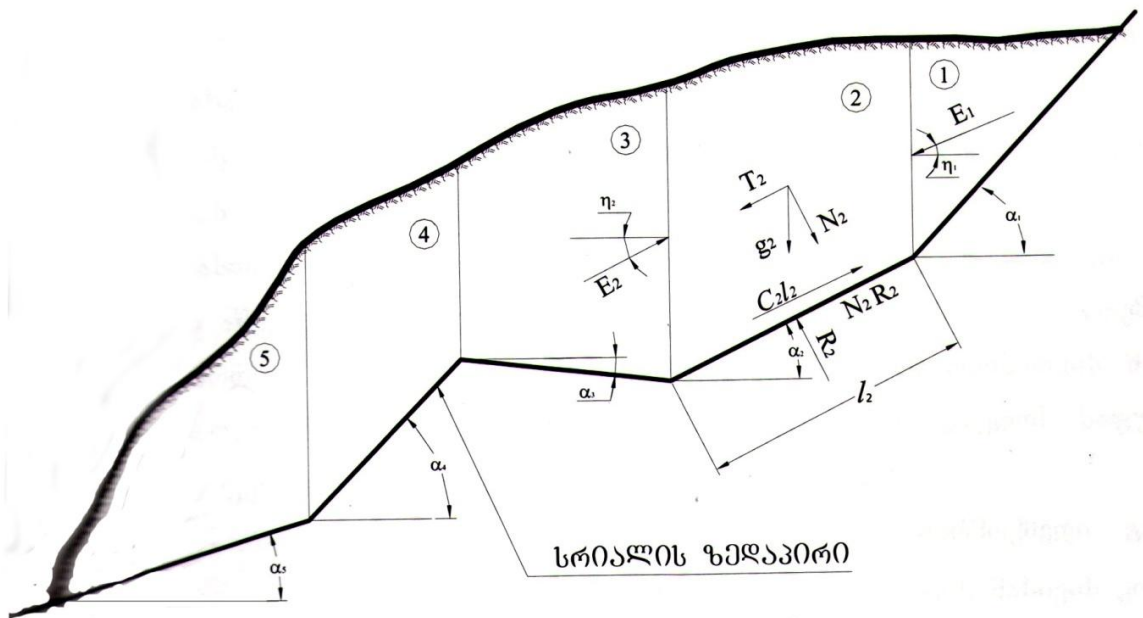
ვ. სოკოლოვსკისა და ა. დორფმანის გამოთვლის ხერხები, როგორც ცნობილია, ძალზე რთულია, ხოლო გ. შახუნიანცის მეთოდი პირიქით ძალიან მოხერხებული და შედარებით მარტივი (იხ. ნახ. 3.3). სამშენებლო მექანიკის ძირითადი კანონების შესაბამისად, ცალ-ცალკე განხილვის მიზნით გამოვყოფთ  $i$ -ურ - ნაკვეთურს. გავლენა, რომელიც ფერდობის გამოყოფილ

ნაკვეთურზე მოდის მის ზემოთ მდებარე ბლოკის ნაწილისაგან აღინიშნება  $E_{i-1}$  ძალით, ხოლო გავლენა ნაკვეთურის ქვემოთ მდებარე ბლოკის ნაწილისა – ანალოგიურად  $E_i$  ძალით, რომელიც ჰორიზონტალურ სიბრტყესთან ადგენს  $\eta_i$  კუთხეს.

სეისმური და ფილტრაციული ძალების გაუთვალისწინებლად ფერდობის მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტი და მეწყრული დაწნევის საანგარიშო ფორმულები იღებენ შემდეგ სახეს:

$$K_{a.a.3} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (g_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + C_i L_i) \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}}{\sum_{i=1}^{i=n} g_i \sin \alpha_i \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}} \quad (3.10)$$

$$E_{\text{მეწყ.}} = \sum_{i=1}^{i=n} [k_{a.a.3} g_i \sin \alpha_i - g_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + C_i L_i] \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} \quad (3.11)$$





ნახ. 3.3. საანგარიშო სქემა პროფ. გ. შახუნიაძის მიხედვით

ხოლო ჩვეულებრივი წყალნაჯერი ფერდისათვის, ფილტრაციული დაწნევისა და სეისმური ძალების გათვალისწინებით:

$$K_{a.a.3} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (g_{\text{წი}} \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_{\text{წ}} + C_{\text{წ}} L_i) \frac{\cos \varphi_{\text{წ}}}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}}{\sum_{i=1}^{i=n} (g_{\text{წი}} \sin \alpha_i + j_i + S_{\text{წ}}) \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)}} \quad (3.12)$$

