

**ეგზოგენური და ენდოგენური საფრთხის შემცველი პროცესების  
მინისძვრით შესაძლო ტრიგერირების პრევენცირება  
გეოფიზიკური (გეოელექტრული) მეთოდების  
კომპლექსურად გამოყენებით გეოტექნიკაში**

**ოდელავაძე დ., თარხან-მოურავი ა., ვარამაშვილი ნ., არზიანი ზ.**

*ივანე ჯავახიშვილის სახ. თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის  
მიხეილ ნოდის სახ. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, თბილისი, საქართველო*

**ანოტაცია:** კარსტული სიღრუეების მნიშვნელოვნად რთული და მრავალფეროვანი ფორმების არსებობის შესაძლებლობის გამო, რაც იწვევს გრუნტის მზიდი თვისებების შესუსტებას, შესაძლებელია მინისძვრის დაზიანების საფრთხე შეექმნას მინის ზედა და მინის ქვეშ განთავსებულ გეოტექნიკურ, კერძოდ საინჟინრო – სამშენებლო ობიექტებს.

გადაწყდა კომპლექსური გეოფიზიკური სამუშაოები შესრულებულიყო გეორადარული და ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების პროფილირების მეთოდებით.

ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მეთოდის გამოყენებით განისაზღვრა ქანების სიღრმეული განთავსების ლითოლოგია, ხოლო გეორადიოლოკაციის მეთოდით კი – სიღრუეთა განთავსების ფორმა და ლოკაცია. ელექტროდიებისა და გეორადიოლოკაციის მეთოდების გამოყენებით მიღებული შედეგები, გადაფარვის არეებში, ერთმანეთთან კარგ თანხვედრაშია.

**საკვანძო სიტყვები:** მინისძვრა, ტრიგერირება.

## **შესავალი**

დასავლეთ საქართველოს მნიშვნელოვანი ნაწილი (4000 კვ.კმ) წარმოადგენს კარსტულ - კირქვეულ გარემოს, რომელიც მდიდარია მინისძვრეა მრავალფეროვანი კარსტული ბუნებრივი და ანთროპოგენული წარმოშობის სიცარიელებით, რაც იწვევს გრუნტის მზიდი თვისებების შესუსტებას. შესაბამისად, შესაძლებელია დაზიანების საფრთხე შეექმნას მინის ზედა და მინის ქვეშ განთავსებულ გეოტექნიკურ, კერძოდ საინჟინრო – სამშენებლო ობიექტებს.

დასავლეთ საქართველოს კარსტულ რეგიონში დაბა ხონის მთაგორიან ტერიტორიაზე კაპიტალური მშენებლობის უსაფრთხოდ წარმოებისა და შენობის შემდგომი უსაფრთხოდ ექსპლუატაციის მიზნით დადგა საკითხი კონკრეტული სამშენებლო მოედნის განთავსებისა.

შერჩეული გარემო გეოლოგიურად წარმოდგენილია ქვედა და ზედა ცარცული კირქვებით, ნეოგენის ქვიშაქვებითა და თიხებით, მეოთხეულის კაჭნარითა და თიხნარით (მარუაშვილი, 1971).

შესაძლო კარსტული სიღრუეების მნიშვნელოვნად რთული და მრავალფეროვანი ფორმების არსებობის შესაძლებლობის გამო გადაწყდა კომპლექსური გეოფიზიკური სამუშაოების ჩატარება გეორადარული და ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების პროფილირების მეთოდებით, რათა დაზუსტებულიყო სამშენებლო მოედნის სავარაუდო განთავსების ადგილი.

გეოფიზიკური სამუშაოების მიზანს წარმოადგენდა სავარაუდო სიცარიელებისა და არსებული პონორების გავრცელების ადგილებში, დაახლოებით 1 კმ. მონაკვეთზე, გეოფიზიკური კვლევების ჩატარება, რაც საშუალებას იძლევა 10- 30 მ. სიღრმეზე (დამკვეთის მოთხოვნით).

