

ირმა ქავთარაძე

ბუნებრივი გაზის ენერგეტიკული სექტორის რეგულირება,  
ლიბერალიზაციის გათვალისწინებით

წარდგენილია დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი  
თბილისი, 0175, საქართველო  
ივნისი 2012

© საავტორო უფლება “ქავთარაძე ირმა, 2012 წელი”

## საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

### ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტი

ჩვენ, ქვემოთ ხელისმომწერნი, ვადასტურებთ, რომ გავეცანით ირმა ქავთარაძის მიერ შესრულებულ სადისერტაციო ნაშრომს დასახელებით “ზუნებრივი გაზის ენერგეტიკული სექტორის რეგულირება, ლიბერალიზაციის გათვალისწინებით” და ვაძლევთ რეკომენდაციას საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის ფაკულტეტის სადისერტაციო საბჭოში განსახილველად და დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად.

თარიღი

ხელმძღვანელი: სრ. პროფესორი დიმიტრი ნამგალაძე

რეცენზენტი:

რეცენზენტი:

რეცენზენტი:

საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

2012 წელი

ავტორი: ირმა ქავთარაძე

დასახელება: ბუნებრივი გაზის ენერგეტიკული სექტორის რეგულირება, ლიბერალიზაციის გათვალისწინებით

ფაკულტეტი: ენერგეტიკისა და ტელეკომუნიკაციის

ხარისხი: დოქტორი

სხდომა ჩატარდა: თარიღი

ინდივიდუალური პიროვნებების ან ინსტიტუტების მიერ ზემოთმოყვანილი 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. მთლიანი ნაშრომის და ან მისი ცალკეული კომპონენტების გადაბეჭდვა ან სხვა რაიმე მეთოდით რეპროდუქცია დაუშვებელია ავტორის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

ავტორი ირწმუნება, რომ ნაშრომი გამოყენებულ საავტორო უფლებებით დაცული მასალებზე მიღებულია შესაბამისი ნებართვა (გარდა იმ მცირე ზომის ციტატებისა, რომლებიც მოითხს მხოლოდ სპეციფიურ

მიმართებას ლიტერატურის ციტირებაში, როგორც ეს მიღებულია სამეცნიერო ნაშრომების შესრულებისას) და ყველა მათგანზე იღებს პასუხისმგებლობას.

## რეზიუმე

ბუნებრივი გაზის სექტორის რეგულირება ლიბერალიზაციის გათვალისწინებით, საპროგნოზო მეთოდების და პარამეტრების მეცნიერულ დონეზე შემუშავება თანამედროვე პირობებში მეტად აქტუალურია ნებისმიერი ქვეყნისათვის. ამ პრობლემის გადაწყვეტა განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია საქართველოსათვის, რომელიც განიცდის საკუთარი სათბობ-ენერგეტიკული რესურსების დეფიციტს. შექმნილი ვითარებიდან გამომდინარე, ენერგეტიკის დიდი ინერტულობის გათვალისწინებით, აუცილებელია საქართველოს ბუნებრივი გაზის სექტორის რეგულირება მისი ლიბერალიზაციის გათვალისწინებით. სადისერტაციო ნაშრომში პრობლემის კვლევა ატარებს სისტემურ ხასიათს და მასში პრაქტიკულად მთელი სისრულით ასახულია ყველა ის ფაქტორი, რომლებიც მოქმედებს ენერგეტიკული სტრუქტურის მნიშვნელობების ფორმირებაზე. მიღებული საპროგნოზო პარამეტრები და მეთოდები განსაზღვრულია პროგნოზირების თანამედროვე აპრობირებული მეთოდების კომპლექსურად გამოყენებით. შერჩეულია მეთოდის ისეთი ალგორითმი, რომელიც მაქსიმალური სიზუსტით ასახავს საქართველოში ენერგეტიკის დაბალანსებულ განვითარებას.

საკითხის თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე დამუშავების მიზნით შესწავლილია გაზის სექტორის მსოფლიო გამოცდილება. მის საფუძველზე დასმულია ბუნებრივი გაზის სექტორის რეგულირების, ლიბერალიზაციის გათვალისწინების პრობლემა და მისი სისტემური განხორციელების კომპლექსური პროგრამა.

სადისერტაციო ნაშრომი შედგება შესავლის, ნახაზებისა და ცხრილების ნუსხის, ოთხი ძირითადი თავის (შესაბამისი ქვეთავებით), დასკვნისა და გამოყენებელი ლიტერატურისაგან.

დასახული პროგრამის შესაბამისად, კვლევის საწყის ეტაპზე ჩატარებულია მსოფლიო ბუნებრივი გაზის სექტორის მდგომარეობის ანალიზი. მოძიებულია 2000-2011 წლებში პერიოდის სტატისტიკური მონაცემები და შესრულებულია მათი სისტემატიზაცია.

კვლევის შემდგომი ეტაპი ეძღვნება საქართველოში ბუნებრივი გაზის სექტორის რეგულირებას, ეკოლოგიური მენეჯმენტს და მონიტორინგს, უსაფრთხოებისა და რისკების ანალიზს ბუნებრივი გაზის სექტორში. კერძოდ, შესწავლილია დაბინძურების ნივთიერების ატმოსფეროში გაფრქვევის ამოცანა და მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევისას მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის დადგენის მოდიფიცირებული მეთოდოლოგია. ჩვენს მიერ შემუშავებულია პრინციპულად ახალი მიდგომა, კერძოდ დადგენილია მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევისას მაქსიმალური კონცენტრაციების ველი ორგანიზებული და არაორგანიზებული გაფრქვევის შემთხვევაში.

შემუშავებულია გაზომვარაგების ობიექტების ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორი და თვისობრივი მოდელის შეფასება. ჩატარდა მაგისტრალური გაზსადენის ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორის თვისობრივი მოდელის შეფასება. განსაკუთრებით დაწვრილებით განხილულია რისკები ბუნებრივი გაზის სექტორში, კერძოდ: რისკის ანალიზი და ჩატარების თანმიმდევრობა, საშიშროებების იდენტიფიკაცია, რისკის შესამცირებელი რეკომენდაციების შემუშავება, რისკის ანალიზის ჩატარების მოდიფიცირებული მეთოდები და რისკის მაჩვენებლები. ჩვენს მიერ შემუშავებულ იქნას კონკრეტული

ამოცანების გადაწყვეტა, მათ შორის საკომპრესორო სადგურის საფრთხის ანალიზის თვისობრივი მეთოდი; მაგისტრალური გაზსადენების „მტყუნების და ხდომილებების ხეს“ მეთოდები; საკომპრესორო სადგურისათვის „მტყუნების ხეს“ მეთოდი; სისტემების მდგრადი მდგომარეობა და რისკის გადაწყვეტილების მიღება; შემუშავებულია სტატისტიკა (პარეტოს განაწილება) კატასტროფების და უბედური შემთხვევების განაწილების, განაწილების მძიმე კუდებით; გაზმომარაგების ობიექტის საფრთხის პრევენციის გადაწყვეტილებების დანერგვის მიღება და ოპტიმიზაცია სოციალურ-ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით.

შესრულებულია რამოდენიმე მეტად მნიშვნელოვანი ამოცანა. კერძოდ, ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ტექნიკური დანაკარგების წნეების მიხედვით გადანაწილების მეთოდი; ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელებში ტექნოლოგიური ხარჯების და ტექნიკური დანაკარგების შემცირების ღონისძიებები; გაზგამანაწილებელი მეურნეობის ნატურული მონაცემების საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრა; მტყუნების ანალიზი და რისკების დადგენა საქართველოს მაგისტრალურ გაზსადენზე. მიღებული მონაცემები ქმნის საინფორმაციო ბაზას, რომელიც აქამდე არ არსებობდა.

სადისერტაციო ნაშრომში შემუშავებულია რეკომენდაციები და კონკრეტული წინადადები საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების ეროვნულ კომისიისათვის (სემეკ) და სხვა ორგანიზაციებისათვის.

კვლევების შედეგების პრაქტიკაში დანერგვა საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნას მეცნიერულად დასაბუთებული გეგმა სემეკისათვის და სხვა ორგანიზაციებისათვის. ონკრეტულად, მიღებულია საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების ეროვნულ კომისიის დადგენილება 26, 2010 წლის 18 ნოემბერი, ქ. ქუთაისი ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ნორმატიული დანაკარგის ოდენობის გაანგარიშების წესის“ დამტკიცების შესახებ (საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე III, 24.11.2010 № 153 მუს. 2182).

## Abstract

Regulation of the natural gas sector, taking into account liberalization, scientific study on forecast methods and parameters in current conditions, is relevant for any country. Resolution of this issue has paramount importance for Georgia, which lacks its own energy resources. Because of this and considering its inactivity, it is necessary to regulate the gas sector taking into account its liberalization. In the Thesis, study of the problem has a systemic character and it fully comprises all those factors, which influence gas sector. Received forecasted parameters and methods are determined using modern applied methods of forecasting. The algorithm is selected, which precisely reflects balanced development of energy sector in Georgia.

In order to research the issue based on current trends, worldwide experience in the gas sector is studied and on this basis task of the energy sector regulation, considering liberalization, is elaborated.

The thesis consists of preamble, 4 chapters, conclusions and the list of literature. It contains of 45 drawings and 28 charts.

According to the set program, on the initial stage of research, analysis of the natural gas sector in the world is conducted. Statistical data of the relevant period is provided and systemized.

Next stage of research is devoted to the regulation of natural gas sector in Georgia, its ecological management and monitoring, analysis of risks and security of the sector. In particular, the task of the emissions in the atmosphere and modified method of establishing the area of maximum concentrations is elaborated. We have adopted essentially new approach – namely, area of maximum concentrations of emissions is established for the cases of organized and unorganized emissions.