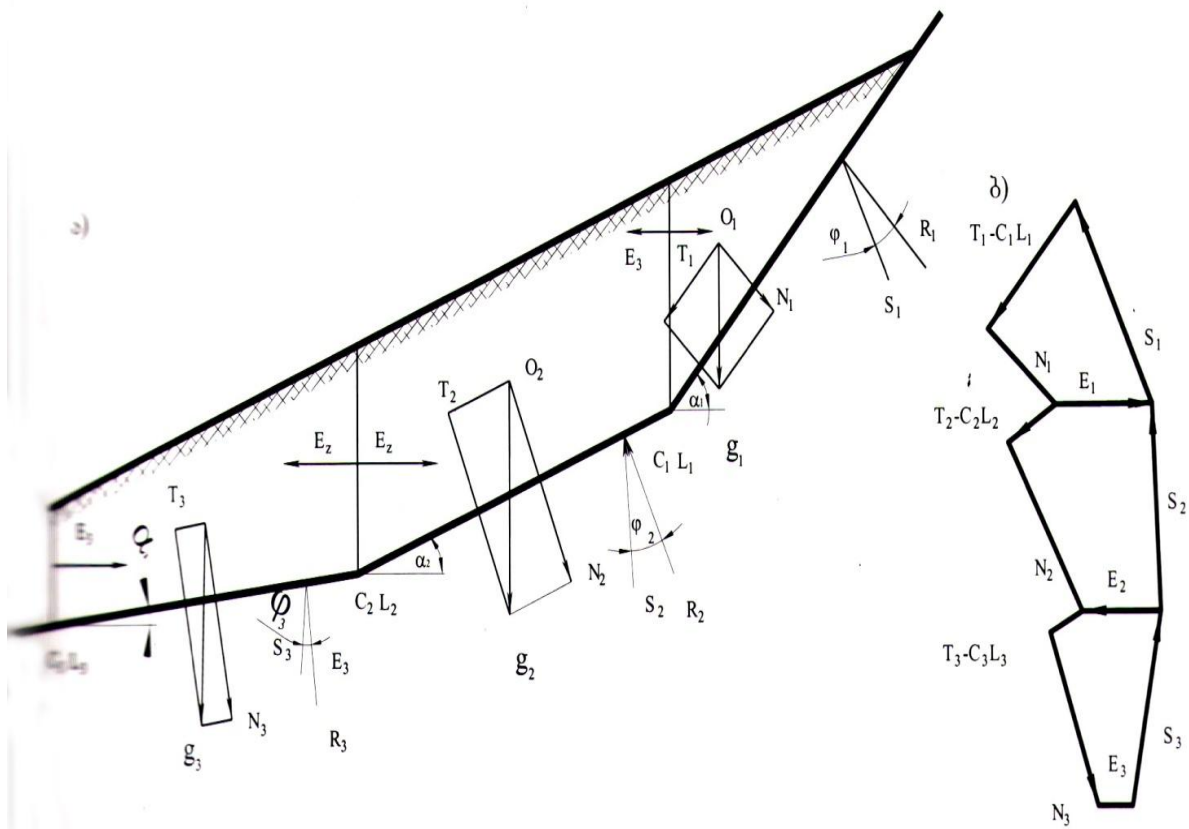
$$E_{\text{აეწყ}} = \sum_{i=1}^{i=n} [k_{a.a.3} (g_{\text{წი}} \sin \alpha_i + j_i + S_{\text{წ}}) - (g_{\text{წი}} \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_{\text{წ}} + C_{\text{წ}} L_i)] \frac{\cos \varphi_i}{\cos(\alpha_i - \varphi_i)} \quad (3.13)$$

სადაც  $g_i \cos \alpha_i \operatorname{tg} \varphi_i + C_i L_i$  – ჯამური მნიშვნელობა დამჭერი მხები ძალებისა (i-ური ნაკვეთურის სრიალის ზედაპირზე გადაადგილების წინააღობა);  $C_i L_i$  – შეჭიდულობის ძალა;  $\operatorname{tg} \varphi_i$  – შიგა ხახუნის კოეფიციენტი;  $\varphi_i$  გრუნტის შიგა ხახუნის კუთხე;  $L_i$  – სიბრტყეზე შესაძლო გადაადგილების სიგრძე;  $R_i$  – ნორმალური რეაქცია სრიალის ზედაპირზე (ნახ. 3.3);  $C_{\text{წ}}, \varphi_{\text{წ}}$  – წყალშემცველი (დასველებული) გრუნტის ძვრის წინააღობის მახასიათებლები. აქვე უნდა შევნიშნოთ, რომ გრუნტის წინააღობა (განსაკუთრებით თიხოვანი გრუნტების) დიდადაა დამოკიდებული მის ტენიანობაზე. რამდენადაც დიდია გრუნტის ტენიანობა, იმდენად მცირე იქნება გრუნტის სიმტკიცის მახასიათებლები.