ნით) დადგინდეს ამგები ქანების ნაპრალიანობისა და განწყლიანების ხარისხი, გამოიყოს ცალკეული მინისქვეშა სიცარიელები, აიგოს შესაბამისი გეოლოგიური და გეორადიოლოკაციური ჭრილები, რომლებიც ასახავენ საკვლევი ფართის ლითოლოგიურ შედგენილობას.

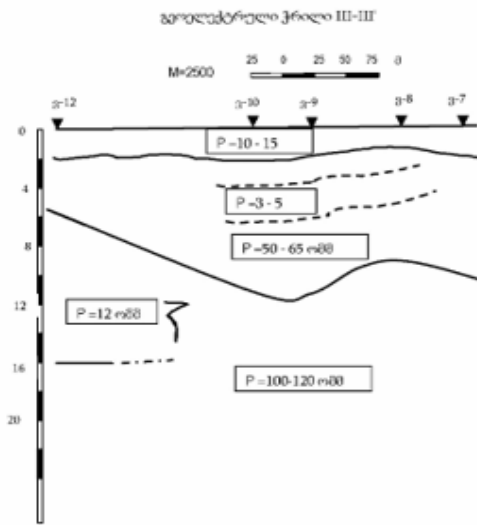
ამ ამოცანის გადასაწყვეტად გამოყენებული იყო ელექტროძიებისა და გეორადიოლოკაციური მეთოდები. კერძოდ, ელექტროძიება წარმოდგენილი იყო მუდმივი დენის ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების (ვეზ) მეთოდით, ხოლო გეორადიოლოკაციური სამუშაოები განხორციელდა გეორადარით „Zond – 12 e“ სერტიფიცირებული პროგრამული უზრუნველყოფით „Prizm 2,5“ და 75 მპ. ანტენის გამოყენებით.

შესრულდა 15 ვეზი და 33 გეორადიოლოკაციური პროფილი.

მაგალითისთვის მოგვყავს არასაიმედოდ მიჩნეული ტერიტორიის გეოელექტრული ჭრილი III-III გამოკვლევის შედეგები.

**გეოელექტრული ჭრილი III-III (მოგვყავს მაგალითისთვის).**

პროფილის სიგრძეა 350 მ. პროფილი საკმაოდ რთული გეოლოგიური სახისაა. პირველი ფენა, სიმძლავრით  $h=1,5-2$  მ და კუთრი ელ. წინალობით  $\rho=10-15$  ომმ, წარმოადგენს ნიადაგის საფარს. მეორე ფენა, სიმძლავრით  $h=5-10$  მ და  $\rho=50-65$  ომმ., უნდა შეესაბამებოდეს თიხნარს კირქვული თიხების ჩანართებით. ამავე ფენაში, ვეზ 8,9,10-ის მიხედვით, ზედაპირიდან 3-7 მ სიღრმეზე დაიკვირვება დაბალი ელ. წინალობის ( $\rho=3-5$  ომმ) მქონე მონაკვეთი, რომელიც, ალბათ, წარმოადგენს სიღრუეს განწყლიანებული თიხის შემავსებლით. შემდგომ, ზედაპირიდან 9-12.5 მ სიღრმეზე მოდის დამსხვრეული და დანაპრალიანებული კირქვების წყება. ვეზ 12-ის მონაცემებით ზედაპირიდან 6-17 მ სიღრმემდე გამოიყოფა დაბალომიანი ( $\rho=12$  ომმ) გარემო, რომელიც ფაქტობრივად გადადის კირქვებში.



ნახ.1. გეოელექტრული ჭრილი III-III.

ელექტროძიების მონაცემებით ცარცული ასაკის კარბონატული კომპლექსით წარმოდგენილ წყებაში გამოიყოფა დანაპრალიანებული, ხშირად დამსხვრეული, ძირითადად წყალშემცველი კირქვები, რომელთა ნაპრალები და სიცარიელები უმეტესად თიხებით არის შევსებული. დელუვიური საფარის სიმძლავრე მერყეობს 2-17 მ-ის ფარგლებში.