Analysis of ecological management and monitoring, regulation, security and risks in the natural gas sector is conducted; scheme of monitoring of gas supply unit is adopted.

Ecological risk-factor of gas supply unit is elaborated. Ecological risk factor of gas transportation pipeline is studied. Risks in the natural gas sector are being studied in detail, namely: risk analysis; identification of dangers; elaboration of risk mitigation recommendations; modified methods for conducting risk analysis, etc. We have studied the specific tasks, including qualitative method of danger analysis for a compressor station; “tree of failures and happenings” method for the transportation pipeline; “tree of failures” method for the compressor station; Statistics of distribution of disasters, distribution with heavy tails; adoption of the decisions for the gas supply units taking into account social-ecological factors.

Several important tasks were conducted, such as method of distribution of technical losses according to pressure levels in the natural gas distribution networks; methods for reduction of technological costs and technical losses in natural gas distribution networks; determination of reliability indexes of natural data from gas companies; etc; Received data constitute database, which did not exist previously.

The thesis contains recommendations and specific proposals for the Georgian National Energy and Water Supply Regulatory Commission and other bodies.

Introduction in practice of the research results will create possibility to establish a scientifically proved plan for the GNERC and other bodies. Specifically, the GNERC has adopted resolution #26 of November 18, 2010 “Regarding Approval of the Calculation Rules of the Normative Losses in Natural Gas Networks.”



## შინაარსი

### შესავალი;

1. გაზომმარაგების ლიტერატურის მიმოხილვა და ანალიზი, დარგის მიმოხილვა და მსოფლიოში სექტორის თანამედროვე მდგომარეობა;

### 2. შედეგები და მათი განსჯა;

**თავი I. გარემოს დაცვა გაზის სექტორში და შესაბამისი მენეჯმენტი ;**

1.1. მონოპოლია და მისი სახეები;

1.2. რეგულირების, ეკოლოგიური მენეჯმენტის და მონიტორინგის, უსაფრთხოებისა და რისკების ანალიზი ბუნებრივი გაზის სექტორში ;

**თავი II. ატმოსფეროში დაბინძურების ნივთიერების გაფრქვევის ამოცანა;**

2.1. დაბინძურების გაფრქვევა ატმოსფეროში ;

2.2. მაგნე ნივთიერებათა გაფრქვევისას მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის დადგენის მოდიფიცირებული მეთოდიკა;

**თავი III. გაზომმარაგების ობიექტების ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორი და თვისობრივი მოდელის შეფასება;**

3.1. მაგისტრალური გაზსადენის ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორის თვისობრივი მოდელის შეფასების ამოცანა;

3.2. რისკები ბუნებრივი გაზის სექტორში;

3.2.1. რისკის ანალიზის ცნებანი, რისკები ბუნებრივი გაზის სექტორში;

3.2.2. რისკის ანალიზის ჩატარების თანმიმდევრობა;

3.2.3. საშიშროებების იდენტიფიკაცია ;

3.2.4. რისკის შესამცირებელი რეკომენდაციების შემუშავება;

3.2.5. რისკის ანალიზის ჩატარების მეთოდები და რისკის მაჩვენებლები;

3.2.6. საკომპრესორო სადგურის საფრთხის ანალიზის თვისობრივი

მეთოდი;

3.2.7. მაგისტრალური გაზსადენების “მტყუნებების და ხდომილებების ხეს” მეთოდები;

3.2.8. საკომპრესორო სადგურისათვის “მტყუნებების ხეს” მეთოდი;

3.3. სისტემების მდგრადი მდგომარეობა და რისკი ;

3.3.1. რისკი და გადაწყვეტილების მიღება;

3.4. სტატისტიკა კატასტროფების და უბედური შემთხვევების განაწილების, განაწილებისა მძიმე კუდებით;

3.5. გაზომმარაგების ობიექტის საფრთხის პრევენციის გადაწყვეტილებების მიღება და ოპტიმიზაცია, სოციალურ-ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით;

**თავი IV. ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ტექნიკური დანაკარგების წნევების მიხედვით გადანაწილების მეთოდი და საიმედოობის მაჩვენებლების დადგენა ;**

4.1. ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ტექნიკური დანაკარგის ანალიზი;

- 4.2. ტექნოლოგიური ნორმატიული დანაკარგების მაგალითები (მოლდოვა, უკრაინა, აზერბაიჯანი.) ;
- 4.3. ბუნებრივ გაზის გაზგამანაწილებელ ქსელებში ტექნოლოგიური ხარჯების და ტექნიკური დანაკარგების შემცირების ღონისძიებები;
- 4.4. გაზგამანაწილებელი მეურნეობის ნატურული მონაცემების საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრა;
- 4.5. მტყუნების ანალიზი სამხრეთი ტრანსპორტირების სისტემისათვის (მაგისტრალურ გაზსადენზე);
- 4.5.1. საქართველოს სამხრეთი მაგისტრალური გაზსადენის დეაბილიტაცია;
- 4.5.2. მტყუნების ანალიზი და რისკები სამხრეთ მაგისტრალურ აზსადენზე;

1

### 3. დასკვნა;

გამოყენებული ლიტერატურა.

## ცხრილების ნუსხა

- ცხრილი 1.** ბუნებრივი გაზის ტიპიური შემადგენლობა
- ცხრილი 2.** ბუნებრივი გაზის მოპოვება მსოფლიოში
- ცხრილი 3.** ბუნებრივი გაზის ექსპორტიორი ქვეყნების ნუსხა
- ცხრილი 4.** გათხევადებული შეკუმშული გაზის ლიდერი ქვეყნები-მწარმოებლების ნუსხა
- ცხრილი 5.** გათხევადებული შეკუმშული გაზის ძირითადი იმპორტიორი ქვეყნების ნუსხა
- ცხრილი 6.** გათხევადებული გაზის წილის ზრდის ტემპის დინამიკა
- ცხრილი 7.** ბუნებრივი გაზის მოხმარების თანაფარდობა პიკში და დაბალ თვეში – ციკლური სქემა მსოფლიოში (2010 წ.)
- ცხრილი 8.** ბუნებრივი გაზის გლობალური მარაგები ქვეყნების მიხედვით
- ცხრილი 9.** ნახშირწყალბადების ბიზნესი, რისკისა და გაძვირების პირობები
- ცხრილი 10.** მწარმოებლის და მომხმარებლების დინამიკა
- ცხრილი 11.** ენერგეტიკული ტექნოლოგიის მონაცემები
- ცხრილი 12.** ჰაერში მავნე ნივთიერების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები
- ცხრილი 13.** მავნე ნივთიერებების ატმოსფეროში გაფრქვევის მონაცემები სხვადასხვა საწვავის დაწვისას (ტ/წელიწადი)
- ცხრილი 14.** ევროკავშირში ნახშირორჟანგის ემისიის შედარება(მლნ.ტ)
- ცხრილი 15.** მონაცემები ქარის თაიგულის შესახებ
- ცხრილი 16.** მატრიცა „ალბათობა – შედეგის სიმძიმე“
- ცხრილი 17.** რისკის ანალიზის მეთოდების შერჩევის რეკომენდაციები
- ცხრილი 18.** საკომპრესორო სადგურის საფრთხის და მუშაუნარიანობის შესწავლა
- ცხრილი 19.** „მტყუნებების ხე“ მთავარი ხდომილება, საბაზისო ხდომილებების ალბათობების მნიშვნელობისათვის (ხდება გაზის გაჟონვა საკომპრესორო საადგურში)
- ცხრილი 20.** მონაცემები ტექნოგენური ხასიათის საგანგებო სიტუაციებისა (მსხვილი ავარიები) რუსეთში 2005-2008 წწ
- ცხრილი 21.** გაზსადენების მსხვილი ავარიების ალბათობები (წელიწადში)
- ცხრილი 22.** გაზგამანაწილებელი საშუალო წნევის ქსელების მონაცემები დაზიანების შესახებ
- ცხრილი 23.** გაზგამანაწილებელი დაბალი წნევის ქსელების მონაცემები დაზიანების შესახებ
- ცხრილი 24.** გაზგამანაწილებელი მაღალი წნევის ქსელების მონაცემები დაზიანების შესახებ
- ცხრილი 25.** ავარიული მტყუნების საფრთხეების გაზსადენის უბნის წონითი კოეფიციენტები
- ცხრილი 26.** მაგისტრალური გაზსადენის სხვადასხვა უბნების ექსპლუატაცია, საქსპერტო ფაქტორებით
- ცხრილი 27.** ფართობის ხვრეტების ( $S_{EF}$ ) დამახასიათებელი ზომები
- ცხრილი 28.** საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის ავარიების და მტყუნებების სტატისტიკა

## ნახაზების ნუსხა

**ნახ. 1.** გათხევადებული შეკუმშული გაზის ექსპორტიორების და იმპორტიორების რუკა

**ნახ. 2.** კონკურენტული ვარიანტების (ტრანსპორტირება ან გათხევადებული ბუნებრივი გაზი) შედარების სქემა

**ნახ. 3.** ევროკავშირის პირველად ენერჯიაში საწვავის წილის დინამიკა და პროგნოზი: 1. ნახშირი; 2. ნავთობი; 3. ბუნებრივი გაზი; 4. ბირთვული ენერჯია; 5. განახლებადი ენერჯია

**ნახ. 4.** მსოფლიოში ბუნებრივი გაზის მარაგი რეგიონების მიხედვით

**ნახ. 5.** ევროკავშირის ბუნებრივი გაზის მოხმარების სტრუქტურა სექტორების მიხედვით: 1. საყოფაცხოვრო და კომერციული – 38,9%; 2. წარმოება – 32,9%; 3. ელექტროსადგურები – 23,0%; 4. სხვა – 5,2 %

**ნახ. 6.** ევროკავშირის ბუნებრივი გაზის მოხმარების პროგნოზი წლების მიხედვით: 1. საყოფაცხოვრო და კომერციული; 2. წარმოება; 3. ელექტროსადგურები; 4. სხვა