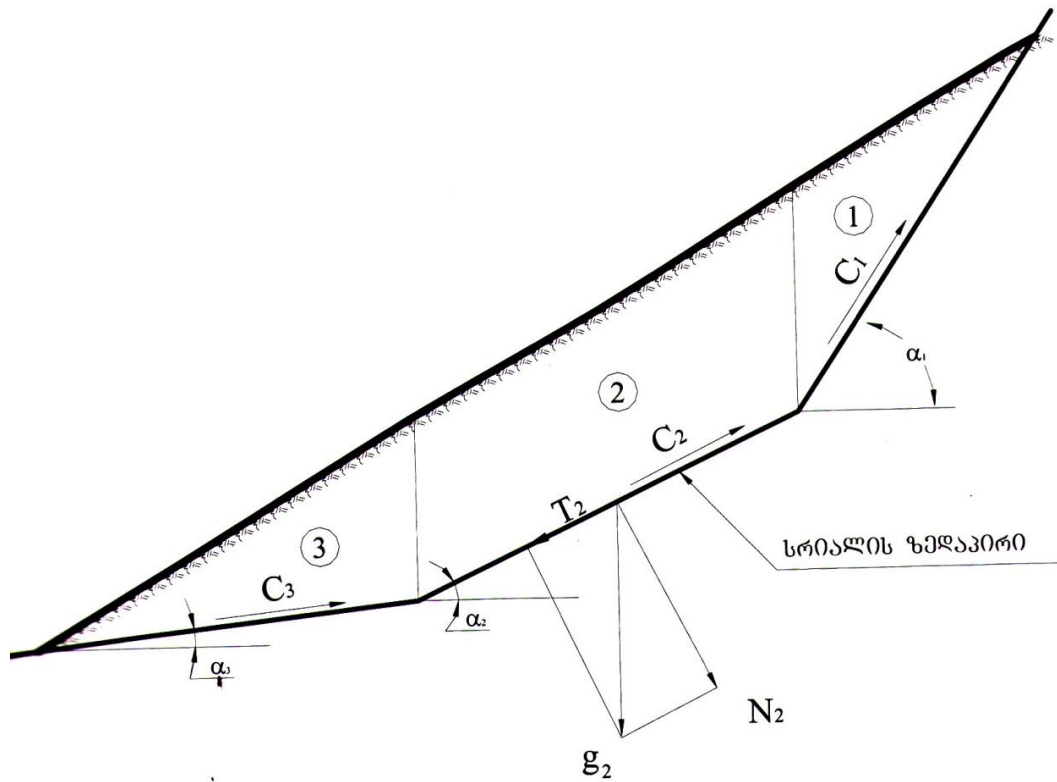
გრუნტის ტენიანობა არ წარმოადგენს მუდმივ სიდიდეს. იგი განიცდის ცვალებადობას წლის დროის მიხედვით და გრუნტის წყლის დონის ცვალებადობასთან დაკავშირებით, რაც თავის მხრივ განსაზღვრავს წყლის კაპილარული აწევის სიმაღლეს. ამიტომ გრუნტის ძვრის წინააღობის დადგენა უნდა ხდებოდეს მხოლოდ მისი ტენიანობის მაქსიმალური მნიშვნელობისათვის. მხოლოდ ასეთნაირად დადგენილი სიმტკიცის მახასიათებლები უნდა დაედოს საფუძვლად ფერდობების მეწყერულ დაწნევაზე გაანგარიშებას.

საერთო შემთხვევისათვის ღებულობენ, რომ თანაბარმოქმედი გარეგანი აქტიური ძალა  $g_i$  დახრილია ვერტიკალთან  $\alpha$  კუთხით. გრუნტის მასივის კონტაქტი დამჭერ კონსტრუქციასთან (ნაგებობასთან) იწვევს ჰორიზონტალურ რეაქციას, ხოლო თანაბარმოქმედი აქტიური ძალა ვერტიკალურს ( $\eta = \theta = 0$ ). პროფ. გ. შახუნიანცის მეთოდი გამოკვეთილად განსხვავდება სხვა ავტორთა მეთოდებისგან იმით, რომ მეთოდი არის ძალზე გამართული, გამოკვეთილი სტატიკური სქემით, აკმაყოფილებს სტატიკის სამივე განტოლებას  $\sum x = 0$   $\sum y = 0$   $\sum m = 0$  და ითვალისწინებს ფერდობის ნაკვეთურებს შორის ურთიერთშორის კავშირს. ისიც უნდა აღინიშნოს, რომ გ. შახუნიანცის მეთოდი სხვა მეთოდებთან შედარებით მოითხოვს დიდი მოცულობის გამოთვლებს.

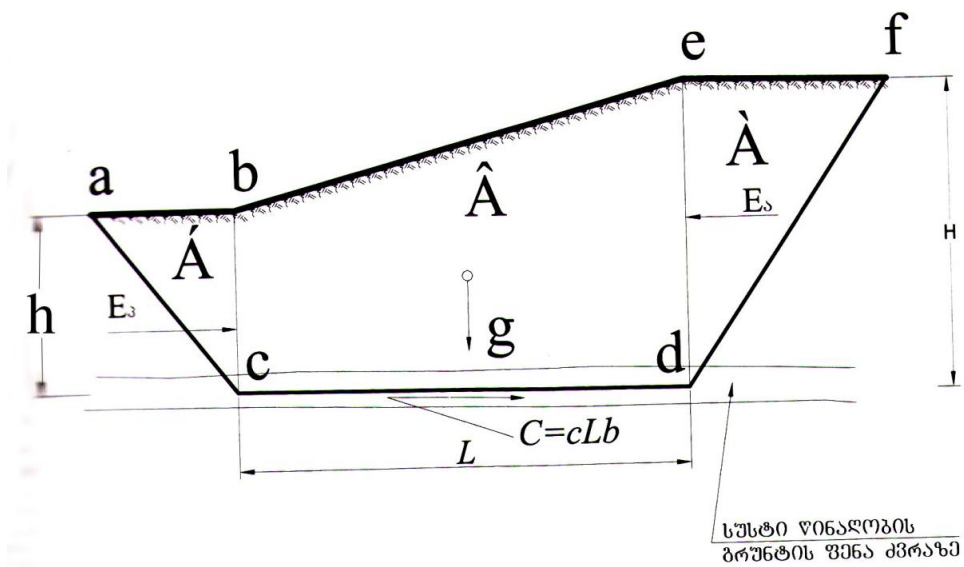
მეწყრულ ფერდობზე წარმოქმნილი მძვრელი ძალების განსაზღვრა გ. შახუნიანცის წინადადებით შესაძლებელია გრაფიკული გზით (ნახ. 3.4). მეწყრულ ფერდობს ყოფენ მახასიათებელ ნაკვეთურებად. საზღვრავენ ცალკეული ნაკვეთურის წონას  $g_i$ , მის ნორმალურ ( $N_i = g_i \cos \alpha$ ) და მხებ ( $T_i = g_i \sin \alpha$ ) მდგენელებს. ასევე ყოველი ნაკვეთურისათვის აგებენ  $s_i$  ძალას, რომელიც წარმოადგენს თანაბარმოქმედი ხახუნის ძალას და ნორმალურ რეაქციას  $R_i$ -ს, მეწყრის სრიალის სიბრტყეზე.  $s_i$  ძალის მიმართულება ყოველი ნაკვეთურის მიმართ განისაზღვრება გრუნტის შიგა ხახუნის  $\varphi$  კუთხის დახრით ნორმალ  $R_i$ -თან (ნახ. 3.4).