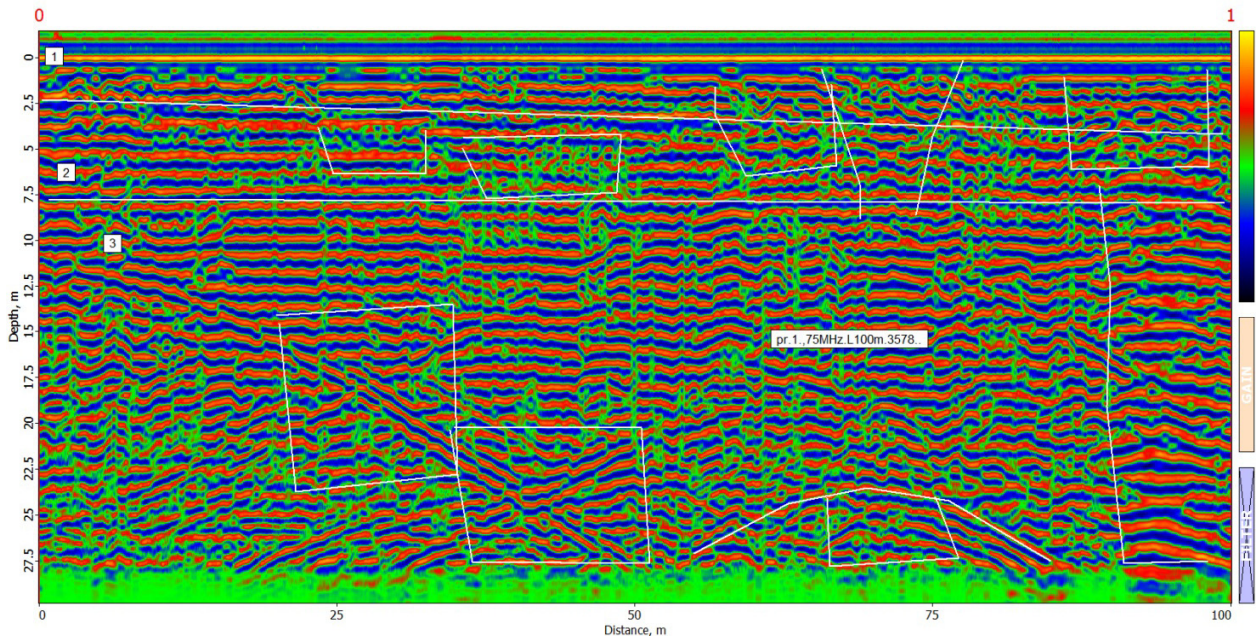
რაც შეეხება მესამე უბანს, აქ რთული გეოლოგიური სიტუაციაა. სამივე პროფილზე აღინიშნება ამგები ქანების არანესიერი, აღრეული განაწილება და სტრუქტურული არაერთგვაროვნება. ამის გამო მოპოვებული სავლე მასალა რთული საინტერპრეტაციაა, რის გამოც ხშირად მივმართავდით ინტერპოლაციის მეთოდს. პროფილების გასწვრივ დაიკვირვება შესუსტებული მონაკვეთები, განწყლიანებული და თიხით შევსებული სიღრუეები, ძაბრები, ჩაქ-

ქვევები. განსაკუთრებით რთული მდგომარეობაა ვეზების 8,9,10,12-ის მიდამოებში. ყოველივე ამის გათვალისწინებით მესამე უბანი გეოლოგიურად არასაიმედოა.

გამოსაკვლევი ტერიტორიის მონიშნულ უბნებზე ჩატარდა გეორადიოლოკაციური პროფილირება გეორადარ „Zond-12 e“-ს გამოყენებით, მისი 75მჰც საშტატო დიპოლური ანტენით, ხოლო მონაცემთა მიღება-დამუშავება განხორციელდა პროგრამული უზრუნველყოფით „Prizm 2,6“. სულ შესრულდა 33 პროფილი.

რადაროგრამაზე წარმოდგენილია გატარებული პროფილის გეორადიოლოკაციური ძირითადი სიღრმის და გადაადგილების დისტანციის მიხედვით მეტრებში.

მესამე უბანი შესდგება 13 პროფილისაგან. მაგალითისთვის მოგვყავს პროფილი 1.