**ნახ. 7.** ევროკავშირში საწარმოო გაზის მოხმარების სტრუქტურა: 1. ფოლადის ჩამომსხმელი მრეწველობა – 11%; 2. ფერადი მეტალურგია – 2%; 3. ქიმიური მრეწველობა – 23%; 4. არასამადნო მრეწველობა – 18%; 5. მადნის მოპოვების დარგი – 1%; 6. კვების, თამბაქოს და სასმელების მრეწველობა – 13%; 7. ტექსტილის, ტყავისა და ტანსაცმელის მრეწველობა – 4%; 8. ქაღალდის და ბეჭდვის მრეწველობა – 9%; 9. სხვა მეტალურგიული მრეწველობა – 11%; 10. სხვა დარგები – 2%

**ნახ. 8.** ევროკავშირში ბუნებრივი გაზის იმპორტი წყაროების მიხედვით: EU 25 Gas – ის იმპორტი (2006): 1. რუსეთი – 31%; 2. გერმანია – 3%; 3. ალჟირი – 15%; 4. ნორვეგია – 22%; 5. დანია – 1%; 6. ლიბია – 2%; 7. ნიდერლანდები – 13%; 8. დიდი ბრიტანეთი – 2%; 9. ეგვიპტე – 2%; 10. ნიგერია – 2%; 11. ომანი – 0,5%; 12. კატარი – 1%; 13. ტრინიდადი - 15; 14. სხვა – 5%

**ნახ. 9.** გაზის გლობალური მარაგები ქვეყნების მიხედვით: 1. რუსეთი; 2. ირანი; 3. ყატარი; 4. საუდის არაბეთი; 5. ინდონეზია; 6. ნიგერია; 7. ალჟირი; 8. ავსტრალია; 9. ვენესუელა; 10. ჩინეთი; 11. არაბეთის გაერთიანებული საემიროები – აბუ-დაბი; 12. ნორვეგია; 13. ყაზახეთი; 14. ერაყი; 15. თურთქმენეთი; 16. მაღაიზია; 17. აშშ; 18. ეგვიპტე; 19. ნიდერლანდები; 20. ლიბია; 21. უზბეკეთი; 22. კუვეიტი; 23. ბოლივია; 24. ომანი; 25. მექსიკა; 26. კანადა; 27. დიდი ბრიტანეთი; 28. ინდოეთი; 29. უკრაინა; 30. არგენტინა; 31. აზერბაიჯანი; 32. ბრაზილია; 33. ტრინიდადი და ტობაგო

**ნახ. 10.** ნავთობისა და გაზის პროექტების შედარების გრაფიკები: 1. ნავთობი; 2. გაზი

**ნახ. 11.** მიწოდებული გაზის სქემების შედარება (1. ადგილობრივი წარმოება; 2. მაგისტრალური გაზსადენები; 3. გათხევადებული გაზი); I- ჩრდილოეთ ამერიკა; II-ევროპა; III-აზია და წყნარი ოკეანის რეგიონი

**ნახ. 12.** ევროკავშირის გაზის ბაზრის იმპორტზე დამოკიდებულების პროცენტული გადანაწილება, წლების მიხედვით (1. ადგილობრივი წარმოება შიდა მომხმარებლისათვის; 2. ნიდერლანდები; 3. სხვა; 4. ნორვეგია; 5. რუსეთი; 6. ალჟირი; 7. სხვა, არა ევროკავშირის იმპორტი; 8. განვითარებადი

პროექტები; 9. შუალედური მიწოდება. I – ევროკავშირის პროდუქცია; II – არა ევროკავშირის პროდუქცია

**ნახ. 13.** ევროკავშირის დამოკიდებულება ენერგომატარებლების იმპორტზე

**ნახ. 14.** ევროკავშირში მიწოდებული გაზის რაოდენობა მიმწოდებელი ქვეყნების მიხედვით: 1. ალჟირი (მილსადენი); 2. ლიბია (მილსადენი); 3. სხვა; 4. გათხევადებული ბუნებრივი გაზი; 5. ადგილობრივი წარმოება; 6. ნორვეგია (მილსადენები); რუსეთი

**ნახ. 15.** საქართველოს გაზის სექტორის რუკა

**ნახ. 16.** ბუნებრივი გაზის ტრანზიტი საქართველოში (1750 მლნ. მ<sup>3</sup>) და სომხეთში (1609 მლნ. მ<sup>3</sup>)

**ნახ. 17.** საქართველოში (ა) და სომხეთში (ბ) მიწოდებული ბუნებრივი გაზის დინამიკა 2000-2011 წლებში

**ნახ. 18.** მაგისტრალური გაზსადენის პროფილი

**ნახ. 19.** საქართველოში გაზგამანაწილებლების გეოგრაფია

**ნახ. 20.** მონოპოლიის ოპტიმალური ვარიანტის სქემა

**ნახ. 21.** მონიტორინგის განხორციელების სქემა

**ნახ. 22.** მავნე ნივთიერებების გაფრქვევის კოცენტრაციების ველები, ქარის თაიგულის გათვალისწინებით

**ნახ. 23.** ინტეგრალური რისკ-ფაქტორის ცვლილება დროში: 1. მშენებლობის სტადია; 2. მისახმირისი პერიოდი; 3. ნორმალური ექსპლუატაციის საწყისი ეტაპი; 4. ექსპლუატაციის სტადია; 5. ექსპლუატაციის დამთავრება; 6. კონსერვირების სტადია; 7. ნარჩენი ზემოქმედება

**ნახ. 24.** ლოკალური რისკ-ფაქტორის ცვლილება მაგისტრალური გაზსადენების სიგრძის გასწვრივ: 1. მეწყერი; 2. ნიადაგის წინაღობა

**ნახ. 25.** „ხდომილების ხე“ ავარიების სხვადასხვა სცენარისათვის მაგისტრალურ გაზსადენზე

**ნახ. 26.** „მტყუნების ხე“ ხდომილებისათვის „გაზის გაუონვა საკომპრესოროში“

**ნახ. 27.** საკომპრესოროს მუშაუნარიანობა, რისკის ლოგარითმული სკალა: 1. მისაღები რისკის არე; 2. კონტროლირებული რისკის არე; 3. საშიში მდგომარეობების არე; 4. საგანგებო მდგომარეობების არე

**ნახ. 28.** კავშირი ავარიის წარმოქმნის საშიშროების დონესთან და იერარქიული ინფორმაციის დონეს შორის

**ნახ. 29.** ახლოს მყოფი ტრაექტორიების მოძრაობა: ა. განშლადი ვარიანტები; ბ. კლებადი ვარიანტი

**ნახ. 30.** ტექნიკური სისტემის სტრუქტურული სქემა

**ნახ. 31.** მსოფლიოში მსხვილი ნავთობგაზსადენების 1990-2100 წწ. 30 ბუნებრივი კატასტროფის განაწილების კუმულატური ჰისტოგრამა მსხვერპლის მნიშვნელოვანი რაოდენობით (აბსცისების ღერძზე ნაჩვენებია  $x$  მსხვერპლის რაოდენობა ათასებით; ორდინატა ღერძზე ნაჩვენებია ხდომილების  $N$  რაოდენობა, რომლებიც მეტია მოცემულ  $x$  არგუმენტზე. წრფე მიღებულია ლოგარითმულ მასშტაბზე – კანონის პარამეტრით  $\alpha = 0,70$ )

**ნახ.32.** საინჟინრო გადაწყვეტილების ზოგადი სქემა, სოციალურ-ეკოლოგიური მოთხოვნების გათვალისწინებით: 1) მისაღები გადაწყვეტილების ველი СНИП-ის თანახმად; 2) სოციალურ და ეკოლოგიური მისაღები გადაწყვეტილების ველი; 3) ეკონომიკური ფაქტორების გადაწყვეტილების ველი; 4) გაზმომარაგების სექტორის

ობიექტების პროექტის ოპტიმიზაციის გადაწყვეტილების სოციალურ-ეკოლოგიური ერთობლივი მოთხოვნა

**ნახ. 33.** საშუალო ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის: 1. სს „წყალტუბო-გაზი“; 2. სს „ბაღდათი-გაზი“; 3. სს „ზესტაფონი-გაზი“; 4. შპს „ვერსალი“ (სოფ. ბოდბე); 5. სს „ქუთაის-გაზი“; 6. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - იმერეთი (ჭაითურა); 7. სს „სიღნაღი-გაზი“; 8. შპს „ვანი-გაზი“; 9. სს „საჩხერე-გაზი“; 10. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (სურამი); 11. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (ქარელი); 12. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (დუშეთი); 13. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (ყაზბეგი); 14. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (გარდაბანი); 15. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (დმანისი); 16. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი – კრებსითი; 17. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - სამეგრელო – ზუგდიდი; 18. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - სამეგრელო (აბაშა); 19. შპს „ლანჩხუთი-გაზი“; 20. შპს „ვახტანგაზ-თბილისი“; 21. სს „ჩოხატაურ-გაზი“; 22. შპს „გასკო“ (სენაკი); 23. სს „ბორჯომი-გაზი“; 24. სს „დედოფლისწყარო-გაზი“; 25. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“-კახეთი (ლაგოდეხი); 26. სს „რუსთავი-გაზი“; 27. შპს „სამტრედია-გაზი“; 28. შპს „აჭარა ბუნებრივი აირი“ (ბათუმი, ქობულეთი); 29. შპს „თერჯოლა ბუნებრივი აირი“; 30. შპს „ვარკეთილი-აირი“ (თბილისი); 31. სს „ახმეტა-გაზი“; 32. სს „საგარეჯო-გაზი“; 33. სს „გურჯაანი-გაზი“; 34. სს „ევარელი-გაზი“; 35. სს „ბოლნისი-გაზი“; 36. სს „ხაშური-გაზი“; 37. სს „ქარელი-გაზი“; 38. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (მცხეთა); 39. შპს „სოკარ ჯორჯია მარნეული“; 40. სს „თეთრიწყარო-გაზი“; 41. სს „კასპი-გაზი“; 42. შპს „ღიხაური-გაზი“