ნახ. 3.4. მეწყრულ ფერდობზე მოდებული მბვრელი ძალების  
 საანგარიშო სქემა გ. შახუნიაძის მიხედვით  
 ა) ფერდობის პროფილი; ბ) ძალთა მრავალკუთხედი



ნახ. 3.5. მძვრელი ძალების საანგარიშო სქემა ლ. იასიუნასის მიხედვით



ნახ. 3.6. ბლოკისა და პრიზმის მეთოდი ბ. ხოუს მიხედვით

განგარიშებას ახდენენ ცალკეული ნაკვეთურებისათვის, რისთვისაც მასშტაბში აგებენ ძალთა მრავალკუთხედს და გრაფიკულად საზღვრავენ დამძვრელი  $E E_i$  ძალის მნიშვნელობას ნაკვეთურის ყველა საზღვარზე.

გ. შახუნიაძის გრაფო-ანალიზური მეთოდი იმით არის აღსანიშნავი, რომ ძალთა მრავალკუთხედის აგებით შეგვიძლია განვსაზღვროთ უკეთესი ადგილი მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობების განლაგებისთვის.

ნახ. 3.6-დან ჩანს, რომ მეწყრული მასივი წარმოდგენილია BB ბლოკისგან და არა A და B პრიზმისგან. B ბლოკზე მოქმედებს აქტიური წნევა გამოწვეული A პრიზმისაგან და პასიური წნევა (უკუწნევა) B პრიზმისაგან, ასევე ძვრის წინაღობა ცენტრალური ბლოკის ძირზე.

ხოუს მეთოდით მეწყრული მასივის მდგრადობის მარაგის კოეფიციენტს  $K_{m.m.k.}$  ადგენენ ფერდობებზე მოქმედი წინაღობის ძალებისა და აქტიური მძვრელი ძალების თანაფარდობით.

ზემოთ თქმულიდან გამომდინარე, მეწყრული წნევა (დაწნევა) შეიძლება განსაზღვრული იქნეს შემდეგი ფორმულით:

$$E_{გეფ.} = k_{ა.ა.ა} \left( \frac{\gamma H^2}{2} \frac{1 - \sin \varphi_{წ}}{1 + \sin \varphi_{წ}} + S_{წ} + j \right) - \frac{\gamma h^2}{2} \frac{1 - \sin \varphi_{წ}}{1 + \sin \varphi_{წ}} - cL - g_{წ} \operatorname{tg} \varphi_{წ} + C_{წ} \quad (3.14)$$

სადაც  $h$  და  $H$  – მოცემულ შემთხვევაში მეწყრის სისქეა, შესაბამისად მეწყრული ბლოკის აქტიური და პასიური მხრიდან;  $L$  – ბლოკის სიგრძე ჰორიზონტალურ სიბრტყეში. (3.14) ფორმულაში შემავალი აღნიშვნები იგივეა, რაც ფორმულა.

განგარიშების მეთოდების ანალიზისას მთავარ ფაქტორს წარმოადგენს მეწყრული წნევის აბსოლუტური მნიშვნელობის დადგენა. სამწუხაროდ, ნამდვილი მაქსიმალური მეწყრული წნევის დადგენა რეალურ ფერდობებზე ჯერ კიდევ პრაქტიკულად ვერ ხერხდება, გამომდინარე გამოზომი ხელსაწყოების არასრულყოფილების გამო, ამავე დროს ძალზე რთულია

ფერდობებში ზღვრული (კრიტიკული) მდგომარეობის წარმოშობის მომენტის დადგენა, ასევე ნატურალურ პირობებში გაზომვების სირთულე და ა. შ.

გამომდინარე აქედან დასაშვებია, რომ თანაბარ პირობებში უპირატესობა მიენიჭოს იმ მეთოდებს, რომლებიც იძლევიან მეწყრული დაწნევის დიდ მნიშვნელობებს. მაშინ გაანგარიშების ნებისმიერი უზუსტობა წავა მარაგში.

