

# საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ხელნაწერის უფლებით

პავლე გამყრელიძე

მაღალი ტექნოლოგიების გამოყენებით მიწისქვეშა  
სივრცეების ათვისების მეთოდოლოგიის დამუშავება

დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად  
წარდგენილი დისერტაციის

ავტორეზიუმე

თბილისი

2012 წელი

**სამუშაო შესრულებულია საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის  
სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის საბჭაო  
დეპარტამენტის ხიდებისა და გვირაბების მიმართულებასზე**

სამეცნიერო ხელმძღვანელი: ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი, სრული  
პროფესორი – თამაზ ჭურაძე

რეცენზენტები: 1. ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორი გ. აბაშიძე  
2. ტექნიკურ მეცნიერებათა კანდიდატი ა. ყურაშვილი

დაცვა შედგება 2012 წლის “-----” ----- საათზე

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და  
მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს კოლეგიის  
სხდომაზე, კორპუსი I, აუდიტორია ---- ,

მისამართი 0175, თბილისი კოსტავას 77

დისერტაციის გაცნობა შეიძლება სტუ-ს ბიბლიოთეკაში, ხოლო  
ავტორეფერატისა - სტუ-ს ვებ გვერდზე

სადისერტაციო საბჭოს ხელმძღვანელი

ასოც. პროფესორი

რევაზ ველიჯანაშვილი

## შესავალი

ბოლო დროს მსოფლიო მსხვილ ქალაქებში მოსახლეობა სწრაფად იზრდება, ზოგიერთ ქალაქში მაცხოვრებელთა ხვედრითი წილი ქვეყნის მოსახლეობის საერთო რაოდენობის 80%-ს შეადგენს. მოსახლეობის სიმჭიდროვემ ზოგან კვადრატულ კილომეტრზე 150 ათას კაცს მიაღწია და ყოველწლიურად იზრდება. მაგალითად, თბილისში თავმოყრილია საქართველოს მოსახლეობის 40%-ზე მეტი.

ასეთ პირობებში თავი იჩინეს მეგაპოლისების განვითარების პრობლემებმა ბინათმშენებლობაში, სატრანსპორტო ქსელის გაფართოებასა და ზოგადად, ინფრასტრუქტურის განვითარებში. ამ პრობლემების გადაჭრის ერთ-ერთ ეფექტური საშუალებაა მიწისქვეშა სივრცის გამოყენება.

თანამედროვე ქალაქები წარმოუდგენელია მიწისქვეშა ინფრასტრუქტურის განვითარების გარეშე, რომელიც, ერთი შეხედვით თითქმის შეუმჩნეველია, მაგრამ მეტად მნიშვნელოვანია, რამდენადაც ნაკლებად ბინძურდება გარემო.

მე-20 საუკუნის ბოლო წლებიდან ევროპის დიდ ქალაქებში აქტიურად დაიწყო მიწისქვეშა სივრცის გამოყენება, ჩრდილოეთ ამერიკაში, იაპონიაში, რუსეთში ეს ღონისძიებები ტარდება მეტროპოლიტენების მშენებლობის პარალელურად, როდესაც ქალაქის განტვირთვის მიზნით გადატვირთული მაგისტრალური ქუჩები გადააქვთ მიწის ქვეშ. მრავალ შემთხვევაში სარკინიგზო ხაზები გადაკეთდა ჩქაროსნულ ტრასებად, განახლდა საკომუნიკაციო დანიშნულების გვირაბები და ა.შ.

ზემოხსენებულიდან შეიძლება დავასკვნად, რომ მსხვილ ქალაქებში მიწისქვეშა სივრცის გამოყენება, მათი ფართო შესაძლებლობების გამო, მეტად მნიშვნელოვანია. მიწისქვეშა შეიძლება განლაგდეს სხვადასხვა ტიპისა და დანიშნულების ობიექტები, ამიტომ აუცილებელია გავითვალისწინოთ მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების გამოცდილება მიწისქვეშა სივრცეების მაღალი ტექნოლოგიებით ათვისების საქმეში.

თემის აქტუალობა - მე-20 საუკუნის მეორე ნახევარში, მთელს მსოფლიოში ძირეული ძვრები მოხდა მიწისქვეშა სივრცის ათვისებაში.

მეტად აქტუალური გახდა მიწისქვეშა სივრცის გამოყენება სხვადასხვა დანიშნულების ობიექტების განსათავსებლად. ამას მოწმობს უამრავი მაგალითი: მთელ რიგ მსოფლიოს მსხვილ ქალაქებში სწრაფი ტემპით მიმდინარეობს მიწისქვეშა ნაგებობების მშენებლობა.

ჩრდილო ამერიკაში, იაპონიასა და რუსეთში მეტროპოლიტენებთან ერთად წარმატებით მიმდინარეობს თანამედროვე არქიტექტურისთვის დამახასიათებელი მიწისქვეშა მრავალდონიანი და მრავალფუნქციური კომპლექსების მშენებლობა. საქალაქო გადატვირთვულ ავტოგზების, რკინიგზების ხაზების, ჩქაროსნული ტრასების ასევე კომუნალური საცხოვრებელი და სხვა დანიშნულების ობიექტების მიწისქვეშა სივრცეში გადატანით.

მსხვილ ქალაქებსა და მეგაპოლისებში მიწისქვეშა სივრცის ფართოდ გამოყენებისათვის აუცილებელია მიწისქვეშა სივრცის ათვისების მეთოდოლოგიის დამუშავება მაღალი ტექნოლოგიების გამოყენებით. მისი კანონზომიერებისა და სტრატეგიის განსაზღვრა. ამისათვის საჭიროა ამ საქმეში მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების გამოცდილებებისა და უკანასკნელი მიღწევების შესწავლა, როგორც პრაქტიკაში, ისე მეცნიერებაში. მიწისქვეშა დაგეგმარებაში ახალი თაობის ნაგებობების მშენებლობის გათვალისწინება. თანამედროვე არქიტექტურულ გადაწყვეტილებების ფართოდ გამოყენება, უსაფრთხოებისა და ეკოლოგიური ასპექტების გათვალისწინება რათა მინიმუმამდე იქნას შემცირებული ადამიანებისათვის მიწისქვეშა სივრცესათვის დამახასიათებელი განსაკუთრებული ფსიქოლოგიური მდგომარეობა.

ამრიგად მიწისქვეშა მშენებლობასთან დაკავშირებული საკითხები აქტუალურ საკითხს წარმოადგენს. სამუშაოთა მიზანია: მშენებლობის მაღალი ტექნოლოგიური მეთოდებისა და მიწისქვეშა სივრცის ათვისების ფორმირების ძირითადი პრინციპების დამუშავება.

## **სამუშაოს მენეჯერული სიახლე:**

- დამუშავებულია მიწისქვეშა სივრცის ათვისების, პროგრამის ფორმირების, ნორმატიული დოკუმენტაციის დამუშავების ძირითადი პრინციპები

- დამუშავებულია მეტროპოლიტენის სადგურის მშენებლობის ახალი ნახევრად დახურული ხერხი, მაღალი ტექნოლოგიის გამოყენებით და მრავალსართულიანი მიწისქვეშა ნაგებობების აგების უსაფრთხო ტექნოლოგია.

- დამუშავებულია ღია წესით მუშაობის პირებში ქვაბულის დამრეცი ფერდობების ღეროვანი გამაგრების მეთოდოლოგია და მიღებული გვაქვს ანალიტიკური დამოკიდებულება მასზე მოქმედ ძალების სიდიდეებს შორის.

შემოთავაზებული გვაქვს ანგარიში შემდეგი თანმიმდევრობით:

დადგინდეს სამაგრის მუშაობის პირობები მოცემულ გეოლოგიური პირობებისა და სამუშაოთა ტექნოლოგიების მიხედვით. დატვირთვათა შესაძლო შეხამებებისათვის შეირჩეს მისი საანგარიშო სქემა, ემპირული ფორმულით განისაზღვროს ანკერული ღეროების საჭირო სიგრძე. არმატურის დადგენილი ბიჯებისათვის შეირჩეს ნაშხეფბეტონის გარსის სისქე.

- დამუშავებულია მიწისქვეშა ერთთაღიანი ნაგებობის რაციონალური მოხაზულობის დადგენის მეთოდოლოგია სამთო-გეოლოგიური პირობების გათვალისწინებით.

- მცირე ჩაღრმავების მეტროპოლიტენის დამუშავებული ტექნოლოგიის გამოყენება მშენებარე ობიექტზე.

-ღეროვანი სამაგრის გაანგარიშების საინჟინრო მეთოდის გამოყენება საპროექტო ორგანიზაციებში.

## **ნაშრომის სტრუქტურა და მოცულობა:**

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება: შესავლის, ორი თავის, დასკვნებისა და გამოყენებული ლიტერატურის ნუსხისგან. ტექსტის . . . . გვერდს, მათ შორის .. . . ნახაზს და . . . ცხრილს.

## ნაშრომის აპრობაცია

დისერტაციის მასალები მოხსენებული იქნა:

- საქართველოს საავტომობილო-საგზაო ინსტიტუტის საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე, ქ. თბილისი 2009 წელს.
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის 78-ე დია საერთაშორისო კონფერენციაზე, ქ. თბილისი 2010 წელს.
- საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის სატრანსპორტო და მანქანათმშენებლობის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოს ორ სემინარზე.

## დისერტაციის ძირითადი შედეგები და ზოგადი დასკვნები

პირველ თავში მოყვანილია მიწისქვეშა სივრცის ათვისების პროცესის ანალიზი. მოცემულია საქართველოში მიწისქვეშა სივრცის ათვისების მაგალითები დაწყებული მე-3 საუკუნიდან ჩვენ წ. აღრ.(ნოქალაქევი) დღემდე. განხილულია მიწისქვეშა სივრცის ათვისების ისტორია და მისი განვითარების პროცესები. განსაკუთრებული ყურადღება დათმობილი აქვს მიწისქვეშა სივრცის ათვისების კანონზომიერებას თანამედროვე ეტაპზე.