**ნახ.34.** დაბალი ქსელების მტყუნების საფრთხის სიდიდეები სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე, ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

**ნახ.35.** დაბალი ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე, ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

**ნახ.36.** დაბალი ქსელების მტყუნების საფრთხეების სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე, ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

**ნახ.37.** საშუალო და დაბალი წნევის ქსელის მზადყოფნის კოეფიციენტები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე (1. საშუალო წნევა; 2. დაბალი წნევა). ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

**ნახ.38.** საშუალო და დაბალი ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება, აღდგენის ინტენსივობასთან (1. საშუალო ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება, აღდგენის ინტენსივობასთან; 2. დაბალი ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება, აღდგენის ინტენსივობასთან). აბსცისთა ღერძზე, ნახ.1-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

**ნახ. 39.** მაღალი ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები სხვადას მეურნეობისათვის. 1. შპს „ვახტანგაზ-თბილისი“; 2. შპს „ვანი-გაზი“; 3. „სოკარ ჯორჯია გაზი - ქართლი“ (დმანისი); 4. შპს „ლანჩხუთი-გაზი“; 5. „რუსთავი-გაზი“; 6. შპს „აჭარა ბუნებრივი აირი“

**ნახ.40.** მაღალი ქსელების მტყუნების საფრთხეების სიდიდეები სხვადას მეურნეობისათვის. ნახ.7-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება.

**ნახ.41.** მაღალი ქსელების მზადყოფნის კოეფიციენტები სხვადასხვა მეურნეობისათვის. ნახ.39-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება.

**ნახ.42.** მაღალი ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება, ადღგენის ინტენსივობასთან. აბსცისთა ღერძზე, ნახ.39-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

**ნახ. 43.** მაგისტრალური გაზსადენის რამოდენიმე აგარიული უბნის ხედები

**ნახ.44.** ტიპური დაზიანების ნიმუშები ზუგდიდის გაზსადენზე.

**ნახ.45.** რისკის მაჩვენებლის განაწილების სახე, მაგისტრალური გაზსადენის ტრასის სახე

## შესავალი

ენერგეტიკის რეგულირება ხორციელდება ბევრ ქვეყანაში. გარდამავალი ეკონომიკის ქვეყნებში, საქართველოს მსგავსად, იქმნება მარეგულირებელი კომისიები. ამ კომისიებს სახელმწიფო ქმნის იმ დარგებსა და სფეროებში, სადაც არსებობს მონოპოლიის განსაკუთრებული სახე – ბუნებრივი მონოპოლია. თუ სახელმწიფომ არ დაარეგულირა მონოპოლიის საქმიანობა, იგი გამოიყენებს თავის ეკონომიკურ ძალაუფლებას ბაზარზე ზემოქმედებისათვის. ცნება „მონოპოლია“ განიმარტება როგორც სიტუაცია ბაზარზე, როდესაც არის ისეთი სიტუაცია, როდესაც ერთი პირი ან საწარმო არის გარკვეული სახის საქონლის ან მომსახურების ერთადერთი მიმწოდებელი ბაზარზე. როგორც წესი, ასეთი სიტუაცია წარმოიქმნება მაშინ, როდესაც კონკურენტებისათვის ბაზრის მოცემულ სეგმენტზე შესასვლელად არსებობს ხელოვნური ან ბუნებრივი ბარიერები, ეს კი სხვა კომპანიებს ხელს უშლის განახორციელონ ოპერაციები და იგივე ან მსგავსი სახის მომსახურება შესთავაზონ იმავე სეგმენტის მომხმარებლებს. მონოპოლიურად მაღალი ფასების არსებობის პირობებში, მომხმარებლის შესაძლებლობა, შეიძინოს სასურველი პროდუქტი ან მომსახურება, მცირდება. შესაბამისად, იწარმოება და იყიდება ნაკლები პროდუქცია და მომსახურება. ყველაფერი ეს კი, საბოლოო ჯამში, უარყოფითად აისახება საზოგადოების ცხოვრების დონეზე.

ბუნებრივი გაზის სექტორში ბუნებრივ მონოპოლიას წარმოადგენს გაზის ტრანსპორტირება და განაწილება. მიწოდება – კონკურენტული საქმიანობაა. შესაბამისად, დღეისათვის საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიის რეგულირების სფეროში შედის ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირება და განაწილება. ბუნებრივი გაზის მიწოდება, რომელიც რეგულირდებოდა 1999 წლიდან – ამჟამად დერეგულირებულია.

დამოუკიდებლობის პირველ წლებში საქართველოს ბუნებრივი გაზით მომარაგება მკვეთრად გაუარესდა. 1990-2000 წლებში მისი მოხმარება 6 მლრდ მ<sup>3</sup>-დან 5,5-ჯერ შემცირდა. 2001-2005 წლებში მდგომარეობა



გამოსწორდა. 2005 წელს გაზის მიწოდებამ სულ შეადგინა 3,125 მლრდ მ<sup>3</sup>, მათ შორის სომხეთისთვის ტრანზიტი 1,685 მლრდ მ<sup>3</sup>.

დღეისათვის საქართველო მხოლოდ მცირე რაოდენობით იღებს ბუნებრივ გაზს რუსეთიდან. ბუნებრივი გაზი ძირითადად შემოდის აზერბაიჯანიდან. ასევე ქვეყანაში რჩება კონტრაქტით გათვალისწინებული და ოფციური გაზი სამხრეთის მარშრუტის გაზსადენიდან.

გაზის სექტორის ძირითადი ტექნოლოგიური ჯაჭვი შემდეგნაირია: მოპოვება, წარმოება, ტრანსპორტირება, განაწილება, მიწოდება.

გაზის ჯაჭვის საერთაშორისო ასპექტი შემდეგნაირია: გლობალური ბაზარი – ეროვნული ბაზარი – ეროვნული რეგულირება. თითოეულ ეტაპზე კომპანიებმაც და მთავრობებმაც უნდა მიაღწიონ გარკვეულ შეთანხმებას ისე, რომ შესაძლო გახდეს რისკებისა და მოგების მართვა.

საერთაშორისო ენერგეტიკული ბაზრების გეოპოლიტიკური ლანდშაფტი გამუდმებით იცვლება. განსაკუთრებული მნიშვნელობა გააჩნია რესურსების მართვას და მიწოდების უწყვეტობას. დღეისათვის, რესურსების მართვისას, მწარმოებელი ქვეყნები ამკაცრებენ კონტროლს თავისი რესურსების დამუშავებაზე, ხოლო მთავრობები აწარმოებენ ექსპორტის გადასინჯვას. მიწოდების უწყვეტობაში გასათვალისწინებელია გაზრდილი ინტეგრაცია პოლიტიკასა და ბიზნესს შორის, საერთაშორისო ენერგეტიკული გარიგებებისას.

შესაძლებელია გაკეთდეს შემდეგი დასკვნები: ნავთობი და გაზი რჩება ენერჯის დომინირებულ წყაროდ უახლოესი ათწლეულებისათვის, თუმცა გეოპოლიტიკური განუსაზღვრელობა (გაურკვეველობა) ხელს უწყობს მწარმოებელთა და მომხმარებელთა შორის ნდობის შემცირებას; ყველა დამაჯერებელ სცენარში მოთხოვნა ნავთობსა და გაზზე იზრდება. აღსანიშნავია გათხევადებული გაზის როლი თანამედროვე გაზის სექტორში. ამ განხრის ინტენსიფიკაციამ შესაძლებელია სრული გადანაწილება მოახდინოს გაზის ბაზარზე.

განვიხილოთ საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის და გაზის გამანაწილებელი სისტემების მდგომარეობა და მათი განვითარების ძირითადი მოთხოვნები.

გასული საუკუნის 90-იანი წლების ცნობილმა სოციალურმა და პოლიტიკურმა კატაკლიზმებმა მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენა ქვეყნის

ეკონომიკასა და მათ შორის, სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსს. გაწედა ადრე არსებული ეკონომიკური კავშირები ყოფილი საბჭოთა კავშირის რესპუბლიკებთან, განადგურდა და დატაცებული იქნა ძირითადი ფონდები, პრაქტიკულად შეწყდა სარემონტო სამუშაოების წარმოება, მკვეთრად დაეცა დისციპლინა, დაქვეითდა ექსპლუატაციის დონე, გაუარესდა მართვა, დაირღვა ენერგოსისტემების პარალელური მუშაობის რეჟიმები, შეწყვიტა ფუნქციონირება თბომომარაგების ცენტრალიზებულმა სისტემებმა, მკვეთრად შემცირდა ბუნებრივი და თხევადი გაზის იმპორტი. მკვეთრად დაეცა ენერგორესურსების გამოყენების ეფექტურობა, ჯერჯერობით სასურველი შედეგების გარეშე ხორციელდება ნავთობის და ბუნებრივი გაზის მარაგების ძიება და დამუშავება.

საქართველოში, ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში (თითქმის 15 წელიწადი), აღინიშნებოდა ღრმა ენერგეტიკულ კრიზისი. ბოლო პერიოდამდე საქართველოს გაზის დარგში არ განხორციელებულა არც ერთი მნიშვნელოვანი საინვესტიციო პროექტი (სოკარის გარდა), მაშინ, როდესაც ელექტროენერგეტიკაში ინვესტირებამ შეადგინა რამდენიმე ასეული მილიონი დოლარი.