მეწყრული დაწნევის მეთოდების მსგავსი აღწერა და ანალიზი ჩატარებული აქვთ სხვა ავტორებსაც, მათ შორის აღსანიშნავია ი. ფიოდოროვი, ლ. გინზბურგი.

ლ. გინზბურგმა მოახდინა გაანალიზება და დაკვირვება მეწყრული დაწნევის ცნობილი მეთოდებისა რეალურ ფერდობებზე. მისი დასკვნით მეწყრული დაწნევის გაანგარიშებისათვის უპირატესად მისაღებია ნ. მასლოვის და გ. შახუნიანცის მეთოდები.

ყველა ზემოთ განხილული მეთოდების მიხედვით, მეწყრული დაწნევის ეპიურის ფორმა არის სამკუთხა.

ჩვენი აზრით, როდესაც გრუნტის მასივის დაცურების (გადაადგილების) ზედაპირი დადგენილია ფერდობის გეოლოგიური აღნაგობიდან (აგებულებიდან) გამომდინარე და არა მათემატიკური გაანგარიშებით, პრაქტიკული მოსაზრებით მეწყრული დაწნევა მისაღებია გაანგარიშებული იქნეს ნ. მასლოვის და გ. შახუნიანცის მეთოდებით, ხოლო მეწყრული დაწნევის მოდების წერტილი დადგენილი იქნეს ფორმულა (3.19), რის მიხედვითაც დაწნევის ეპიურის ფორმა არის არა სამკუთხედი, არამედ ტრაპეცია.

ცნობილია, რომ მეწყრული პროცესებისადმი მიდრეკილება აქვს თიხოვან გრუნტებს, რომელთაც გადაადგილების ზედაპირის არეში აქვს მაღალი კონსისტენციის ხარისხი. ასეთი გრუნტები გეოლოგიური მოვლენებისას კარგავენ სიმტკიცის მნიშვნელოვან ნაწილს.

პროფ. ნ. ციტოვიჩის გამოკვლევების მიხედვით სიმტკიცე პლასტიკური თიხებისა ქვეითდება 30-60%-მდე, ხოლო დენად პლასტიკურის დროს 80%-მდე, ყოველივე ეს მეწყრული დაწნევის გაანგარიშებისას, აუცილებლად გათვალისწინებული უნდა იქნეს.

## თავი IV. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიშისთვის $\phi$ და $C$ შერჩევის შემოთავაზებული მეთოდი

### §4.1. ფერდობის მდგრადობაზე ანგარიშის პირობების შერჩევა

იმისათვის, რომ დადგენილიყო ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მეთოდით მეწყრის სხეულის მდგრადობის კოეფიციენტი ჩვენ მიერ შერჩეულ ხუთ მეწყერზე: დილომში მუხათგვერდის მეწყერზე, ლიბანის ქუჩაზე არსებულ მეწყერზე, მ. ჯავახიშვილის ქუჩაზე წარმოქმნილ მეწყერზე, რუსთაველის ქ. №10-ში არსებულ პოტენციურ მეწყერზე და თემქის დასახლებაში შეშელიძის ქუჩის მეწყერზე ჩატარდა ფერდობების ანგარიში მდგრადობაზე. აღვნიშნავთ, რომ მათი მდგრადობაზე ანგარიში  $\phi$  და  $C$  გასაშუალებული მეთოდით მოცემულია სადისერტაციო შრომაში.

მდგრადობაზე ანგარიშის ჩვენ მიერ შემოთავაზებულ მეთოდიკაზე ადრე იყო საუბარი და აღნიშნული იყო, რომ  $\phi$  და  $C$ -ს მნიშვნელობათა შერჩევა მოხდა ყველა ბლოკისთვის ცალ-ცალკე. მიღებული შედეგები მოცემულია სადისერტაციო შრომის მეორე თავში. ასევე მეორე თავში ცხრ. №2.3; 2.5; 2.7; 2,9; 2.12 და 2.13-ში მოცემულია მეწყრის მდგრადობის გამოთვლა  $\phi$  და  $C$  გასაშუალებული მნიშვნელობებით. შედეგები, როგორც ცხრილებიდან ჩანს, არ ემთხვევა  $\phi$  და  $C$ -ს გასაშუალებულ მნიშვნელობებს. ეს აიხსნება იმით, რომ გასაშუალებული მნიშვნელობა არ ასახავს  $\phi$  და  $C$  რეალურ მნიშვნელობას.  $\phi$  და  $C$  სიდიდე ბევრად არის დამოკიდებული გრუნტის ტენიანობაზე და მოქმედ დატვირთვებზე. ამის რეალურ მნიშვნელობას კი გასაშუალებული მეთოდით ვერ მივიღებთ. აღსანიშნავია, რომ თუ შევადარებთ შემოთავაზებული მეთოდით მიღებულ  $K$  მნიშვნელობას გასაშუალებული