მოყვანილია ბოლო წლებში ქ. თბილისში მიწისქვეშა სივრცის ათვისების მაგალითები.

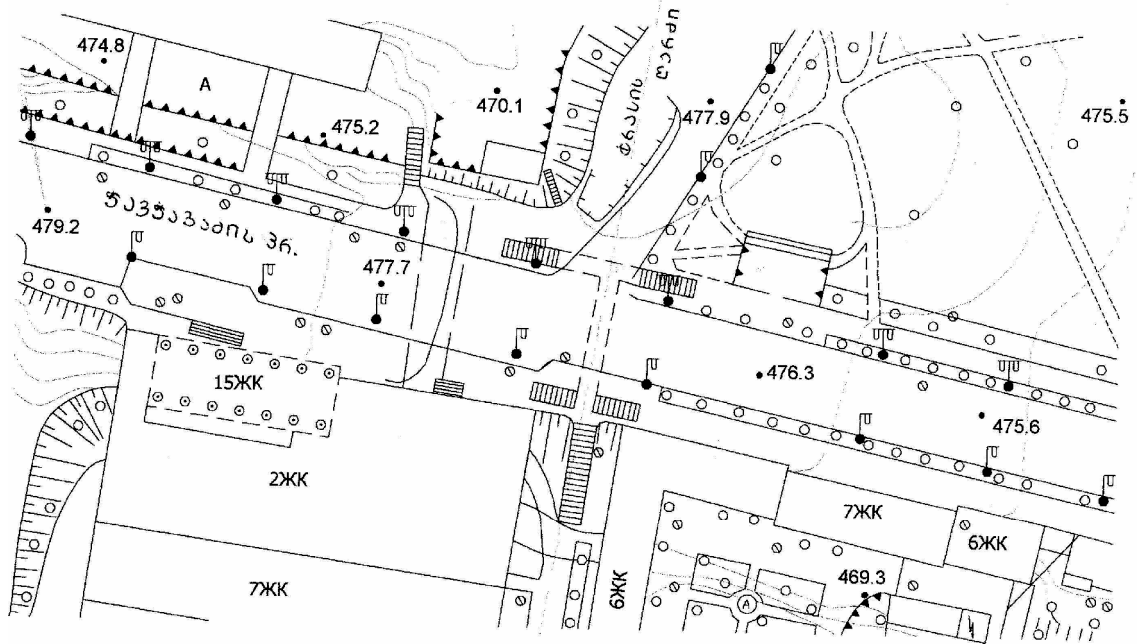
მეორე თავში განხილულია ქ. თბილისის მიწისქვეშა სივრცის ათვისების მდგომარეობა და პერსპექტივები. მოცემულია თბილისის მიწისქვეშა სივრცის ათვისების პროგრამის ფორმირების ძირითადი პრინციპები. წარმოდგენილია საქართველოსათვის მიწისქვეშა სივრცის ათვისების ნორმატიული დოკუმენტაციის დამუშავების ძირითადი საკითხები (ცხრ.1)

ცხრილი 1

№	მიწისქვეშა ობიექტის დასახელება	ქალაქების კატეგორია (მოსახლეობის მიხედვით) ათასი. კაცი				
		500	250-500	100-250	50-100	50
1	მეტროპოლიტენის აგება	+	-	-	-	-
2	სატრანსპორტო გვირაბები	+	+	-	-	-
3	საფეხმავლო გვირაბები	+	+	+	-	-
4	სარკინიგზო სადგურები	+	-	-	-	-
5	საავტომობილო სადგურები	+	-	-	-	-
6	ავტოფარეხები ავტოპარკები, ავტოსადგომები,	+	+	+	+	+
7	მსუბუქი ავტომ. სადგომები	+	+	+	+	+
8	სამრეცხაოები	+	-	-	-	-
9	ლომბარდები	+	+	+	-	-
10	გამჭირავებელი ობიექტები	+	+	+	-	-
11	წვრილმანი სახელოსნოები	+	+	+	-	-
12	აბანოები	+	+	-	-	-
13	საზოგ. ტუალეტები	+	+	+	+	+
14	ფოსტა, ტელეგრაფი, ტელეფ.	+	+	-	-	-
15	ტრანსპორტის სააგენტოები	+	+	-	-	-
16	კინოთეატრები	+	+	+	-	-
17	საკონცერტო დარბაზები	+	+	-	-	-
18	საგამოფენო დარბაზები	+	+	-	-	-
19	სპორტდარბაზები,საცურაო აუზი	+	+	-	-	-
20	მუზეუმები	+	+	+	+	+
21	ბიბლიოთეკა, არქივი	+	+	-	-	-
22	რესტორანი, კაფე. სასაუზმე	+	+	+	-	-
23	სავაჭრო ცენტრები, უნივერმაგები	+	+	+	-	-
24	ბაზრები	+	+	-	-	-
25	დახლები მიწ. გასასვლელებში	+	+	+	-	-
26	მილსადენები	+	+	+	+	+
27	კაბელები	+	+	+	+	+
28	კოლექტორები	+	+	+	+	+
29	ელექტრო ქვესადგურები	+	+			
30	რეზერვუარები, გამწოვი სადგ	+	+	+	+	+
31	სატრანსფორმატორო სადგური	+	+	+	-	-
32	ცენტრალური გათბობის პუნქტი	+	+	+	-	-
33	საქვაბუები	+	+	+	-	-

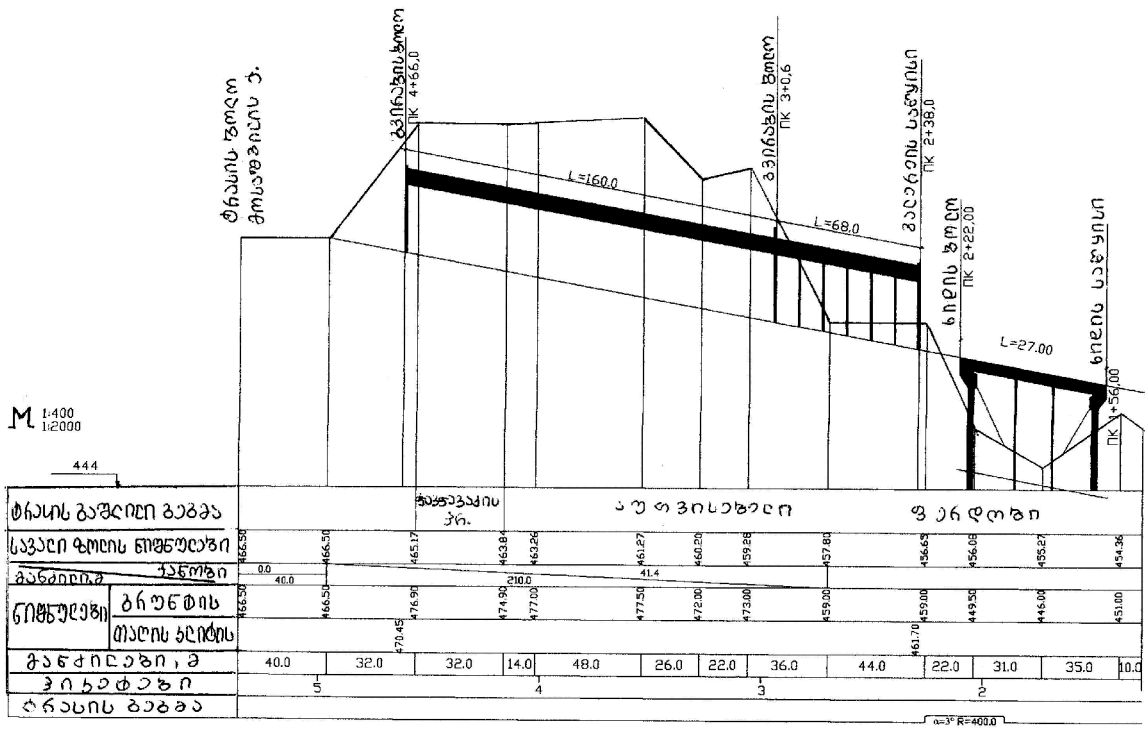
საქართველოს ქალაქებისათვის მიწისქვეშა ნაგებობის აგების დასაბუთება არ შეიძლება მხოლოდ მოსახლეობის სიმჭიდროვის მიხედვით. უცილებელია გავითვალისწინოთ ბუნებრივი ფაქტორები, უპირველეს ყოვლისა რელიეფი და გეოლოგიური პირობები, ასევე მშენებლობის ხასიათი.

მოცემულია მიწისქვეშა სივრცის ათვისების ზოგიერთი მაგალითები.