**ნახ. 2. რადაროგრამაზე წარმოდგენილია პროფილი 1, შესრულებული გეორადარის 75მ ჰც მიმღებ-გადამცემი დიპოლური ანტენით, პროფილის სიგრძეა 100მ.**

სინფაზურობის ღერძების ტექსტურის მიხედვით, პროფილ 1-ზე გამოიყო სამი გეორადიოლოკაციური ფენა: პირველი ფენა 2.5მ სიმაღლით, მეორე ფენა 2.5-დან 7.5 მეტრამდე და მესამე ფენა 7.5 მ -ის ქვევით.

რადაროგრამაზე გამოიყო რიგი გეოლოგიური წარმონაქმნების რადიოსახეები, რომელთა მდებარეობა მონიშნულია თეთრი წირებით. მკაფიოდ გამოიყოფა პირველიდან მეორე ფენაში გარდამავალი სიღრუის შესაბამისი რადიოსახეები 50-75მ დისტანციებზე სიღრმით 7.5-8მ., ასევე მონიშნა სიღრუე პროფილის ბოლოს დაახლოებით 100მ დისტანციასთან.

2.5-7.7მ სიღრმეებზე მეორე ფენაში მონიშნა დეზინტეგრირებული (დაშლილი, დანაწევრებული) გარემოს ფორმები 25-50მ დისტანციებზე.

### დასკვნა:

გამოსაკვლევი ტერიტორიის მონიშნულ უბნებზე ჩატარდა გეორადიოლოკაციური პროფილირება გეორადარ „Zond-12 e“-ს გამოყენებით მისი 75მჰც საშტატო დიპოლური ანტენით, ხოლო მონაცემთა მიღება-დამუშავება განხორციელდა პროგრამული უზრუნველყოფით „Prizm 2,6“. სულ შესრულდა 33 პროფილი.

რადაროგრამაზე წარმოდგენილია გატარებული პროფილის გეორადიოლოკაციური ძირითადი სიღრმისა და გადაადგილების დისტანციის მიხედვით მეტრებში.

რადაროგრამაზე წარმოდგენილი პროფილების საშუალო სიგრძეა 100მ ხოლო სიღრმე 30 მეტრამდე.

სინფაზურობის ღერძების ტექსტურის მიხედვით ჭრილებზე გამოიყო ძირითადად სამი გეორადიოლოკაციური ფენა: პირველი ფენა დაახლოებით 2.5 მ სიმძლავრით, მეორე ფენა 2.5-დან დაახლოებით 7.5 მეტრამდე და მესამე ფენა 7.5 მ-ის ქვევით.

რადაროგრამებზე გამოიყო რიგი გეოლოგიური წარმონაქმნების რადიოსახეები, რომელთა მდებარეობა მონიშნულია თეთრი წირებით. ისინი გამოიყოფა პირველ, მეორე და მესამე, ასევე, პირველ და მეორე, მეორე და მესამე ფენებში. მესამეს სიმძლავრეში კი მონიშნება სიღრუის შესაბამისი რადიოსახეები, დეზინტეგრირებული (დაშლილი, დანაწევრებული) გარემოს ფორმები, ფიქსირდება ბოუ-თაის ტიპის განსაკუთრებულობები, რაც უნდა შეესაბამებოდეს შესაბამისი ზომის სიღრუეებს.

გამოყოფილი სიღრუეები შეესაბამება კირქვეულ-კარსტულ გარემოში გავრცელებულ და ამ გარემოსთვის დამახასიათებელ სიღრუეებს, ისეთებს, როგორც არის ძაბრის ტიპის სიღრუეები, მათ შორის შედგენილი ტიპის ( ერთი ძაბრისებრი სიღრუე გადადის მეორე მის ქვეშ მდებარე ძაბრისებრ სიღრუეში), ფიქსირდება მეტ-ნაკლებად პარალელური კედლებით შექმნილი სიღრუეები როგორც უსწორმასწორო ჰორიზონტალური, ასევე ჩამოყალიბებული თალოვანი სახურავის მქონე დახურული სივრცეები. გამოკვლეულ არეში გამოიყოფა, აგრეთვე, დახურული არეები, რომლებიც შეიცავენ ქვესიღრუეებს ნაწილობრივ ან მთლიანად შევსებულს ჩამონანგრევი მასალით, წყლით, ნაწილობრივ წყლითა და სიცარიელით (ჰაერი).