მეთოდით მიღებულ სიმდგრადის კოეფიციენტ  $K$ -ს, შემოთავაზებული მეთოდი უფრო  $\varphi$  და  $C$ -ს მეტ მნიშვნელობას იძლევა. განვიხილოთ, მაგალითად, ქ. თბილისში რუსთაველის გამზ. №10-ში არსებული მეწყრის მდგრადობის პირობა. როგორც ანგარიშმა გვიჩვენა კლასიკური მეთოდის შემთხვევაში  $K < 1$ -ზე, ე.ი. ფერდობი არამდგრადია. სინამდვილეში ფერდობი დგას და მდგრადია. ჩვენ მეთოდით  $K = 1.1$ , მაგრამ სამშენებლო ნორმებით ფერდობის მდგრადობის კოეფიციენტი უნდა იყოს არანაკლები  $K = 1.2$ . ამიტომ არსებულ მეწყერს ჩვენ ვუწოდებთ პოტენციური მეწყერი. ე.ი იგი ჯერ კი არის მდგრადი, მაგრამ შესაძლოა იგი დაიმეწყროს, ვინაიდან  $K = 1.1$ -ს. მოყვანილი მაგალითი ნათლად მეტყველებს, რომ ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მეთოდი უფრო რეალურად ასახავს მეწყრის მდგრადობის მდგომარეობას. ე. ი.  $\varphi$  და  $C$  უნდა განისაზღვროს მეწყრული ფერდობის ყველა ბლოკისთვის ცალ-ცალკე.

ცხრილი 2.14

K მნიშვნელობა	მუხათგვერდის მეწყერი	ლიბანის მეწყერი	ჯავახიშვილის მეწყერი	რუსთაველის მეწყერი	შეშლიძის მეწყერი
$\varphi$ და $C$ –ს გასაშუალებული მეთოდი	0,6	0,6	0,63	0,7	0,6
$\varphi$ და $C$ –ს შემოთავაზებული მეთოდი	0,9	0,75	0,65	1,1	0,9

მუხათვერდის მეწყერი. II ვარიანტი  
 Cveni varianti #2, 3, 4, da 5-Si  $C=0.15$ ,  $\varphi=8^0$ ,  $\text{tg}8^0=0.14$   
 (bloki #1 \_ 6 da 7 ucvlelia, e. i.  $C=0.1$ ,  $\varphi=6^0$ )  
 Sevadginot cxrili

ცხრილი 2.15

bloki #	blokis zomebi, m	blokis moculoba, m <sup>3</sup>	blokis wona g	blokis daxra, $\alpha$	$\text{tg}\alpha$	$H = g \cdot \text{tg}\alpha$	$\frac{C}{P}$	$F_p = \text{tg}\varphi + \frac{C}{P}$	$\Psi_p = \arctg F_p$	$\alpha - \Psi_p$	$\text{tg}(\alpha - \Psi_p)$	$E = g \text{tg}(\alpha - \Psi_p)$
1	$\frac{8 \times 10}{2}$	40.0	80.0	38.0	0.78	62.4	0.10	0.2	12	26	0.5	40.0
2	$\frac{8 + 14}{2} \times 12.5$	138.0	276.0	30.0	0.58	160.1	0.15	0.29	16	14	0.24	78
3	$\frac{12 + 16}{2} \times 13$	182.0	364.0	19.0	0.34	123.8	0.15	0.29	16	3	0.05	18
4	$\frac{16 + 12}{2} \times 13$	182	364.0	9	0.16	58.2	0.15	0.29	11	-2	0.03	-10.0
5	$\frac{12 + 8}{2} \times 13$	130	260.0	3	0.05	13.0	0.15	0.19	11	-8	0.14	-37
6	$\frac{8 + 7}{2} \times 12.5$	94.0	188.0	2.0	0.03	5.64	0.07	0.18	11	-9	0.16	-32
7	$\frac{7 \times 12.5}{2}$	44.0	88.0	2.0	0.03	2.64	0.07	0.22	12	10	-2	-17
$\Sigma$						426.0						40

$$K = \frac{386}{420} = 0.9$$

$$T = H - E = 426 - 40 = 386$$

ლიბანის ქუჩის მეწყერი. II ვარიანტი ჩვენი მეთოდით  
 $C=0.05$ ,  $\varphi=6^\circ$ ,  $\rho=1.86$  გ/სმ<sup>3</sup>,  
 (ბლოკი N1 - 6 და 7 უცვლელია, ე.ი  $C=0.1$ ,  $\varphi=6^\circ$ )  
 შევადგინოთ ცხრილი

ცხრილი 2.16

ბლოკის #	ბლოკის ზომები, მ	ბლოკის მოცულობა, მ <sup>3</sup>	ბლოკის წონა, გ-ტ	ბლოკის დახრა, $\alpha$	$tg\alpha$	$H = g \cdot tg\alpha$	$\frac{C}{P}$	$F_p = tg\varphi + \frac{C}{P}$	$\Psi_p = arctg F_p$	$\alpha - \Psi_p$	$tg(\alpha - \Psi_p)$	$E = g \cdot tg(\alpha - \Psi_p)$
1	$\frac{8 \times 10}{2}$	304	565	14	0.25	341	0.02	0.06	6	20	0.36	20.0
2	$\frac{8 + 14}{2} \times 12.5$	600	1116	9	0.16	179	0.02	0.07	5	4	0.07	78.0
3	$\frac{12 + 16}{2} \times 13$	680	1149	9	0.16	184	0.02	0.07	5	4	0.07	78.0
4	$\frac{16 + 12}{2} \times 13$	678	1261	9	0.16	202	0.02	0.07	5	4	0.07	78.0
5	$\frac{12 + 8}{2} \times 13$	678	1261	10	0.18	227	0.02	0.07	5	4	0.07	78.0
6	$\frac{8 + 7}{2} \times 12.5$	260	484	25	0.17	227	0.02	0.06	6	20	0.36	174.0
$\Sigma$						1160						286