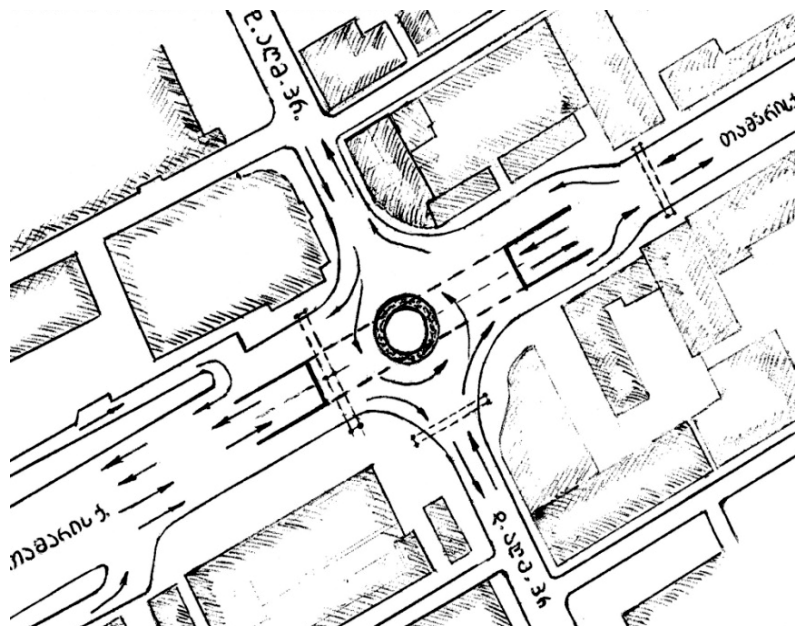


ნახ. 1 ვაკისა და საბურთალოს (დოლიძის ქუჩა) დამაკავშირებელი ავტოსატრანსპორტო გვირაბი





ნახ. 2 ვაკისა და საბურთალოს დამაკავშირებელი ავტოსატრანსპორტო გვირაბის გრძივი პროფილი



ნახ. 3. დავით აღმაშენებლის გამზ. და თამარ მეფის ქ. გადაკვეთა ორმხრივი გვირაბის გამოყენებით თბილისში (საპროექტო წინადადება, ინჟ. კ. მჭედლიშვილი)

ამავე თავში წარმოდგენილია მიწისქვეშა სივრცის მშენებლობის თანამედროვე ტექნოლოგიური სქემები და დიდი ჩადრმაგების თაღებისათვის რაციონალური მოხაზულობის შერჩევის მეთოდთა

ბოლო წლებში მიწისქვეშა სივრცის ინტენსიურად ათვისებამ განაპირობა გვირაბგამყვანი ტექნიკისა და ტექნოლოგიის სრულყოფა, ჩამოყალიბდა ახალი შეხედულებები მიწისქვეშა სამუშაოების წარმოებაზე, რომლებიც ეფუძნებიან გეოტექნიკური პროცესების მეცნიერულ საფუძვლებს, ამან განაპირობა ახალი მაღალი ტექნოლოგიების შექმნა, როგორცაა ახალი ავსტრიული (NATM) და ნორვეგიული (NTM) ხერხები.

რთულ საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებში (ძლიერ დაბზარული კლდოვანი ან ნახევრად კლდოვანი ქანები, მკვრივი ხრეშიანი გრუნტი) სატრანსპორტო მშენებლობაში, კერძოდ გვირაბმშენებლობაში გამოიყენება ორი ხერხი, რომლებიც გვირაბმშენებლობის განვითარების თანამედროვე ეტაპზე აკმაყოფილებენ „მაღალი ტექნოლოგიების“ მოთხოვნებს: ნორვეგიული (NTM) და ახალავსტრიული (NATM)

საჭიროა აღინიშნოს, რომ თავდაპირველად NATM-ი შეიქმნა როგორც სამუშაოთა წარმოების მეთოდი სუსტ ქანებში. თავის კლასიკურ ნაშრომში ხერხის ერთ-ერთი დამფუძნებელი ავსტრიელი პროფესორი რაბცევიჩი აღნიშნავს: „... დამუშავებულ იქნა გვირაბის გაყვანის ახალი მეთოდი ძირითადი არამდგრადი ქანებისათვის, სადაც გათვალისწინებულია გამონამუშევრის სტაბილიზაცია ანკერებით არმირებული თხელი ნაშხეფბეტონის სამაგრიტ, მისი რაც შეიძლება უკუთადით სწრაფად ჩაკეტვით. ამ ხერხს ეწოდა გვირაბის გაყვანის ახალავსტრიული მეთოდი“ NATM-ის მეთოდით სატრანსპორტო ნაგებობების მშენებლობისას იზრდება გაყვანის სიჩქარე (არანაკლებ 150 მ/თვეში) და საწარმოო პროცესის უსაფრთხოება, მცირდება ფინანსური დანახარჯები.

NATM-საგან განსხვავებით ნორვეგიული მეთოდი თავიდან დამუშავებულ იქნა მტკიცე ქანებში, ძლიერ დაბზარულ გრუნტში, გვირაბის გაყვანისათვის ბურღვა-აფეთქებითი სამუშაოების საშუალებით კომბინირებული სამაგრის გამოყენებით სხვადასხვა სისქის ნაშხეფბეტონისა და ანკერების სახით. გასული საუკუნის 90-იან წლებში მეთოდის გამოყენების საინჟინრო-გეოლოგიური პირობების დიაპაზონი

გაფართოვდა და ეს მეთოდი გამოიყენეს სუსტ არამდგრად გრუნტშიც. ამისთვის მასში შეიტანეს მცირედი ცვლილებები, მაგრამ ამან არ გაამართლა და ნორვეგიაში შემდგომში გამოიყენეს ფიბრონაშხეფეტონი ანკერებითა და არმატურის თაღებით.

ნორვეგიული ხერხის შემთხვევაში აქცენტი კეთდება პროექტის გეოლოგიური და გეოტექნიკური თვისებების აღწერაზე. დიდი მოცულობის მონაცემების ანალიზისა და სტატისტიკური დამუშავების შედეგად (1050 განსხვავებული კვეთის გამონამუშევრები სხვადასხვა საინჟინრო პირობებში) დამუშავდა რეკომენდაციები (ოფიციალური დოკუმენტის დონეზე) სამაგრის კონსტრუქციული გადაწყვეტილებების დასასაბუთებლად.

ნორვეგიის გეოტექნიკური ინსტიტუტის მონაწილეობით შესრულებულია დაწერილებითი გეოლოგიური კარტირება და ქანების კლასიფიკაცია, რის საფუძველზეც შემოთავაზებულია Q-ტესტირების მეთოდი.

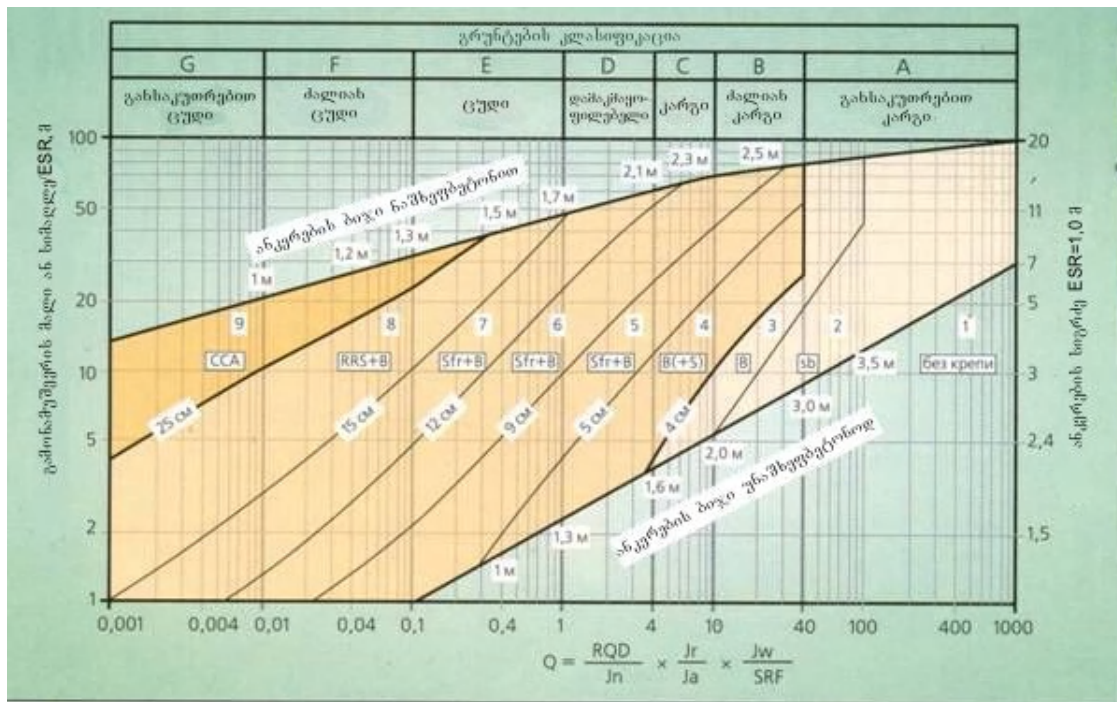
მეთოდის არსი შემდეგში მდგომარეობს: მასივის გრუნტის ხარისხის შესაფასებლად და შესაბამისად სამაგრის შესარჩევად გამოიყენება Q ემპირიული სისტემა, დაფუძნებული RQD-ზე (*Rock Quality Determination*) (ნახ. 1).

RQD კლასიფიკაციის შესაბამისად გრუნტის მასივის მდგომარეობა ფასდება ჭაბურღილის ბურღვის დროს კერნის გამოსვლით. თუ ქანი მდგრადია, ნაკლებია ბზარიანობა, ბლოკებად დაყოფა და მეტია კერნის გამოსავალი.

ამ მაჩვენებელს ემატება კიდევ ხუთი პარამეტრი: გრუნტის მასივის ბზარების ხარისხი ( $J_n$ ); ბზარების ამომვსები მასალა ( $J_r$ ); შეუკვრელი გრუნტის მაჩვენებლები და პირობები; „სამაგრი-გრუნტის მასივის“ პირობები კონტაქტზე ( $J_a$ ); გაწყლოვანების ხარისხი და წყლის წნევა ( $J_w$ ); მასივის საწყისი დაძაბულობა (SRF) ყველა ამ პარამეტრს გააჩნია 10-დან 17-მდე რაოდენობრივი მაჩვენებელი.