საქართველოს გაზიფიკაციის განვითარება 1957 წლიდან 2005 წლამდე, პირობითად შეიძლება დაიყოს ოთხ პერიოდად: 1957 - 1959 წლები - მოსამზადებელი პერიოდი; 1960 - 1990 წლები - გაზიფიკაციის განვითარების პერიოდი, რომელიც თავის მხრივ იყოფა: ინტენსიური და სტაბილური განვითარების პერიოდად (1960 - 1977 წლები) და შემცირებული ტემპებით განვითარების პერიოდად (1978 - 1990 წლები); 1991 - 1994 წლები - კრიზისული (1991-1993 წლები) და ჰიპერკრიზისული (1994-2003 წლები) პერიოდები; 2004 წლიდან - კრიზისიდან გამოსვლის გზების ძიების და გაზის დარგის აღორძინების პერიოდი.

გაზიფიკაციის დონით საქართველო იყო ერთ-ერთი მოწინავე ქვეყანა დსთ-ში ბუნებრივი გაზის 43%-იანი და თხევადი გაზის 56%-ის მოხმარებით, ხოლო წლიურმა პიკურმა ხარჯებმა 90-იანი წლებისათვის შეადგინა შესაბამისად 6 მლრდ. მ<sup>3</sup>-ზე და 220 ათას ტონაზე მეტი. 21-ე საუკუნის დასაწყისისათვის ბუნებრივი გაზით გაზიფიცირებული იყო 48 ქალაქი და 230 სოფელი.

საქართველოს კანონის - „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“ მიზანი და ამოცანაა უზრუნველყოს გაზის დარგის ფუნქციონირება და განვითარება საბაზრო ეკონომიკის პრინციპების შესაბამისად, ხოლო საბაზრო ეკონომიკის პირობებში განსაკუთრებით სავალდებულოა უსაფრთხოების მოთხოვნების დაცვა, რადგან ხარისხობრივი მაჩვენებლები რეგულირდება ეკონომიკური და სამართლებრივი ურთიერთობებით ბაზრის სუბიექტთა შორის. ამიტომ წინააღმდეგობების და შეზღუდვების მოხსნა, აგრეთვე უსაფრთხოების სისტემის რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების უზრუნველყოფა გაზის განაწილებისა და მოხმარების დროს, წარმოადგენს გაზის დარგის ძირითად ამოცანას. ამგვარად, აუცილებელია საქართველოს შესაბამისმა სტრუქტურებმა შეიმუშაონ გაზმომარაგების ერთიანი ტექნიკური და ეკონომიკური რეგულირების სისტემა (გაზმომარაგების წესების და ნორმების ნაკრები).

თანამედროვე გაზგამანაწილებელი სისტემები თავისი განვითარების მოცემულ ეტაპზე უნდა პასუხობდნენ იმ მოთხოვნებს, რომლებმაც უნდა უზრუნველყონ: გამანაწილებელი ქსელების ენერგოეფექტურობის მაქსიმალური დონე; გარანტირებული უსაფრთხოება, ექსპლუატაციის მოხერხებულობა და სიმარტივე; მომხმარებლების გაზმომარაგების საიმედოობა (უმტყუნებლობა, ხანგამძლეობა, რემონტვარგისიანობა), მომხმარებლების გაზმომარაგების უწყვეტობა; ტექნიკური მომსახურების, რემონტისა და ავარიულ-აღდგენითი სამუშაოების პირობების შესრულება; გაზმომარაგების რეჟიმების რეგულირება და დაცვა რაოდენობრივი და ხარისხობრივი მაჩვენებლების მიხედვით; გაზმომარაგების სისტემის ტექნიკური მდგომარეობის პროგნოზირება და დიაგნოსტიკა; გაზის მოხმარების რეჟიმების პროგნოზირება; სისტემის მშენებლობასა და ექსპლუატაციაზე მინიმალური მატერიალური და ფინანსური დანახარჯები; მოქნილი სისტემების მშენებლობა, რომელიც საშუალებას იძლევა გამოირთოს მხოლოდ მისი ცალკეული მონაკვეთები (ელემენტები); ტექნოლოგიური პროცესის ავტომატიზაცია და ტელემექანიზაცია, მ.შ. გაზის აღრიცხვის სისტემების; სისტემის სიმძლავრის (მწარმოებლობის) რეზერვი, მისი ეკონომიურობის შენარჩუნების პირობით.

ყველა ზემოხაზოთვლილი მოთხოვნა მაქსიმალურად უნდა იქნას გამოყენებული გაზგამანაწილებელი სისტემების პროექტირების დროს, ხოლო მითითებული მოთხოვნების შესრულების ხარისხი უნდა ფასდებოდეს ისეთი მაჩვენებლებით, როგორებიცაა – ენერგოეფექტურობის დონე, საიმედოობა, უსაფრთხოება, ტექნოლოგიურობა და ეკონომიურობა.

ნაშრომის სამეცნიერო სიახლე დაკავშირებულია აღნიშნული პრობლემების გადაწყვეტასთან, კერძოდ, ლიბერალიზაციის პირობებში გაზის სექტორის რეგულირების მოდელის შექმნასთან, აღნიშნული საკითხების გათვალისწინებით.

**ნაშრომის აქტუალობა.** დღეისათვის საქართველოში ნაკლებად არის მნიშვნელოვანი სამეცნიერო ნაშრომები, რომელიც ეხება ბუნებრივი გაზის სექტორს. მაგისტრალური გაზსადენების (ტრანსპორტირების სისტემა) და გაზგამანაწილებელი ქსელების მდგომარეობის და ავარიული გაგლეჯის შედეგების პროგნოზირება, თავიდან აცილება და გარემოს დაცვითი ღონისძიებების დაგეგმვისათვის აუცილებელი მეცნიერულად დასაბუთებული, დასრულებული, მეთოდოლოგიურად გამართლებული, ნატურულ მონაცემებზე და თეორიაზე დამყარებული მეთოდი აგრეთვე არ არსებობს. ასევე სრულად არ არის შემუშავებული ნატურულ გამოკვლევებზე და თეორიაზე დაყრდნობილი ისეთი მეთოდოლოგია, რომლის თანახმად შესაძლებელია მაკრო ეკონომიკის ორგანიზებული და არაორგანიზებული გაფრქვევის გათვალისწინებით, მაკრო ეკონომიკის მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის გაანგარიშება და გარემოსდაცვითი ღონისძიებების შემუშავება. აგრეთვე საბაზრო ეკონომიკის პირობებში წარმოჩინდება ახალი, დღემდე ღია და დარჩენილი ეკონომიკური საკითხები.

ზემონათქვამიდან გამომდინარე, აღნიშნული პრობლემის მეცნიერული გადაწყვეტა აუცილებელია და მეტად **აქტუალურია**.

**ნაშრომის მიზანია,** შეიქმნას მეცნიერულად დასაბუთებული, ნატურულ მონაცემებზე დაყრდნობილი თეორია, რომლის საშუალებით შესაძლებელია გაზის სექტორის რეგულირება, ტრანსპორტირების სისტემის (მაგისტრალური გაზსადენების) და გაზგამანაწილებელი ქსელების საიმედოობის გაზრდა, მოსალოდნელი ავარიების შემთხვევაში სტრესული ეკოლოგიური მოვლენების რისკების პროგნოზირება, გარემოსდაცვითი ღონისძიებების შემუშავება და ეკონომიკური ეფექტურობის ამაღლება.

დასახული მიზნის მისაღწევად დასმული იქნა შემდეგი ძირითადი ამოცანები:

1. საქართველოს ტრასპორტირების სისტემის ნატურული კვლევების ჩატარება მათი მტყუნების და აღდგენების ალბათური მახასიათებლების დადგენის მიზნით;
2. საქართველოს გაზგამანაწილებელი მეურნეობებისათვის ნატურული კვლევების ჩატარება მათი მტყუნების და აღდგენების ალბათური მახასიათებლების დადგენის მიზნით;
3. საქართველოს გაზის სექტორში რისკის ანალიზის და გადაწყვეტილების მიღების ასპექტები, მათი სტოქასტიკური პროცესების შემუშავება, ავარიების და დაზიანების გათვალისწინებით;
4. ნატურულ გამოკვლევებზე და არსებულ კვლევებზე დაყრდნობით, ისეთი მოდიფიცირებული მეთოდის შექმნა, რომლის თანახმად შესაძლებელია მავნე ნივთიერებების ორგანიზებული და არაორგანიზებული გაფრქვევის გათვალისწინებით, მავნე ნივთიერებების მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის გაანგარიშება და გარემოსდაცვითი ღონისძიებების შემუშავება;
5. ბუნებრივი გაზის სექტორის და გარემოს დაცვის ზოგიერთი ასპექტის შესწავლა.

**კვლევის ობიექტი და მეთოდები.** კვლევის ობიექტად შერჩეულია საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკულ კომპლექსში, კერძოდ გაზის სექტორში არსებული მდგომარეობა და ქვეყნის ენერგორესურსებით უზრუნველყოფაში მისი პოტენციალის დადგენა.

საკითხის თანამედროვე მოთხოვნების დონეზე დამუშავების მიზნით გაანალიზებულია გაზის სექტორის განვითარების პროგნოზირების მსოფლიო გამოცდილება და დასმულია საქართველოში გაზის სექტორის სტრუქტურის საშუალოვადიანი პროგნოზირების ამოცანა. დასახულია მისი განხორციელების კომპლექსური პროგრამა. ამ პროგრამის შესაბამისად კვლევის საწყის ეტაპზე ჩატარებულია საქართველოში ენერგეტიკული რესურსების მდგომარეობის ანალიზი 1999-2012 წლებში. სამუშაოს შესრულების შემდგომი ეტაპი მიეძღვნა საქართველოში გაზის სექტორში სტატისტიკურ და ნატურულ მონაცემებზე დაყრდნობით პრობლემის კვლევას და ქვეყანაში გაზის სექტორში საბაზო საინფორმაციო ბაზის შექმნას. კვლევის დროს გარემოში ნივთიერების შეზღუდული დაბინძურების

ზომად მიღებულია ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია და მასთან დაკავშირებული საინჟინრო მეთოდები, კარძოდ მოდიფიცირებული მეთოდოლოგიის შექმნა და გაზომომარაგების ობიექტის მავნე ნივთიერებების ორგანიზებული და არაორგანიზებული გაფრქვევის საინჟინრო საკითხები. გარდა ამისა, ამ მოდელით მიღებული გაზომომარაგების რისკ-ფაქტორების საპროგნოზო პარამეტრების ანალიზი ჩატარდა ექსპერტული და ანალიზური მეთოდებით.