საერთოდ,  $\Psi$  და  $C$  რაც უფრო დიდია, მით უფრო მცირეა  $E$ . ამრიგად, აქტიური ძალა  $\alpha - \Psi_p$  დამჭერი ძალების დიდი სიდიდის გამო I ვარიანტში შედარებით შემცირდა, ამიტომ გაიზარდა  $K$ .

$$K = \frac{874}{4201160} = 0.75$$

$$T = H - E = 1160 - 286 = 874$$

ჯავახიშვილის ქუჩის მეწყერი. II ვარიანტი ჩვენი მეთოდით  $\rho=1.90 \text{ გ/სმ}^3$ ,  $C=0.3$ ,  $\varphi=15^\circ$ ,  $\text{tg}\varphi=0.27$

ცხრილი 2.17

ბლოკის №	ბლოკის ზომები	ბლოკის მოცულობა	ბლოკის წონა $g$	ბლოკის დახრა $\alpha$	$\text{tg}\alpha$	$H=g \cdot \text{tg}\alpha$	$\frac{c}{p}$	$F_p = \text{tg}\varphi + \frac{c}{p}$	$\psi_p = \text{arctg}F_0$	$\alpha - \psi_p$	$\text{tg}(\alpha - \psi_p)$	$E = g \text{tg}(\alpha - \psi_p)$
1	20.8×2.40	25.0	48.0	3	0.05	2.0	0.15	0.45	25	-22	0.40	-19.0
2	20.2×19.8×3.10	124.0	236	5	0.09	21.0	0.08	0.35	19	-24	0.24	57.0
3	19.8×19.6×3.10	122.0	232	12	0.21	49.0	0.08	0.35	19	-7	0.122	6.0
4	19.6×18.2×3.20	121.0	230	18	0.32	74.0	0.08	0.35	19	+1	0.01	1.0
5	18.2×17.0×3.10	109.0	207	37	0.70	145.0	0.09	0.36	19	+18	0.32	46.0
6	17.0×15.0×3.10	99.0	188	48	1.05	197.0	0.09	0.36	20	+28	0.53	96.0
7	15.0×11.50×3.10	82.0	156	50	1.09	170	0.09	0.36	20	+30	0.58	99.0
8	11.50×3.10	18.0	30	74	1.55	47	0.15	0.42	23	51	1.1	33.0
$\Sigma$						715						250

$$T = H - E = 715 - 250 = 465$$

$$K = \frac{E T}{E H} = \frac{465}{715} = 0.65$$

რუსთაველის ქუჩის მეწყერი. II ვარიანტი  
 პირველი და მეორე ბლოკისათვის  $\varphi=8^{\circ}$  და  $C=0.3\text{კგ/სმ}^2$ ,  
 მესამე ბლოკისათვის  $\varphi=22^{\circ}$  და  $C=0.25\text{კგ/სმ}^2$

ცხრილი 2.18

ბლოკის #	ბლოკის ზომები, მ	ბლოკის მოცულობა, მ <sup>3</sup>	ბლოკის წონა, მ	ბლოკის დახრა, $\alpha$	$tg\alpha$	$P = g \cdot tg\alpha$	ბლოკზე მოსული სამუდამო წნევა $P_{\text{მტ}}/\text{მ}^2$	$F_p = tg \alpha + C/P$	$\Psi_p = arctg F_p$	$\alpha - \Psi_p$	$tg(\alpha - \Psi_p)$	$g(tg\alpha - \Psi_p)$
1	$\frac{3.5 \times 11.5}{2} \times 4$	42.0	84.0	30.0	0.58	48.5	20.0	0.69	37	-7	0.11	6.5
2	$\frac{11.5 \times 100}{2} \times 4$	43.0	86.0	30.0	0.58	50.0	21.0	0.69	37	-7	0.12	7.0
3	$\frac{10.0 \times 4.2}{2} \times 4$	28.4	28.4	30.0	0.58	33.0	14.0	0.64	35.0	-5.0	0.09	3.4
						131.5						16.9

k=1.1

შეშლილის ქუჩა. II ვარიანტი

ცხრილი 2.19

N	ბლოკის ზომები	ბლოკის მოცულობა	ბლოკის წონა, გ	$P$ გ/სმ <sup>2</sup>	$T$ გ/სმ <sup>2</sup>
1	4.5×3.5	7 · 9	15.8	13.0	11.0
2	4.5×3.5	15 · 2	30.0	29.0	14.0
3	3.5×4.5	13 · 2	26.0	29.0	7.5
<b>s</b>				68.0	32.5

$$K = \frac{\sum(ptgS + 1.5 \cdot 13)}{32} = 0.9$$

## \$4.2. დასკვნები და რეკომენდაციები

ჩატარებული სამუშაოები ქ. თბილისი მეწყრული პროცესების წარმოშობისა და განვითარების შესახებ საშუალებას იძლევა გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები:

1. ქ. თბილისი გეომორფოლოგიურად წარმოადგენს მთაგორიანი ქვეყნის ნაწილს და ამიტომ, როგორც ყველა მთაგორიან წვეყანაში, მეწყრული პროცესები საკმაოდ არის განვითარებული.