Q სიდიდე იანგარიშება ფორმულით:

$$Q = RQD / J_n \times J_r / J_a \times J_w / SRF \quad (1)$$



ნახ. 4 გვირაბის მშენებლობის ნორვეგიული  $Q$  სისტემა:  
 1 გამაგრების გარეშე; 2 ერთეული ანკერები; 3 ანკერების სისტემა;  
 4 ნაშეფბეტონი, ანკერების სისტემა; 5-7 ლითონის ფიბრებით არმირებული  
 ნაშეფბეტონი; 8 ლითონის ფიბრებით არმირებული ნაშეფბეტონის, ლითონის  
 კამარები; 9 წინმსწრები სამაგრი, ლითონის ფიბრებით არმირებული ნაშეფბეტონი;  
 ანკერების სისტემა; არმატურის კამარები.

$Q$ -ს მნიშვნელობა შეიძლება იყოს 0.0001-დან ძლიერ დაუსტებელი, საწყისი ძაბვების ველის მაღალი გრადიენტის მქონე გრუნტებისათვის, 1000-მდე მაგარი კლდოვანი მასივებისათვის ბზარების გარეშე.

სამაგრის კონსტრუირებისათვის გადაწყვეტილების მისაღებად მაღის სიდიდე, ან გამონამუშევრის სიმაღლე კორექტირდება  $ESR$  მაჩვენებელზე გაყოფით (ნახ.4.). ეს სიდიდე მიიღება მიწისქვეშა ნაგებობის საექსპლუატაციო უსაფრთხოების დონის შესაბამისად. ასე, მაგალითად, მიწისქვეშა ატომური ელექტროსადგურებისათვის, სარკინიგზო სადგურებისათვის, მაგისტრალური გაზსადენებისათვის იგი მიღებულია 0.5-0.8 სიდიდის ტოლი, ავტოსაგზაო და სარკინიგზო გვირაბებისათვის მაგისტრალურ ტრასებზე რეკომენდებულია – 0.9-10, ხოლო მეორეხარისხოვან ტრასებზე და დამხმარე გამონამუშევრებისათვის 1.2-1.3.

ახალავსტრიული მეთოდის შემთხვევაში გრუნტის მასივის მდგრადობის საკითხი, გამონამუშევრის გახსნის სქემები, დროებითი

სამაგრის კონსტრუქცია და მუდმივი სამაგრის აგების ადგილის ჩამორჩენა დამოკიდებულია მონიტორინგზე გვირაბის გაყვანისას. მეთოდი, სრულად ახდენს რა სამთო წნევის მართვის პრინციპების რეალიზებას, საშუალებას იძლევა, შემცირდეს სამაგრზე გადაცემული დატვირთვების სიდიდე. აქ უნდა აღინიშნოს, რომ გვირაბგაყვანი სამუშაოების შესრულება მოითხოვს არამარტო წარმოების მაღალ კულტურას, თანამედროვე გვირაბგამყვანი აღჭურვილობის გამოყენებას და გაზომვის საიმედო საშუალებებს, არამედ ტექნიკური პერსონალისაგან გეომექანიკურ პროცესებზე, სისტემის “სამაგრი გრუნტის მასივის“ ელემენტების ურთიერთქმედების მექანიზმის შესახებ გარკვეულ ცოდნასაც.

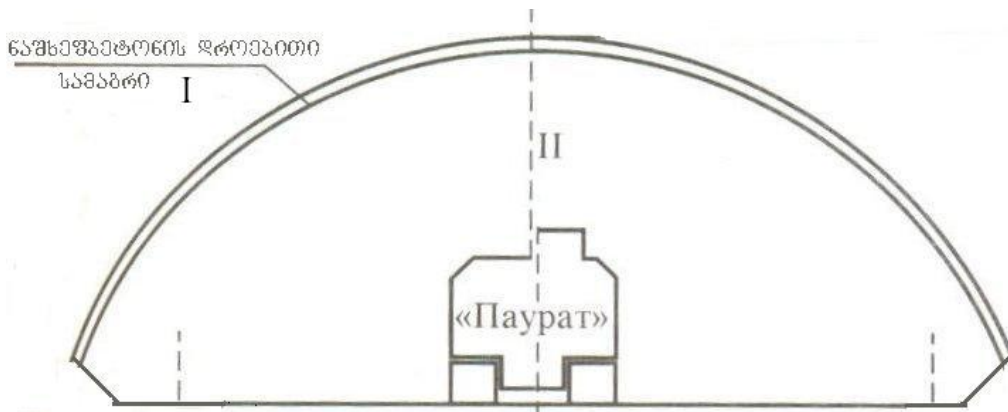
ნორვეგიული მეთოდის შემთხვევაში სამთო მასივის ხარისხის შესაფასებლად და დროებითი სამაგრის ტიპის შესარჩევად იყენებენ ემპირიულ სისტემას. სამაგრის კონსტრუქციული პარამეტრები პრაქტიკულად დეტერმინირებულია ამ განზოგადებული კრიტერიუმით, რომელიც თვისობრივად წარმოდგენილია გამონამუშევრის შემცველი სამთო მასივის თვისებების დამახასიათებელი მრავალრიცხოვანი ფიზიკურ-მექანიკური მაჩვენებლებით (მონიტორინგი სრულდება მხოლოდ განსაკუთრებულ შემთხვევებში). აქედან გამომდინარეობს, რომ NATM წარმოადგენს არა გვირაბის აგებს ხერხს, არამედ გვირაბის გაყვანის კონკრეტულ საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებში მხოლოდ სამაგრის პარამეტრების განმსაზღვრელი მეთოდის ერობლიობას. რაც უფრო ხელსაყრელია ეს პირობები, მით მეტი ეფექტიანობით შეიძლება მეთოდიკის რეკომენდაციების რეალიზება.

(NTM) გამოყენებისას განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს გრუნტების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების სრული პასპორტის შედგენას.

სამთო სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობაში ახალავსტრიული მეთოდი (NATM) გამოიყენება 1964 წლიდან, მეტრომშენებლობაში – 1968-დან.

გვირაბის აგების ახალავსტრიული ხერხის ძირითადი არსი მდგომარეობს შემდეგში: მიწისქვეშა გამონამუშევარს თავიდან ამაგრებენ დეფორმირებადი ჩაკეტილი კონტურის მქონე პირველადი სამაგრით,

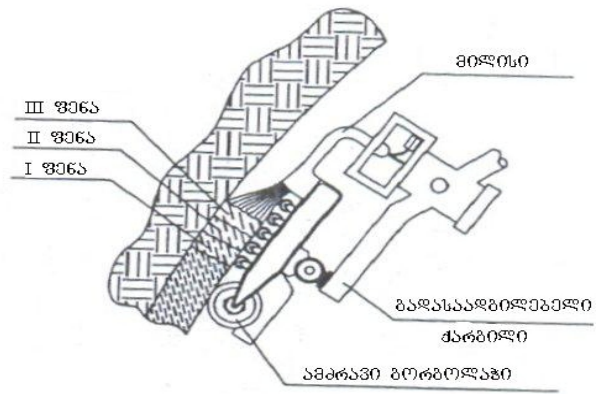
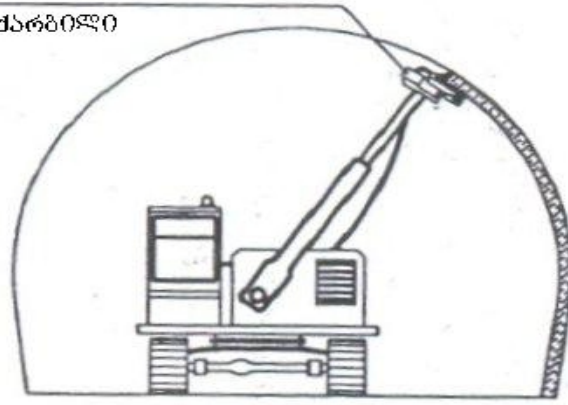
რომელიც მჭიდროდ ეკვრის ქანს და სამაგრი და სამთო მასივი განიხილება, როგორც ერთიანი პირველადი (დროებითი) გამონამუშევრის მზიდი სისტემა (ნახ.5) ხოლო მას შემდეგ, რაც სამთო წნევა და გამონამუშევრის კონტურის დეფორმაციები სტაბილიზდება, გვირაბის მთელ პერიმეტრზე ამოჰყავთ მეორადი სამაგრი, რომელიც აძლიერებს პირველად სამაგრს.



**ნახ.5 ერთიანი გამონამუშევრის მშენებლობის ეტაპები:**  
**I- გრუნტის დამუშავება NATM-ის ტექნოლოგიით;**  
**II- პირველადი ნაშხეფებეტონის სამაგრი.**

ჩვეულებრივ პირველადი სამაგრი წარმოადგენს ნაშხეფებეტონის საფარს, რომელიც არმირებულია ლითონის ბადით და ჩამაგრებულია ქანში მოკლე კონსტრუქციული ანკერებით ან ეყრდნობა ლითონის თაღებს, რომელთა დანიშნულებაა სამაგრის სამთო მასივთან მუშაობაში ჩართვა და მასივის მზიდუნარიანობის მაქსიმალური შენარჩუნება, მასივის განტვირთვა. ე. ი. იქმნება დამყოლი გარსი (სამაგრი), რომელსაც დანგრევის გარეშე დეფორმირების და კონტურზე წარმოქმნილი ძაბვებისადმი მდგრადობის უნარი შესწევს. ასეთი გარსი ამაგრებს გამონამუშევრის კონტურს, მასთან ერთად დეფორმირდება და გამორიცხავს ქანის ჩამოშლას.