კვლევის ობიექტად აღებულია გაზგამანაწილებელი ქსელების ნორმატიული დანაკარგის და ჯამური დანაკარგების გადანაწილება მაღალი, საშუალო და დაბალი ქსელებისათვის, სტატისტიკური, ნატურული და ანალიზური მეთოდებით. ჩატარდა საპროგნოზო პარამეტრების ანალიზი ექსპერტული და ანალიზური მეთოდებით, რითაც დადგინდა საიმედოობის და გარემოს დაცვის პროგნოზირების მეთოდები, ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე.

**ძირითადი შედეგები და მეცნიერული სიახლე:** საქართველოს ტრანსპორტირების და გაზგამანაწილებელი მეურნეობის ნატურული მონაცემების მიღება; ჩატარებულ ნატურულ გამოკვლევებზე დაყრდნობით, შესწავლილია დაზიანებების და ავარიების სტატისტიკა სხვადასხვა წნევის ქსელებისთვის; მაგისტრალურ გაზსადენისათვის დადგენილია სტოქასტიკური პროცესები, მათი სტოქასტიკური ფუნქციის ალბათური მახასიათებლები. ასევე ნატურულ გამოკვლევებზე დაყრდნობით, მიღებულია მტყუნების საფრთხეების და აღდგენების ინტენსივობები სააპროქსიმაციო კანონებისათვის. შესწავლილია რისკების ანალიზის ასპექტები, შემუშავებულია მოდიფიცირებული მეთოდოლოგია, რომლის საშუალებით შესაძლებელია მავნე ნივთიერებების ორგანიზებული და არაორგანიზებული გაფრქვევის გათვალისწინებით, მავნე ნივთიერებების მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის გაანგარიშება. განხილულია ბუნებრივი გაზის სექტორის ეკონომიკური ასპექტები. გარჩეულია ბუნებრივი გაზის სექტორის ტრანსპორტირების და განაწილების ტექნოლოგიური ნორმატიული დანაკარგის ანალიზი, სხვადასხვა წნევის გათვალისწინებით; მოწოდების და მოთხოვნის მენეჯმენტის ეკონომიკური პერსპექტივები სატრანზიტო ქვეყნებში; მაგისტრალური მილსადენების მართვის მექანიზმები და სარეზერვო მოთხოვნები.

**ნაშრომის პრაქტიკული ღირებულება.** ნატურული და თეორიული კვლევების საფუძველზე, შემუშავებულია მოდიფიცირებული მეთოდოლოგია, რომლის საფუძველზეც შესაძლებელია მაგისტრალური გაზსადენის კოროზიული ხვრელებიდან გაჟონილი გაზის მოცულობის დადგენა, მავნე ნივთიერებების მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის დადგენა მავნე ნივთიერებების ორგანიზებული და არაორგანიზებული გაფრქვევისას, და გარემოსდაცვითი ღონისძიებების შემუშავება ეკოლოგიური სტრესების მაქსიმალური შემცირების მიზნით. დაგეგმილია შემუშავებული მოდიფიცირებული მეთოდოლოგიის შედეგების ასახვა ნორმატიულ დოკუმენტაციაში. საქართველოს გაზის სექტორში დადგენილია მტყუნების საფრთხეების და აღდგენების ინტენსივობების ინტეგრალური მახასიათებლები, რომლებიც შექმნიან საორიენტაციო ბაზას. გამოკვლეულია გაზსადენებით ტრანსპორტირება, როგორც ბუნებრივი მონოპოლია, ტრანსპორტირების და გაზგამანაწილებელი მეურნეობის, როგორც ბუნებრივი მონოპოლიის რეგულირების საჭიროება. მიღებულია გაზგამანაწილებელი ქსელის ნორმატიული ტექნოლოგიური დანაკარგის მეთოდოლოგია, რომელიც დანერგილია სემეკში.

**ნაშრომის დამაჯერებლობა** განპირობებულია: ნატურული და ექსპერიმენტალური კვლევით - ექსპერიმენტის დაგეგმვისა და დამუშავების მათემატიკური თეორიის გამოყენებით, სტატისტიკური მწკრივების კრიტერიუმებით, თეორიაში არსებული საყოველთაოდ აღიარებული მეთოდების გამოყენებით. გარდა ამისა, კვლევისას გამოყენებულია ძალზე დიდი რაოდენობის ნატურული მონაცემები.

**აპრობაცია:** სადისერტაციო ნაშრომის შედეგები მოხსენდა: საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ენერგეტიკის ფაკულტეტის სემინარებზე.

**შედეგების გამოყენების სფერო:** საქართველოს გაზის სექტორში ბალანსის პროგნოზი საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნეს მეცნიერულად დასაბუთებული, ქვეყნის გაზის სექტორის საიმედოობის და განვითარების (2011-2020წწ) სტრატეგიული გეგმა და ამ გეგმის განხორციელების ტექნიკური უზრუნველყოფის პროგრამა.

კვლევის შედეგები წარმატებით შეიძლება გამოყენებულ იქნას საქართველოს სათბობ-ენერგეტიკული კომპლექსის, კერძოდ გაზის

სექტორში, სტრატეგიულ და მიმდინარე დაგეგმვაში, ასევე გარკვეული რეკომენდაციები - საქართველოს ენერჯეტიკის და საქართველოს წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისიისათვის.

**აპრობაცია:** სადისერტაციო ნაშრომის ძირითადი საკითხები მოხსენების სახით გაშუქდა საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციაზე და თემატურ სემინარზე.

### **საერთაშორისო კონფერენცია:**

1. ნამგალაძე დ., ქავთარაძე ი. О принятии и оптимизации решений внедрения энергообъектов с учетом социально-экологических факторов. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ენერჯეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები”. ქუთაისი. საქართველო. 21-22 მაისი 2010 წელი

2. ქავთარაძე ი. Экологический риск-фактор магистрального газопровода и качественная модель его оценки. საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ენერჯეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები”. ქუთაისი. საქართველო. 21-22 მაისი 2010 წელი

### **თემატური სემინარები:**

**I სემინარი:** საქართველოში ბუნებრივი გაზის სექტორის მიმოხილვა, გაზგამანაწილებლებისათვის ნორმატიული დანაკარგების მეთოდოლოგიის შემუშავება რეგულირების თვალსაზრისით და რისკების ანალიზი.

**II სემინარი:** ბუნებრივი გაზის გაჟონვების მეთოდოლოგიის დადგენა ნატურული მონაცემების მიხედვით საქართველოს გაზმომარაგების ობიექტების მაგალითზე

### **გამოქვეყნებული პუბლიკაციები:**

1. ნამგალაძე დ., ქავთარაძე ი., ლომიძე ი. ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ტექნიკური დანაკარგის წნევების მიხედვით გადანაწილების მეთოდი. ენერჯია. №1 (53), 2010. ქ. თბილისი

2. ქავთარაძე ი. საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრა გაზგამანაწილებელი მეურნეობების ნატურული მონაცემების მიხედვით. „ინტელექტი“. 2011. თბილისი. №3 (41). გვ. 102-105

3. ნამგალაძე დ., ქავთარაძე ი., Модифицированный метод оценки экологической ситуации при вырбосе метана из магистрального газопровода. Georgian Engineering News. #4. Tbilisi. 2009.



4. Namgaladze D., Kavtaradze I. The qualitative model of assessing the ecological risk factor of a gas-main and some aspects of its reliability (Качественная модель оценки экологического риск-фактора магистрального газопровода и некоторые аспекты его надежности).. Lithuania. Kaunas. Energetika. 2011. Т. 57. # 1 p

# 1. გაზმომარაგების ლიტერატურის მიმოხილვა და ანალიზი, დარგის მიმოხილვა და მსოფლიოში სექტორის თანამედროვე მდგომარეობა

გაზიფიკაცია განსაზღვრავს ქვეყნის განვითარების ეკონომიკურ და სოციალურ დონეს. მეტად დიდი მნიშვნელობა გააჩნია გაზის საბოლოო გამოყენებას ენერგეტიკულ, საწარმოო და კომუნალურ-საყოფაცხოვრებო საწვავ სანთურებში. ბუნებრივი გაზის რაციონალური ტექნოლოგიური გამოყენების ძირითად ღირსებას წარმოადგენს მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ეფექტის მიღება აგრეგატების მქკ-ის გაზრდით. წარმოებაში ბუნებრივი გაზის გამოყენება გვაძლევს საშუალებას მივიღოთ ახალი, პროგრესული და ეკონომიკური ტექნოლოგიების პროცესები. ბუნებრივი გაზის მიწოდების გაზრდა ქალაქებში და სოფლებში, ქმნის ახალ და რთულ ამოცანებს, დაკავშირებულს გაზგამანაწილებელი სისტემების რეკონსტრუქციასთან, საიმედოობის გაზრდასთან და გარემოს დაცვასთან.

არსებული ლიტერატურის წყაროებში არსებობს სამი ძირითადი ნაშრომი – მათ შორის: Ионин А.А. Газоснабжение. М., Стройиздат. 1975 და ახალი წიგნი Брюханов О.Н., Газоснабжение. М., Академия. 2008. აგრეთვე, მეტად მნიშვნელოვანი ნაშრომი (Gas Engineers Handbook. Industrial Press Inc. New York, 2000).