2. მდინარე მტკვარმა თავისი გეოლოგიური განვითარების მანძილზე წარმოშვა მერიდიანული ხეობა, რის შედეგადაც წარმოიშვა ქ. თბილისის მდ. მტკვრის მარჯვენა და მარცხენა სანაპირო. მიუხედავად იმისა, რომ ქ. თბილისის მარჯვენა სანაპირო მარცხენა სანაპიროსთან შედარებით გაცილებით დანაწევრებულია, როგორც მოყვანილი მაგალითებიდან ჩანს, მეწყრები განვითარებულია ორივე მხარეზე.

3. მეწყრის განვითარების მოცულობა და სიმძლავრე ბევრად არის განპირობებული ადგილის გეომორფოლოგიურ პირობებზე. რაც უფრო მაღალია ფერდობი და რაც უფრო მძლავრია მეოთხეული გრუნტების (საფარი გრუნტები) სიმძლავრე, მეწყერი მით უფრო ძლიერია.

4. ქ. თბილისში მეწყრები უმეტესად განვითარებულია მეოთხეული ასაკის თიხოვან გრუნტებში. მეწყერი გვხვდება ძირითად ქანებშიც არგილითებისა და ქვიშაქვების მორიგეობაშიც. ამ შემთხვევაში საქმე გვაქვს აქსეკვენტურ მეწყერთან, როდესაც ქანების დაქანება ფერდობის დაქანების თანხვედრია.

5. მეწყრული ფერდობის მდგრადობის ანგარიშისათვის დღეისათვის გამოყენებულია მეწყრული სხეულის  $\phi$  და  $C$  გასაშუალებული მნიშვნელობის გამოყენება.  $\phi$  და  $C$  ისაზღვრება ლაბორატორიული წესით.

6. როგორც პრაქტიკამ დაგვანახა, გასაშუალებული მნიშვნელობანი არ იძლევა ფერდობის მდგრადობის რეალურ სურათს. ამიტომ ჩვენი წინადადებით საჭიროდ ვთვლით  $\phi$  და  $C$  განსაზღვრული იყოს ყოველი

ბლოკისთვის ცალ-ცალკე. როგორც წარმოდგენილმა ანგარიშებმა გვიჩვენა, იგი უფრო კარგად გამოსახავს ფერდობის მდგრადობას.

7. ქ. თბილისში მეწყრული პროცესების განვითარების ძირითადი მიზეზი ტექნოგენური წყლებია. ამიტომ მეწყრულ ზონებში მკაცრად უნდა იქნეს დაცული ტერიტორიები ტექნოგენური წყლებისგან.

8. პრაქტიკამ გვიჩვენა, რომ თანამედროვე პირობებში ყველაზე ეფექტურ მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიებას წარმოადგენს ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯები.

9. მეწყერსაწინააღმდეგო ღონისძიების შერჩევას კარგად უნდა იქნეს გამოკვლეული ადგილის გეოლოგიური და ჰიდროგეოლოგიური პირობები. მხოლოდ მეწყერზე მოქმედი ყველა ფაქტორის მხედველობაში მიღებით უნდა შეირჩეს რაციონალური ღონისძიება.

## გამოყენებული ლიტერატურა

1. კერესელიძე დ. გრუნტების მექანიკა და ფუძე-საძირკვლები. თბილისი, განათლება, 1977 წელი;
2. ორაგველიძე ზ. ხიმინჯოვანი მეწყერსაწინააღმდეგო ნაგებობების ფერდობებზე განლაგებისას მწკრივებს შორის მანძილების განსაზღვრა. ს.ტ.უ. შრომები, №2, 1998 წელი.
3. ორაგველიძე ზ. მეწყერების შეკავება ხიმინჯოვანი ნაგებობების გამოყენებით, სამთო ჟურნალი, №1(3), 1999 წელი.
4. Арешидзе Г.М. Оползны Грузинской ССР. Тбилиси, Мецниереба, 1980.
5. Гинзбург Л.К. противооползневые удерживающие конструкции. Москва. Высшая школа, 1979.
6. Емепинова Е.П. Основные закономерности оползневых процессов. Москва. 1972.
7. Золоторев Г.С. Геологические закономерности развитой опозней и обвалов. Вестник МГУ. 1974, №4.
8. Ломидзе Г.М. Нахождение опасной поверхности скольжения при расчете устойчивости склона гидротехнического строительства. 1954. №2.
9. Маслов Н.Н. Условие устойчивости склонов и откосов в гидротехническом строительстве. Москва. Госэнергоиздат. 1995.
10. Маслов Н.Н. Механика трудов в практике строительства. М. Стройиздат. 1977.
11. Тер-степанян Г.И. О длительной устойчивости склонов. Ереван.
12. Шихуненц Г.М. К вопросу расчета устойчивости откосов. Труды мнит. 1969.
13. Цитович Н.А. Механика грунтов. Высшая школа. 1979.



14. Чохонелидзе Г.И. Церцвадзе Л.А. К прогнозу развития оползневых процессов в осушительных каналах Колхиды. Тбилиси. 1978.
15. Terzaghi K. (1943), Theoretical Soil Mechanics, J. Wiley, New York