ბაღასანაღბილეპელი  
ქარბილი



ნახ. 6 გამონამუშევრის სწრაფი დაბეტონება. ა- ნაშეფბეტონის დანადგარი; ბ- ქარგილის საერთო ხედი

ნაშეფბეტონის გამონამუშევრის გამაგრებას გააჩნია მთელი რიგი უარყოფითი თვისებები, როგორცაა: ატმოსფეროს დამტვერიანება სამუშაოთა წარმოების ადგილას, ბეტონის ნარევის ასხლეტვა და სხვა.

ამ ნაკლოვანებების გამოსწორების მიზნით ჩვენს მიერ შემოთავაზებულია სპეციალური ქარგილის სდ (სწრაფი დაბეტონება) გამოყენება. ქარგილი მოძრაობს გამონამუშევრის განივი კვეთის წრესაზზე (ნახ 6). ბეტონის ჩაწყობა ხდება ხორკლიანი გამონამუშევრის ზედაპირსა და ქარგილს შორის სივრცეში, რის შედეგად გამონამუშევრის კონტურზე წარმოიშვება გლუვი ზედაპირის მქონე თხელი სამაგრი ოპტიმალური სიდიდით (მასივში ჩამონგრევის თადის ფორმირებამდე). გამონამუშევრის გაყვანისას საჭიროა მონიტორინგის განხორციელება სისტემა „სამაგრი-მასივი“ დაძაბულ მდგომარეობაზე.

ცნობილია ნაშეფბეტონის დატანა ორი ტექნოლოგიით „მშრალი“ და „სველი“. პირველის გამოყენების საწყისი მიეკუთვნება მე-20 საუკუნის 50-იან წლებს, მეორესი კი 70-იან წლებს. მსოფლიოში ბოლო წლებში

სულ უფრო ფართოდ გამოიყენება „სველი დაბეტონება“. XX საუკუნის 90-იანი წლების ბოლოს ნაშხეფბეტონის 70 % დაიტანებოდა „სველი“ ხერხით.

„სველი“ ხერხის დადებითი მხარეებია: შემადგენელი კომპონენტების ზუსტი დოზირება, რაც ბეტონის საანგარიშო მახასიათებლების მაღალი მნიშვნელობების მიღების საშუალებას იძლევა, ნაკლებად დამოკიდებულია შემსრულებელთა კვალიფიკაციაზე, მთელი რიგი პარამეტრების ადგილზე რეგულირების საშუალებას იძლევა. „სველი“ ტექნოლოგია ძირითადი უარყოფითი მხარეა ძვირად ღირებული დანადგარების აუცილებლობა.

ბოლო დროს ნაშხეფბეტონის შემადგენლობაში გამოიყენება ფიბრები, რომელიც არმატურის ფუნქციას ასრულებს. ამით იზრდება წინაღობა გაჭიმვაზე.

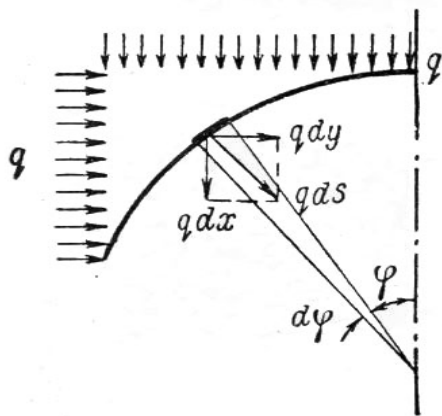
დიდი ჩაღრმავების თაღის ძირითად სამშენებლო მასალას ბეტონი და რკინაბეტონი წარმოადგენს. როგორც ცნობილია ბეტონი ცუდად მუშაობს გაჭიმვაზე. ბეტონისა და რკინაბეტონის ექსპლუატაციის პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ბეტონის გაჭიმულ ზონაში როგორც წესი წარმოიშვება ბზარები. გვირაბის სამაგრის მუშაობის პირობებიდან გამომდინარე კი ბზარების გაჩენა მის კონსტრუქციაში დაუშვებელია. ამიტომ დიდი ნიშნელობა ენიჭება საკითხს სამაგრისათვის მუშაობის საუკეთესო პირობების უზრუნველსაყოფად მისი რაციონალური მოხაზულობის პოვნას.

საერთოდ მიღებულია, რომ თაღის ღერძს მოხაზულობა ჩაითვალოს რაციონალურად თუ ის ემთხვევა მუდმივი ტვირთით გამოწვეულ წნევის მრუდს.

თაღის დედამიწიდან დიდი ჩაღრმავების შემთხვევაში ითვლება, რომ ვერტიკალური და ჰორიზონტალური დატვირთვები არის ერთმანეთის ტოლი ინტენსივობის, თანაბრად განაწილებული დატვირთვა, რომელიც უახლოვდება რადიანულად მიმართულების თანაბრად განაწილებულ დატვირთვას. ამ შემთხვევაში თაღის რაციონალური მოხაზულობა ემთხვევა წრიულს, ან მასთან მიახლოებულ რკალის ფორმას. (იხ.ნახ. №1)

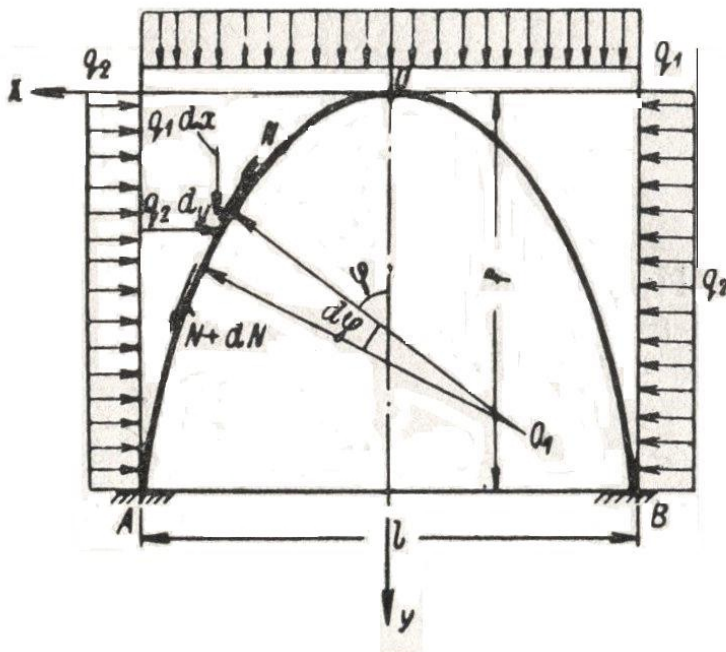
ამ შემთხვევაში რკალის ელემენტარულ  $ds$  ფართობზე მოქმედი ძალის ტოლქმედი გამოითვლება  $dp = q\sqrt{dx^2 + dy^2} = qds$





ნახ 7 თაღის დატვირთვის სქემა

მაგრამ გვირახმშენებლობის პრაქტიკიდან ცნობილია რომ სამთო ვერტიკალური წნევა ყოველთვის მეტია ჰორიზონტალურზე, რის გამოც თაღის ღერძის რაციონალური მოხაზულობა არ ემთხვევა წრიულ რკალს. გადახრა მოხაზულობიდან მით მეტია, რაც მეტია მათ შორის განსხვავება.



ნახ 8 თაღის ელემენტზე ძალების მოქმედების სქემა

გამოვიყვანოთ სამსახსირანი თაღის წნევის მრუდი, თაღის რაციონალური მოხაზულობის ამსახავი ფორმულა. წარმოვიდგინოთ, რომ სამსახსირან თაღზე  $q_1$  ინტენსივობით მოქმედებს თანაბრად

განაწინებული ვერტიკალური დატვირთვა და  $q_2$  ინტენსივობის თანაბრად განაწილებული ჰორიზონტალური დატვირთვა. თუ თაღის კვეთი ემთხვევა წნევის მრუდს, მაშინ კვეთის ცალმხარეს მოქმედი ძალების ტოლქმედი იქნება მრუდის მხები. თუ თაღის ღერძს ექნება პარაბოლის ფორმა თაღის კვეთები იმუშავებს მხოლოდ კუმშვაზე. თაღიდან გამოვეყოთ მცირე ელემენტი  $ds$  და შევადგინოთ წონასწორობის განტოლება მასზე მოქმედ ძალებზე. დავაგეგმილოთ ძალები  $x$  და  $y$  ღერძებზე ჩავთვალოთ რომ თაღის სისქე უსასრულოდ მცირეა.

$$- N \cos \varphi + (N + dN) \cos(\varphi + d\varphi) + q_2 dy = 0; \quad (2)$$

$$N \sin \varphi - (N + dN) \sin(\varphi + d\varphi) + q_1 dy = 0; \quad (3)$$

სადაც  $N$  არის ძალების ტოლქმედი მიმართული კვეთის ღერძის მხებად.