ამ ნაშრომებში მოყვანილია შემდეგი მონაცემები: გაზის საწვავი, წვის თეორიის საფუძვლები და გაზის მოძრაობის შესახებ, აგრეთვე გაზმომარაგების სისტემების მახასიათებლების აღწერა. გაშუქებულია გაზმომარაგების სისტემების ნორმატიული დოკუმენტების გამოყენება პროექტირების, მშენებლობის და ექსპლუატაციისას. აქ მოყვანილია საპროექტო, სამშენებლო, სარემონტო-აღდგენითი სამუშაოების, საავარიო-სადისპეტჩერო სამსახურების უსაფრთხოების ტექნიკა, გაზის მეურნეობის ორგანიზაციის საფუძვლები და ა.შ. მოყვანილია გაზმომარაგების ახალი ტექნოლოგიები, პროგრესული მეთოდები, გარემოს დაცვის მოთხოვნები და ა.შ.

განვიხილოთ დაწვრილებით მნიშვნელოვანი ასპექტები.

**ბუნებრივი გაზი** – წარმოადგენს მიწის წიაღში შექმნილი აირების ნარევის. იგი იქმნება ორგანული ნივთიერების ანაერობული დაშლით. ნორმალურ პირობებში (101,325 კპა და 20°C), ბუნებრივი გაზი არსებობს მხოლოდ გაზობრივ მდგომარეობაში. ასევე ბუნებრივი გაზი შეიძლება იყოს ბუნებრივ გაზოჰიდრატებში [1,2].

ბუნებრივი გაზის ტიპიური შემადგენლობა მოყვანილია ცხრილი 1-ში.

ცხრილი 1

ბუნებრივი გაზის ტიპიური შემადგენლობა

მეთანი	$CH_4$	70-95%
ეთანი	$C_2H_6$	2-10%
პროპანი	$C_3H_8$	0-5%
ბუტანი	$C_4H_{10}$	0-2%
ნახშირორჟანი	$CO_2$	0-8%
ჟანგბადი	$O_2$	0-0,2%
აზოტი	$N_2$	0-5%
გოგირდწყალბადი	$H_2S$	0-5%
იშვიათი გაზები	$A, He, Ne, Xe$	ნაკლებეები

შენიშვნა: გამონაკლისს წარმოადგენს ცნობილი საბადო გრონიგენი, სადაც აზოტის შემცველობა არის  $\pm 14\%$ .

გაზების ურთიერთშენაცვლება ხასიათდება ვობეს რიცხვით (index Wobbe – აშშ-ში და WOBBE – დიდ ბრიტანეთში). იგი განისაზღვრება შემდეგნაირად:

$$W = \frac{G_{cv}}{\sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_A}}},$$

სადაც  $W$  - არის ვობეს რიცხვი, მჯ/მ<sup>3</sup> (სითბოს

რაოდენობა, რომელიც გამოიყოფა საქმენიდან გამოსული ერთი მ<sup>3</sup> გაზის წვის დროს, როდესაც გაზის მიწოდება ხდება მუდმივი წნევით);  $G_{cv}$  - გაზის სითბოტევადობა;  $\rho_G$  - გაზის სიმკვრივე;  $\rho_A$  - ჰაერის სიმკვრივე [3].

დიდი ვობეს რიცხვის მქონე გაზი ეფექტური წვისათვის, მოითხოვს მეტ ჟანგბადს. თუ ჟანგბადის მიწოდება არასაკმარისია, მაშინ გვაქვს არასრული წვა CO-ს და მურის (ჰვარტლის) გამოყოფით. საკმაოდ დაბალ ვობეს რიცხვს მივეყვართ არასტაბილურ ალამდე.

სუფთა ბუნებრივი გაზს არა გააჩნია ფერი და სუნი.

საორიენტაციო ფიზიკური მახასიათებლებია (ნორმალურ პირობებში):  
 სიმკვრივე: 0,7–1,0 კგ/მ<sup>3</sup> (მშრალი გაზობრივი მდგომარეობა);  
 თვითაალების/ანთებადების ტემპერატურა: 650 °C; აფეთქების საშიში  
 მოცულობითი კონცენტრაციები, გაზის ნაერთი ჰაერთან 4-16%; წვის კუთრი  
 სიბოლო – 28–46 მჯ/მ<sup>3</sup> (6,7–11,0 მკალ/მ<sup>3</sup>); ოქტანობის რიცხვი: 120–130.

ბუნებრივი გაზის მოპოვება 2009 წელს შეადგენს 3,646 ტრლნ. მ<sup>3</sup>. მათ  
 შორის 197,8 მლრდ. მ<sup>3</sup> იყო მოპოვებული ევროკავშირის ქვეყნებში.  
 დანარჩენი ქვეყნების რანჟირება მოყვანილია ცხრილ 2-ში [4,5,6].

ცხრილი 2

მსოფლიოში ქვეყნების ბუნებრივი გაზის მოპოვება რანჟირების მიხედვით

N	ქვეყანა	მოცულობა	N	ქვეყანა	მოცულობა
1	აშშ	598 მლრდ.მ <sup>3</sup>	46	სირია	6,5 მლრდ.მ <sup>3</sup>
2	რუსეთი	584 მლრდ.მ <sup>3</sup>	47	პოლონეთი	6,0 მლრდ.მ <sup>3</sup>
3	კანადა	187 მლრდ.მ <sup>3</sup>	48	ახალი ზელანდია	4,57 მლრდ.მ <sup>3</sup>
4	ირანი	111,9 მლრდ.მ <sup>3</sup>	49	იაპონია	3,73 მლრდ.მ <sup>3</sup>
5	ნორვეგია	99,3 მლრდ.მ <sup>3</sup>	50	პერუ	3,4 მლრდ.მ <sup>3</sup>
6	ალჟირი	85,7 მლრდ.მ <sup>3</sup>	51	სამხრეთ აფრიკის რესპ.	2,9 მლრდ.მ <sup>3</sup>
7	ჰოლანდია	76,3 მლრდ.მ <sup>3</sup>	52	ხორვატია	2,89 მლრდ.მ <sup>3</sup>
8	საუდის არაბეთი	75,9 მლრდ.მ <sup>3</sup>	53	ტუნისი	2,55 მლრდ.მ <sup>3</sup>
9	დიდი ბრიტანეთი	72,3 მლრდ.მ <sup>3</sup>	54	უნგრეთი	2,55 მლრდ.მ <sup>3</sup>
10	ჩინეთი	69,27მლრდ.მ <sup>3</sup>	55	ისრაელი	2,35 მლრდ.მ <sup>3</sup>
11	თურქმენეთი	68,88მლრდ.მ <sup>3</sup>	56	ფილიპინები	2,2 მლრდ.მ <sup>3</sup>
12	უზბეკეთი	65,19მლრდ.მ <sup>3</sup>	57	ავსტრია	1,85 მლრდ.მ <sup>3</sup>
13	მაღაზია	64,5 მლრდ.მ <sup>3</sup>	58	ჩილე	1,8 მლრდ.მ <sup>3</sup>
14	ყაზახი	59,8 მლრდ.მ <sup>3</sup>	59	მოზამბიკი	1,65 მლრდ.მ <sup>3</sup>
15	ინდონეზია	56 მლრდ.მ <sup>3</sup>	60	კოტ დ'ივუარი	1,3 მლრდ.მ <sup>3</sup>
16	მექსიკა	55,98მლრდ.მ <sup>3</sup>	61	მკვდორული გვინეა	1,3 მლრდ.მ <sup>3</sup>
17	გაერთ. არაბული საემირ..	48,79მლრდ.მ <sup>3</sup>	62	კუბა	1,22 მლრდ.მ <sup>3</sup>
18	ეგვიპტე	47,5 მლრდ.მ <sup>3</sup>	63	საფრანგეთი	0,95 მლრდ.მ <sup>3</sup>
19	არგენტინა	44,8 მლრდ.მ <sup>3</sup>	64	თურქეთი	0,893მლრდ.მ <sup>3</sup>
20	ავსტრალია	43,62მლრდ.მ <sup>3</sup>	65	ანგოლა	0,68 მლრდ.მ <sup>3</sup>
21	ტრინიდადი და ტობაგო	39 მლრდ.მ <sup>3</sup>	66	სერბია	0,65 მლრდ.მ <sup>3</sup>
22	ნიგერია	34,1 მლრდ.მ <sup>3</sup>	67	სამხრეთი კორეა	0,64 მლრდ.მ <sup>3</sup>
23	ინდოეთი	31,7 მლრდ.მ <sup>3</sup>	68	ირლანდია	0,457მლრდ.მ <sup>3</sup>
24	პაკისტანი	30,8 მლრდ.მ <sup>3</sup>	69	ტაივანი	0,416მლრდ.მ <sup>3</sup>
25	ყაზახეთი	27,88მლრდ.მ <sup>3</sup>	70	იორდანია	0,32 მლრდ.მ <sup>3</sup>
26	ვენესუელა	26,5 მლრდ.მ <sup>3</sup>	71	მკვდორი	0,28 მლრდ.მ <sup>3</sup>
27	ტაილანდი	25,4 მლრდ.მ <sup>3</sup>	72	კონგო	0,18 მლრდ.მ <sup>3</sup>
28	ომანი	24,1 მლრდ.მ <sup>3</sup>	73	ჩეხეთი	0,172მლრდ.მ <sup>3</sup>
29	უკრაინა	21,1 მლრდ.მ <sup>3</sup>	74	ბელორუსია	0,164მლრდ.მ <sup>3</sup>
30	გერმანია	18,0 მლრდ.მ <sup>3</sup>	75	ტანზანია	0,146მლრდ.მ <sup>3</sup>
31	ბანგლადეში	15,7 მლრდ.მ <sup>3</sup>	76	პაპუა ახალი გვინეა	0,14 მლრდ.მ <sup>3</sup>
32	ერაყი	15,7 მლრდ.მ <sup>3</sup>	77	სლოვაკეთი	0,128მლრდ.მ <sup>3</sup>
33	ლიბია	14,8 მლრდ.მ <sup>3</sup>	78	გაბონი	0,1 მლრდ.მ <sup>3</sup>
34	ბოლივია	14,7 მლრდ.მ <sup>3</sup>	79	ესპანეთი	88 მლნ.მ <sup>3</sup>
35	ბრუნეი	13,8 მლრდ.მ <sup>3</sup>	80	მაროკო	88 მლნ.მ <sup>3</sup>