გეორადიოლოკაციური ჭრილების ინტერპრეტაციისას გამოყენებულ იქნა ავტორთა (დ.ოდიავაძე, თ. ჭელიძე) მიერ შემუშავებული რადიოსახეების გაშიფვრის ხერხი, რომელიც ეფუძნება ელექტრომაგნიტური ველების მსგავსობის თეორიას [1-9].

პროფილები 1-28 მეტად მდიდარია კირქვეულ-კარსტული წარმონაქმნების შესაბამისი გეორადიოლოკაციური სახეებით (რადიოსახეები).

29,30,31,32 პროფილები არ შეიცავენ გაბარიტული სიციხეების რადიოსახეებს და წარმოადგენენ მეტ ნაკლებად დაურღვეველ გარემოს.

ვერტიკალური ელექტრული ზონდირების მეთოდის გამოყენებით განისაზღვრა ქანების სიღრმული განთავსების ლითოლოგია, ხოლო გეორადიოლოკაციის მეთოდით კი – სიღრუეთა განთავსების ფორმა და ლოკაცია. ელექტროძიებისა და გეორადიოლოკაციის მეთოდებით მიღებული შედეგები, გადაფარვის არეებში, ერთმანეთთან კარგ თანხვედრაშია.

## ლიტერატურა

1. Odilavadze D.T., Chelidze T.L. Physical modeling of lava tubes in the GPR. // Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXVII; ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2017, pp. 129-142.
2. Odilavadze, D. Chelidze T., Tskhvediasvili T. Georadiolocation physical modeling for disk-shaped voids. // Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, vol. 18, 2015,
3. Odilavadze D., Chelidze T., Glonti N., Kiria J., Tarkhishvili A. Physical modeling of the type "layer wedge" model in direct and reverse problems of georadiolocation. // Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXIX, ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2018, pp. 44-61, (in Russian).
4. Neal A. Ground-penetrating radar and its use in sedimentology: principles, problems and progress. //Earth-Sci. Rev. , 66, 2004. pp. 261-330.
5. Negi J. G., Gupta C. P. Models in applied geoelectromagnetics // Earth Sci. Rev. 4., 1968, pp. 219-241.
6. Одилавадзе Д. Т., Челидзе Т. Л. Физическое моделирование георадиолокационного поля в прямой и обратной задачах электродинамики. // Geophysical Journal V.35, №4, 2013, (in Russian).
7. Sena D'Anna A. R. Modeling and imaging of ground penetrating radar data. // Texas: The University of Texas at Austin, 2004. 251 p. (repositories. Lib.Utexas. edu).
8. Sharma P.V. Environmental and engineering geophysics. //Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
9. Jashi G., A.,Tarkhishvili , Odilavadze D ., Arziani Z., Bolashvili N., Tsikarishvili k. Common and Distinguishing Features of the Karst Phenomena in the Territory of Georgia. // Mikheil Nodia Institute of Geophysics, Transactions, vol. LXVII; ISSN 1512-1135, Tbilisi, 2017, pp. 116-121.

**PREVENTION OF THE DANGER TRIGGERED BY AN EARTHQUAKE OF EXOGENOUS AND ENDOGENOUS PROCESSES, USING A COMBINATION OF GEOPHYSICAL-GEOELECTRIC METHODS IN GEOTECHNICS**

**Odilavadze D., Tarkhan-Mouravi A., Varamashvili N., Arziani Z.**

***Summary:** Due to the presence of sufficiently complex and diverse forms of karst depths, which cause a weakening of the bearing properties of the soil, geotechnical, in particular, engineering and construction sites, may be at risk of damage from an earthquake.*

*Due to the possibility of the presence of complex and diverse forms of karst cavities, geophysical work was carried out comprehensively by the methods of GPR and vertical electrical sounding.*

*The use of vertical electrical sounding determined the lithology of rocks, and the GPR method determined the shape and location of karst cavities. The results obtained by the VES and GPR methods are in good agreement with each other in the areas of their overlap.*

**Key words:** earthquake, triggering.