სადაც  $\varphi$  არის მხების დახრა  $x$  ღერძთან

$q_1$ - ვერტიკალური დატვირთვის ინტენსივობა

$q_2$ - ჰორიზონტალური დატვირთვის ინტენსივობა

რადგანაც

$$\sin(\varphi + d\varphi) = \sin \varphi + \cos \varphi d\varphi \quad (4)$$

$$\cos(\varphi + d\varphi) = \cos \varphi - \sin \varphi d\varphi \quad (5)$$

ამ განტოლებებიდან მივიღებთ

$$- N \sin \varphi d\varphi + dN \cos \varphi + q_2 dy = 0 \quad (6)$$

$$- N \cos \varphi d\varphi - dN \sin \varphi + q_1 dx = 0 \quad (7) \quad \text{ანუ} \quad d(N \cos \varphi) + q_2 dy = 0 \quad (8)$$

$$- d(N \sin \varphi) + q_1 dx = 0 \quad (9)$$

და ამ განტოლების ინტეგრირებით მივიღებთ

$$N \cos \varphi = -q_2 y + C_1 \quad (10)$$

$$- N \sin \varphi = -q_1 x + C_2 \quad (11)$$

როცა

$$X = 0, y = 0, \sin \varphi = 0, \varphi = 0, \text{ გვაქვს კლიტის კვეთი } C_2 = 0$$

$$\text{კლიტეში } N_1 = N_0 \text{ და } C_2 = 0$$

მივიღეთ

$$N \cos \varphi = -q_2 y + N_0 \quad (12)$$

$$N \sin \varphi = q_1 x \quad (13)$$

იმის გათვალისწინებით რომ

$$\frac{\sin \varphi}{\cos \varphi} = \operatorname{tg} \varphi = \frac{dy}{dx} \quad (14)$$

შეიძლება ვიპოვოთ

$$\frac{dy}{dx} = \frac{q_1 x}{-q_2 y + N_0} \quad (15)$$

$$(-q_2 y + N_0) dy = q_1 x dx \quad (16)$$

ინტეგრირებით მივიღებთ

$$\frac{-q_2 y^2}{2} + N_0 y = q_1 \frac{x^2}{2} + C_3 \quad (17)$$

$$X = 0, y = 0, C_3 = 0$$

$$\frac{-q_2 y^2}{2} + N_0 y = q_1 \frac{x^2}{2} \quad (18)$$

$N_0$  გამოითვლება პირობიდან, როცა  $x = \frac{l}{2}$   $y = f$

$$\frac{-q_2 f x^2}{2} + N_0 y = q_1 \frac{l^2}{8} \quad (19)$$

$$N_0 = q_1 \frac{l^2}{8f} + q_2 \frac{f}{2} \quad (20)$$

თუ შემოვიტანთ აღნიშვნას  $\frac{q_1}{q_2} = m$ -ს მივიღებთ განტოლებას

$$-y^2 + \left(m \frac{l^2}{4f} + f\right)y = mx^2 \quad (21)$$

ამ განტოლებაში თუ შევითანოთ  $y$ -ის მნიშვნელობებს, გამოვითვლით შესაბამის  $x$ -ის მნიშვნელობებს

$f$ -ს თაღის აწელობის სიარი

$$m = \frac{q_1}{q_2}, l - \text{თაღის მალი}$$

თაღის რაციონალური მოხაზულობა თანხვედრაში უნდა იყოს გაბარიტთან.

პროგრამული უზრუნველყოფით თაღის მრავალი წერტილისათვის კორდინატების მიხედვით ვპოულობთ კონკრეტულ შემთხვევისათვის სამაგრის რეღმის რაციონალური მოხაზულობას.

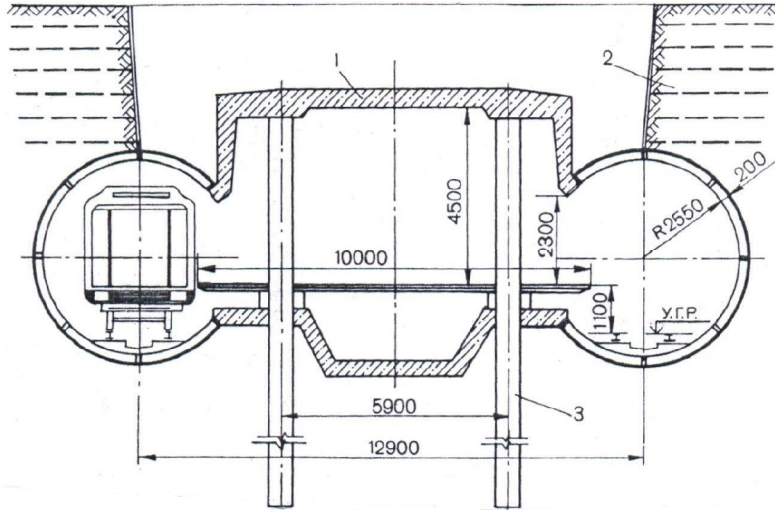
წარმოდგენილი მცირე ჩაღრმავების მეტროპოლიტენის მაღალი ტექნოლოგიებით მშენებლობის კონცეფცია (ნახ 9), საშუალებას იძლევა ერთდროულად გამოვიყენოთ მშენებლობის ორივე ხერხი ერთდროულად, ღია და დახურული. და ასეთ ხერხს ვუწოდოთ „ნახევრად დახურული.“

ამ შემთხვევაში გადასარბენი გვირაბები და სალიანდაგო გვირაბები სადგურის ფარგლებში აიგება დახურული ხერხით, ხოლო სადგურის ნაგებობა კი ამ გვირაბებს შორის ღია ქვაბულში, რასაც მინიმუმამდე დაყავს ღია ხერხით აგების უარყოფითი თვისებები.

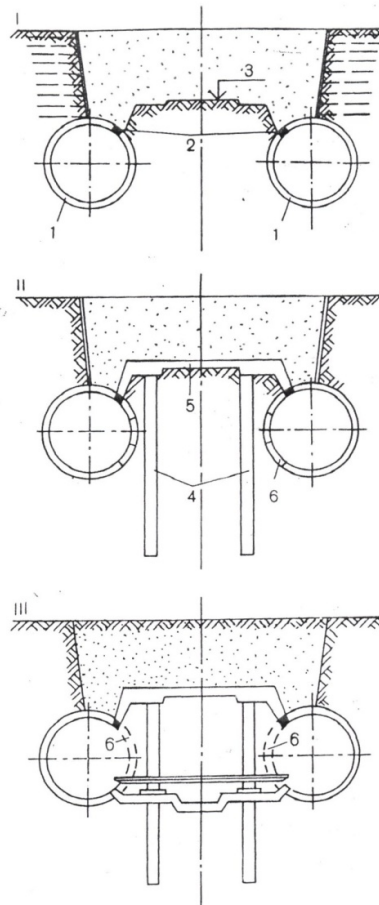
ამ შემთხვევაში სადგურის აგება მიმდინარეობს შემდეგი თანმიმდევრობით: (ნახ 9) გაიყვანება სადგურის სალიანდაგო გვირაბები, რომელთაც სამაგრის ერთი ხაზის რგოლში ამონტაჟებენ კლიტის ელემენტებს, შემდგომში სადგურის გადახურვის ჭერამდე მუშავდება ქვაბული ამ გვირაბებს შორის.

ამ ნიშნულიდან იბურდება ჭაბურღილები და ბეტონდება ხიმინჯ-კოლონები, ნაბურღ-ნატენი ხიმინჯების მოწყობის შემდეგ სადგურის ქვაბულის პირას ამუშავებენ ორ ტრანშეას საგზაო გვირაბის სამაგრამდე და იწყებენ მონოლითური რკინა ბეტონის გადახურვას. ამ ტრანშეების სიგანე საკმარისი უნდა იყოს, რათა შესაძლებელი გახდეს ფილის კონსოლური ნაწილის დაბეტონება და შემდგომში მისი საგზაო გვირაბის სამაგრთან მისი გამონოლითებისათვის სამუშაოთა წარმოება.

მას შემდეგ, რაც გადახურვის ფილის ბეტონი მიაღწევს საპროექტო სიმტკიცეს, აწყობენ ჰიდროიზოლიაციას, გრუნტის უკუჩაყრას, აღადგენენ საგზაო ფენილს და შესაძლებელი ხდება საქალაქო ტრანსპორტის მოძრაობა სადგურის მშენებლობის ტერიტორიაზე.



ნახ. 9 საღეურის კონსტრუქცია ნაბურღ-ნატენი ხიმიჩხ –კოლონებით.  
 1 - მონოლითური რკინაბეტონის გადახურვა; 2 - ღეროვანი სამაგრი;  
 3 -ნაბურღ-ნატენი ხიმიჩხი;



ნახ. 10 ნაბურღნატენი ხიმიჩხკოლონიანი საღეურის აგების თანმიმდევრობა

1 სადგურის საგზაო გვირაბი; 2 კლიტის ელემენტები; 3 ნიშნული, რომელიც შეეფარდება სადგურის გადახურვის ძირს; 4 ხიმინჯ კოლონები; 5 მონოლითური გადახურვა; 6

დროებითი შევსების ელემენტები.

ღარის ფილის და ბაქნის მოწყობას აწარმოებენ 6 მეტრი სიგანის რგოლებით, ღია განივი საკნიდან, განლაგებული სასადგურო კომპლექსის ტორსში, სადაც განლაგებულია დანადგარები, რომლებიც უზრუნველყოფენ გვირაბგამყვანი და სამონტაჟო სამუშაოების მსვლელობას.

ჩვეულებრივ საინჟინრო-გეოლოგიურ პირობებში ქვაბულის ხერხით მშენებლობისას უპირატესობა ენიჭება ქვაბულის კედლების გამაგრებას ხიმინჯებით, გამბრჯენების დაყენებით ან ანკერებით. ამგვარ სამაგრებს გააჩნიათ მთელი რიგი ნაკლოვანებები: ლითონის დიდი ხარჯი, შრომატევადობა, რთული მანქანა-მექანიზმების გამოყენება, გამბრჯენებით ქვაბულის გადახერგვა, ხმაური გამოწვეული ხიმინჯების ჩასობისას, ვიბრაცია და სხვა.

ზემოთ აღნიშნულმა განაპირობა ახალი ტექნოლოგიური და კონსტრუქციული გადაწყვეტილება სამაგრის ახალი ტიპის ღეროვანის შექმნა და მისი გაანგარიშების მეთოდების დამუშავება.

ამ სამაგრის გაანგარიშება მდგომარეობს ამ არმირებული გრუნტის ფენის, როგორც ერთიანი კონსტრუქციის შიდა და გარე მდგომარეობის მდგრადობის განსაზღვრაში. ამ სამაგრის შიდა მდგრადობას განაპირობებს გამჭიმავი ძაბვების გრუნტში ჩაანკერებულ არმატურის ღეროებზე სრულად გადაცემა.

ქვაბულის დაანკერებული ფერდის მდგრადობა შეიძლება ასე ჩაიწეროს:

$$T_{\Sigma} = nE \quad (23)$$

სადაც  $T_{\Sigma}$  არის გამჭიმავი ძაღვების ჯამური სიდიდე, რომელსაც იღებს თავის თავზე არმატურის ყველა ღერო.  $E$  არის ყველა შიდა ძაღვების ჯამური სიდიდე, რომელიც მოქმედებს არმირებულ მასივზე.  $n=1.5$  არის მარაგის კოეფიციენტი.  $i_0$  არმატურის ღეროზე მოსული ძალა, თუ მხედველობაში მივიღებთ მის ერთობლივ მუშაობას გრუნტთან და გამოვრიცხავთ გრუნტთან შესაძლო სრიალის ხახუნს, შეიძლება განისაზღვროს ფორმულით:

$$T_i = 2\pi R \tau_i^h l + \Delta T_i \quad (24)$$

სადაც  $\pi R$  არის არმატურის ღეროს პერიმეტრი,  $\tau_i^h$  მხები ძაბვა, რომელიც აღიძვრება ღეროს გარშემო,  $h_i$  სიღრმეში.  $\Delta T_i$  ძაღვების ნახარდი გამოწვეული არმატურის დახრილობით.

ძაბვები  $i_0$  შორის ანკერულ ღეროებში, განისაზღვრება იმ პირობიდან, რომ ვერტიკალური ძაღვები თანაბრად ნაწილდება გრუნტის მასივში.

$$T_i = \pi R l (\gamma_1 h_1 + P_1) (2f \cos \alpha + \sin \alpha) \quad (25)$$

სადაც  $\gamma_1$  - არის არმირებული გრუნტის მასის მოცულობითი წონა.  $h_1$  განსახივეი სერტილის ჩაღრმავების სიღრმე.  $P_1$  არის ქვაბულის ფერდზე მოსული დატვირთვა არმირებულ ზონაში.  $\alpha$  - არმატურის დახრის კუთხე.  $f$  - არის ფოლადის გრუნტის ხახუნის კოეფიციენტი.

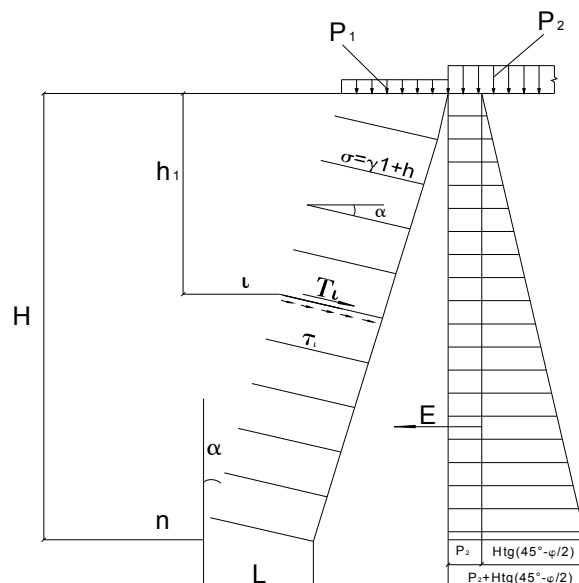
ამრიგად ჯამური ძალა მოსული ყველა ღეროზე იქნება:

$$T_a = \pi R l (2f \cos \alpha + \sin \alpha) \sum_{i=0}^n (\gamma_1 h_1 + P_1) \quad (26)$$

არმირებულ მასივზე მოქმედი გარე ჯამური ძალა ( $E$ ) წარმოდგენილი გამტოლებაში (1) მარჯვენა მხარეს შეგვიდძლია გამოვსახოთ გრუნტის დაწოლის და დროებითი დატვირთვის  $P_2$  ტოლქმედის სახით:

$$E = \int_0^H \sigma_z dh \quad (27)$$

სადაც  $\sigma_z$  - გრუნტის კორიზონტალური დაწოლაა, დროებითი დატვირთვის გათვალისწინებით.



ნახ. 11 ღეროვანი სამაგრის საანგარიშო სქემა

მე-5 განტოლებაში გამოსახულება  $\sigma_r$  და  $h$  მიხედვით ინტეგრირების შედეგად მივიღებთ:

$$E = \left( \frac{Y_2 H^2}{2} + P_2 H \right) K_\alpha \quad (28)$$

სადაც  $Y_2$ - ქანის მოცულობითი წონაა არმირებული მასივის გარეთ;  $K_\alpha = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ - გვერდითი გვერდითი წნევის კოეფიციენტი. განტოლება (23) ამოხსნის შედეგად, იმის გათვალისწინებით, რომ ღეროები ქვაბულის ფერდობზე განლაგებულია ბიჯით ვერტიკალური მიმართულებით  $a$  და ჰორიზონტალური მიმართულებით  $b$  და იმის დაშვებით, რომ დატვირთვები ღეროებზე ნაწილდება თანაბრად, საბოლოოდ მივიღებთ ღეროების სიგრძის გამოსათვლელ ფორმულას.

$$L_{\text{არმირების}} = \frac{n \left( \frac{Y_2 H}{2} + P_2 \right) \lambda a b}{\pi R (2f \cos \alpha + \sin \alpha) \sum_{i=1}^n (Y_1 h_1 + P_1)} \quad (29)$$

$n$ - მარაგის კოეფიციენტი;

$Y_2$ - ქანის მოცულობითი წნევა არმირებული ზონის გარეთ;

$H$ - ქვაბულის სიმაღლე;

$P_2$ - დროებითი დატვირთვა;

$\lambda = \operatorname{tg}^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})$ - გვერდითი წნევის კოეფიციენტი;  $\varphi$ - ქანის შიგა

ხახუნის კუთხე.

$R$ - ღეროს რადიუსი;

$f$ - ლითონის ქანთან ხახუნის კუთხე;

$\alpha$ - ღეროების დახრის კუთხე;

$Y_1$ - ქანის მოცულობითი წონა არმირებული ზონის ფარგლებში;

$h_1$ - განსახილველი წერტილის სიღრმე;

$P_1$ - დროებითი დატვირთვა.

ჩვენ მიერ დაარმირებული ღეროს სიგრძის განმსაზღვრელი ფორმულა საშუალებას იძლევა გრუნტის პარამეტრების -  $Y_1$ ,  $Y_2$  და  $\varphi$ , აგრეთვე დროებითი დატვირთვების  $P_1$  და  $P_2$  დაშვებით და მასში დანარჩენი პარამეტრების, როგორცაა ბიჯი ვერტიკალური და ჰორიზონტალური მიმართულებით და ღეროს დახრის კუთხე, შეიძლება მივიღოთ მისი ოპტიმალური სიგრძე.



დამუშავებული მეთოდის მიხედვით ჩატარებულია ქვაბულის ფერდობის მდგრადობის საანგარიშო თეორიული ანალიზი თბილისის მეტროპოლიტენის პირობებისთვის.

დამუშავებულია მეთოდიკა და გამოყენილია ანალიზური დამოკიდებულებები ღეროვანი სამაგრის გასაანგარიშებლად.

შემოთავაზებულია გაანგარიშების შემდეგი თანმიმდევრობა: ღეროვანი სამაგრის მუშაობის პირობების დადგენა, დამოკიდებული გეოლოგიურ პირობებზე და სამუშაოთა წარმოების ტექნოლოგიაზე; დატვირთვების შესაძლო შეხამებიდან გამომდინარე საანგარიშო სქემის დაზუსტება; დამაარმირებელი ღეროების სიგრძის დადგენა; ნაშეფხვტონის ფენის შერჩევა გამომდინარე ღეროების ბიჯის სიდიდიდან.

შემუშავებულია დიდი ჩაღრმავების გვირაბის სამაგრის რაციონალური მოხაზულობის დადგენის მეთოდი. გამოყენილია ანალიზური დამოკიდებულება.

მრავალსართულიანი მიწისქვეშა სატრანსპორტო კომპლექსების და სხვა დანიშნულების ნაგებობების მშენებლობა ხდება ძირითადად ქალაქის ცენტრალურ რაიონებში, სადაც მდებარეობს კაპიტალური ისტორიული შენობები, არის საქვეითო და სატრანსპორტო საშუალებათა ინტენსიური მოძრაობა, აგრეთვე დიდია საინჟინრო კომუნიკაციებისა და ქსელების რაოდენობა.

ასეთი ობიექტების აგების დროს, როგორც წესი, გამოიყენება ქვაბულის, ან ჩასაშვები ჭების ხერხები მიწის ზედაპირის მთლიანი ან ნაწილობრივი გახსნით, რაც იწვევს მიწის ზედაპირზე არსებული პირობების სერიოზულ ცვლილებას.

ქვემოთ მოყვანილი ტექნოლოგია ითვალისწინებს სამუშაოების წარმართვას დახურული წესით, რაც შესაძლებლობას იძლევა მინიმუმამდე დავიყვანოთ ქალაქში გარემოს ცვლილება. სამშენებლო სამონტაჟო პროცესები წარმართება შემდეგი ტექნოლოგიური თანმიმდევრობით (ნახ. 11).

უპირველეს ყოვლისა მომავალი ნაგებობის ტორსში გაჰყავთ ორი მართკუთხა ჭაური, რომელთა კედლები შპუნტით ან ხიმინჯებით მაგრდება. მათი ჩაშვების სიღრმე განისაზღვრება ნაგებობის ძირის ნიშნულით. გრუნტის მოცილება და იარაღის მიწოდება ხდება ბადიით.

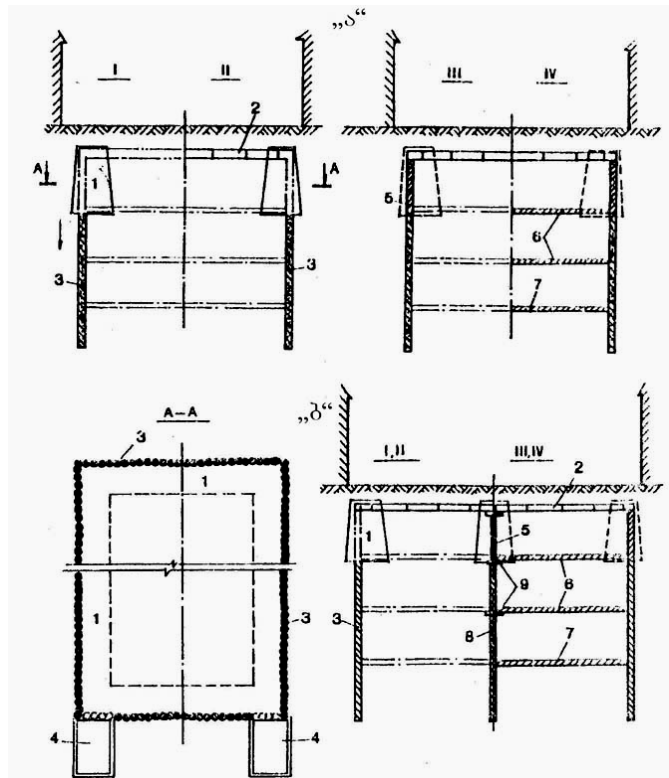
ჭაურებიდან ნაგებობის პერიმეტრზე გაჰყავთ მართკუთხა ან ტრაპეციული კვეთის წოლხვრელი, რომელსაც ამაგრებენ ხის ან ლითონის კონსტრუქციით ნაშხეფბეტონთან ერთად.

წოლხვრელიდან, მცირეგაბარიტიანი ბურღების გამოყენებით, ურთიერთმხები ან გადამკვეთი 400-600 მმ დიამეტრის ნაბურღნატენი ხიმინჯებისაგან იგება მიწისქვეშა ნაგებობების კედლები. ამის შემდეგ აგებენ გადახურვას, რომელიც წარმოადგენს ეკრანს 200-500 მმ დიამეტრის ფოლადის, რკინაბეტონის ან ასბოცემენტის მილებისაგან. ამ მილების გატარება ხდება ჰორიზონტალური ბურღვის დანადგარებით. მილები შეიძლება გატარდეს ჰიდრაულიკური დომკრატებითაც ნაწილ-ნაწილ, 1,5-2 მ მონაკვეთებით, მათი შემდგომი შეერთებით კუთხვილი ქურობით ან არტახებით. სუსტ ქანებში მილებს უნდა ჰქონდეთ ჩამკეტი მოწყობილობები მათზე მიღუღებული შევლერების ან კუთხოვანების სახით.

მილების გატარების შემდეგ მილებიდან იღებენ გრუნტს, ხოლო სამუშაო პროცესის დასრულებისას მათ ავსებენ ბეტონით. ამ ეკრანის ბოლოებიდან ამოჰყავთ რკინაბეტონის კედელი, რომელიც ეყრდნობა ადრე აგებულ ნაბურღნატენ ხიმინჯებს.

ასე შექმნილი კედლებისა და გადახურვის დაცვის ქვეშ ხორციელდება გრუნტის ბირთვის ამოღება სქემით „ზევიდან ქვევით“ მიწისქვეშა ნაგებობების ერთი ან ორი იარუსის ფარგლებში მცირეგაბარიტიანი საგვირაბო ექსკავატორებით. ბოლოს ხდება პირველი იარუსის დაბეტონება და ციკლი თავიდან მეორდება, სანამ არ დაბეტონდება ბოლო იარუსი.

განხილული ტექნოლოგია შეიძლება იყოს ძალზე ეფექტიური ერთმალთან ნაგებობებში 10-12 მ სიღრმეზე. ორმალის ნაგებობების მშენებლობისას უნდა გაითვალისწინოთ დამატებითი წოლხვრელის გაყვანა შუალედური სვეტებისა და გრძივების ასაგებად (ნახ. 12 .ბ).



ნახ. 12 მრავალსართულიანი მიწისქვეშა ნაგებობების აგების ტექნოლოგიური თანმიმდევრობა.

I-IV სამუშაოთა ეტაპები; 1 წოლხერელი; 2 ეკრანი მიღებისაგან; 3 კედელი ნაბურღი ხიმინჯებისაგან; 4 ჭაურები; 5 მონოლითური რკინაბეტონის კედელი; 6 სართულშუა გადახურვები; 7 საძირკელის ფილა; 8 სვეტი; 9 ვრძივები

ამ ტექნოლოგიის რეალიზაციისათვის აუცილებელია, რომ ობიექტის ჩაღრმავება იყოს არანაკლები 1,5-2 მ, რაც უზრუნველყოფს საკმარის საფარს, მიღებიდან შემდგარი ეკრანის ზემოთ და შესაძლებლობას იძლევა თავიდან ავიცილოთ მიწისქვეშა საინჟინრო კომუნიკაციების გადატანა. ზემოთ აღნიშნული ხერხით ასევე შესაძლებელია მეტროპოლიტენის სადგურების და ვესტიბიულების, ავტოსადგომების, მრავალფუნქციური დანიშნულ კომპლექსების მშენებლობა.

## დასკვნები

1. შემუშავებულია დასახლებული პუნქტების ურბანული პარამეტრების მიხედვით მიწისქვეშა სივრცეში განთავსებული ობიექტების ჩამონათვალი, მის საფუძველზე შემუშავებულია საქართველოს ქალაქებისათვის მიწისქვეშა ნაგებობათა განვითარების მეთოდოლოგიური რეკომენდაციები რომლებიც ემყარება გავლენის ფაქტორების დიფერენციაციას, მათი გენეზისის მიხედვით და კერძოდ ბუნებრივი ანთროპოგენური, ეკონომიური და მიმდინარე პოლიტიკური ხასიათის გათვალისწინებით.

2. შერჩეული იქნა მსოფლიოს მოწინავე ქვეყნების დღევანდელ პრაქტიკაში და უახლოეს პერსპექტივაში გამოყენებული მაღალი ტექნოლოგიური ხერხები და საშუალებები, მიწისქვეშა ნაგებობების დანიშნულების, განლაგების სიღრმისა და მიწისზედა სივრცის ურბანიზაციის ხარისხის მიხედვით.

მიწისქვეშა მშენებლობის საზღვარგარეთული გამოცდილების ანალიზის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ ბევრ ქვეყანაში ფართოთ ინერგება სამთო ხერხით სატრანსპორტო გვირაბების მშენებლობის თანამედროვე მაღალი ტექნოლოგიები. მძლავრი მობილური აღჭურვილობა, ანკერებთან ან გისოსოვან თაღებთან შეხამებული ნაშხეფბეტონის კონტურული სამაგრი და სამუშაოთა მკვეთრად ჩამოყალიბებული ორგანიზაცია უზრუნველყოფენ 80-100 კვადრატული მეტრის ფართობის განივკვეთის გვირაბების გაყვანის მაღალ ტემპებს რბილ ნახევრადკლდოვან ქანებში (არანაკლებ 120 მ/ თვეში).

3. დამუშავებული იქნა მცირე ჩაღრმავების მეტროპოლიტენის მშენებლობა ნახევრად დახურული ხერხით და მრავალსართულიანი მიწისქვეშა ნაგებობის უსაფრთხო ტექნოლოგია.

4. გამოყვანილია ანალიზური დამოკიდებულებები ღეროვანი სამაგრის გასაანგარიშებლად. შემოთავაზებულია გაანგარიშების შემდეგი თანამიმდევრობა: ღეროვანი სამაგრის მუშაობის პირობების დადგენა დამოკიდებული გეოლოგიურ პირობებზე და სამუშაოთა წარმორბის ტექნოლოგიაზე; დატვირთვების შესაძლო შესამებიდან გამომდინარე საანგარიშო სქემის დაზუსტება; არმირებული ღეროების

სივრცის დადგენა; ნაშხეფ ბეტონის გარსის სისქის შერჩევა, გამომდინარე ღეროების ბიჯის სიდიდიდან.

5. შემუშავებულია დიდი ჩაღრმავების გვირაბის სამაგრების რაციონალური მოხაზულობის დადგენის მეთოდი. გამოყვანილია ანალიზური დამოკიდებულება მის დასადგენად.

### **ღისმრტაცის თმასთან დაბაზშირეზული კუბლიბაცეიბი**

1.. გამკრელიძე პ.ბ. Развитие подземного строительства // Транспорт, № 3-4, Тбилиси, 2012 – с.24-26.

2. . Бокучава Г.П., Чурадзе Т.К., Мчедlishვილი К.А., გამკრელიძე პ.ბ. Освоение подземного пространства Грузии // Метро и тоннели №2, 2011 с 39 43

3. თ ჭურაძე, კ. მჭედლიშვილი პ. გამყრელიძე  
ქ. თბილისის მიწისქვეშა სივრცის ათვისების პროგრამის ფორმების ძირითადი პრინციპების შესახებ. // მშენებელი -3 თბილისი -20 გვ-21 24

4. თ ჭურაძე, მ. მოისწრაფიშვილი პ. გამყრელიძე მ. წოწოლაშვილი, ღეროვანი სამაგრის გაანგარიშების მეთოდიკა. // მშენებელი 4 თბილისი 2012წ გვ28-31

5. გამკრელიძე პ.ბ. Подземные транспортные сооружения, перспективы их сооружения. // Транспорт, №1-2 (45-46), Тбилиси, 2012 – с 26-27.