36	ბირმა	12,6 მლრდ.მ <sup>3</sup>	81	მოლდოვა	59 მლნ.მ <sup>3</sup>
37	კუვეიტი	12,5 მლრდ.მ <sup>3</sup>	82	სენეგალი	50 მლნ.მ <sup>3</sup>
38	რუმინეთი	12,5 მლრდ.მ <sup>3</sup>	83	ალბანეთი	30 მლნ.მ <sup>3</sup>
39	ბახრეინი	11,3 მლრდ.მ <sup>3</sup>	84	ბარბადოსი	29 მლნ.მ <sup>3</sup>
40	ბრაზილია	9,8 მლრდ.მ <sup>3</sup>	85	საბერძნეთი	24 მლნ.მ <sup>3</sup>
41	აზერბაიჯანი	9,77 მლრდ.მ <sup>3</sup>	86	ავღანეთი	20 მლნ.მ <sup>3</sup>
42	იტალია	9,71 მლრდ.მ <sup>3</sup>	87	კამერუნი	20 მლნ.მ <sup>3</sup>
43	დანია	9,22 მლრდ.მ <sup>3</sup>	88	ყირგიზეთი	18 მლნ.მ <sup>3</sup>
44	კოლუმბია	7,22 მლრდ.მ <sup>3</sup>	89	ტაჯიკეთი	16 მლნ.მ <sup>3</sup>
45	ვიეტნამი	6,86 მლრდ.მ <sup>3</sup>	90	სლოვენია	4 მლნ.მ <sup>3</sup>

ცხრილ 3-ში ნაჩვენებია 2008 წლის ბუნებრივი გაზის ექსპორტის მონაცემები, ყველა ქვეყნის ექსპორტისათვის [7].

### ცხრილი 3

#### ბუნებრივი გაზის ექსპორტიორი ქვეყნების ნუსხა

N	ქვეყანა	მოცულობა	N	ქვეყანა	მოცულობა
1	რუსეთი	245,0მლრდ.მ <sup>3</sup>	23	ევგოპტე	8,55 მლრდ.მ <sup>3</sup>
2	კანადა	102,8მლრდ.მ <sup>3</sup>	24	გაერთ. არაბული სამეირ.	7,57 მლრდ.მ <sup>3</sup>
3	ნორვეგია	95,23მლრდ.მ <sup>3</sup>	25	აზერბაიჯანი	5,56 მლრდ.მ <sup>3</sup>
4	ჰოლანდია	61,72მლრდ.მ <sup>3</sup>	26	დანია	5,52 მლრდ.მ <sup>3</sup>
5	ალჟირი	59,67მლრდ.მ <sup>3</sup>	27	ეკვატორული გვინეა	5,17 მლრდ.მ <sup>3</sup>
6	ყატარი	56,78მლრდ.მ <sup>3</sup>	28	უკრაინა	5,0 მლრდ.მ <sup>3</sup>
7	ინდონეზია	33,5 მლრდ.მ <sup>3</sup>	29	ირანი	4,25 მლრდ.მ <sup>3</sup>
8	მაღაიზია	31,03მლრდ.მ <sup>3</sup>	30	ჩინეთი	3,34 მლრდ.მ <sup>3</sup>
9	აშშ	28,49მლრდ.მ <sup>3</sup>	31	მოზამბიკი	3,2 მლრდ.მ <sup>3</sup>
10	ნიგერია	20,55მლრდ.მ <sup>3</sup>	32	ავსტრია	2,79 მლრდ.მ <sup>3</sup>
11	ავსტრალია	19,48მლრდ.მ <sup>3</sup>	33	მექსიკა	1,14 მლრდ.მ <sup>3</sup>
12	ყაზახეთი	17,66მლრდ.მ <sup>3</sup>	34	საფრანგეთი	1,0 მლრდ.მ <sup>3</sup>
13	ტრინიდადი და ტობაგო	17,36მლრდ.მ <sup>3</sup>	35	ჩეხეთი	0,97 მლრდ.მ <sup>3</sup>
14	უზბეკეთი	15,9 მლრდ.მ <sup>3</sup>	36	კოლუმბია	9,9 მლრდ.მ <sup>3</sup>
15	თურქმენეთი	14,0 მლრდ.მ <sup>3</sup>	37	არგენტინა	0,89 მლრდ.მ <sup>3</sup>
16	გერმანია	12,68მლრდ.მ <sup>3</sup>	38	თურქეთი	0,72 მლრდ.მ <sup>3</sup>
17	ბოლივია	11,79მლრდ.მ <sup>3</sup>	39	ხორვატია	0,7 მლრდ.მ <sup>3</sup>
18	ომანი	10,89მლრდ.მ <sup>3</sup>	40	იტალია	0,21 მლრდ.მ <sup>3</sup>
19	დიდი ბრიტანეთი	10,5 მლრდ.მ <sup>3</sup>	41	სლოვაკეთი	0,12 მლრდ.მ <sup>3</sup>
20	ლიბია	19,4 მლრდ.მ <sup>3</sup>	42	პოლონეთი	0,39 მლრდ.მ <sup>3</sup>
21	ბრუნეი	9,2 მლრდ.მ <sup>3</sup>	43	უნგრეთი	0,21 მლრდ.მ <sup>3</sup>
22	ბირმა	8,55 მლრდ.მ <sup>3</sup>	44	იემენი	0,45 მლრდ.მ <sup>3</sup>

განვიხილოთ არატრადიციული გაზი (ფიქალის გაზი) [8]. აშშ-ში, XIX საუკუნის დასაწყისში (1821 წელს), აღმოჩენილი იქნა ფიქალის გაზის ფენები, უილიამ ჰარტის მიერ (ფრედომია, ნიუ იორკი), თუმცა ამოღება ტექნოლოგიური ფაქტორების გამო იყო არარენტაბელური. 1980 წლიდან იწყება გაზის ამოღება ბურღვით, 2000 წელს, ბარნეტის საბადოზე, გაიბურღა ჰორიზონტალური ჭაბურღელი, ხოლო უკვე 2009 წლისათვის გაკეთდა 1658 ჭაბურღილი. 2009 წელს აშშ გახდა გაზის მოპოვების

მსოფლიო ლიდერი (745,3 მლრდ.მ<sup>3</sup>), თანაც მისი მოპოვების 40%-ს შეადგენდა არატრადიციულ წყაროებიდან (მეთანის ამოღება ნახშირის ფენებიდან და ფიქალის გაზი) მოპოვებული გაზი.

ექსპერტების აზრით, ფიქალის გაზის მოპოვების თვითღირებულება უფრო დიდია, ვიდრე ბუნებრივი გაზის.

ფიქალის გაზის მოპოვების ტექნოლოგიაა: მოპოვებისას იყენებენ ჰორიზონტალურ ბურღვას, ფენის ჰიდრორღვევას და სეისმურ მოდელირებას.

ევროპაში, შეფასებით, ფიქალის გაზის რესურსების მოცულობა დაახლოებით 15 ტრლნ. მ<sup>3</sup>-ია. ფიქალის გაზის ძირითადი რეგიონებია პოლონეთი, ჩრდილოეთი გერმანია, ჩრდილოეთის ზღვის სამხრეთი ნაწილი, უკრაინა.

ცხადია, რომ არატრადიციული გაზს ახასიათებს როგორც დადებითი, ასევე ნეგატიური ფაქტორები. განვიხილოთ ისინი:

აშშ-ში დადებით ფაქტორებს წარმოადგენს: ხელისუფლების დაინტერესება; ფიქალის გაზის მნიშვნელოვანი მოპოვება; მიმდინარე მოპოვების მაღალი მახასიათებლები; დაგროვილი გამოცდილება, ტექნოლოგიების მაღალი დონე. უარყოფითი ფაქტორებია: ფიქალის გაზის მოპოვების რენტაბელობის შემცირება დაბალი რეგიონალური ფასების პირობებში; ფიქალის გაზის ამოღების კოეფიციენტის შემცირება საბადოს ხანგრძლივი ექსპლუატაციისას; დამტკიცებული მარაგების დაბალი დონე მარაგების ზოგად სტრუქტურაში; ეკოლოგიური რისკები.

ევროპისათვის დადებითი ფაქტორებია: ხელისუფლების დაინტერესება; ფიქალის გაზის მნიშვნელოვანი მოპოვება. უარყოფითი ფაქტორებია: იურიდიული, საგადასახადო, ეკოლოგიური შეზღუდვები; მოპოვების საკუთარი ტექნოლოგიის არარსებობა;

ჩინეთში დადებითი ფაქტორებია: ხელისუფლების დაინტერესება; ფიქალის გაზის მნიშვნელოვანი მოპოვება. უარყოფითია: მარაგების სუსტი ეკოლოგიური შესწავლა; ეკოლოგიური შეზღუდვები (წყლის რესურსების დეფიციტი); მოპოვების საკუთარი ტექნოლოგიის არარსებობა.

ჰიპოთეტურად, ფიქალის გაზის მარაგები მსოფლიოში მეტია, ვიდრე ტრადიციული გაზისა. შეფასება, მხოლოდ პროგნოზური, დაახლოებითა: მსოფლიოშია 200 ტრლნ.მ<sup>3</sup>.

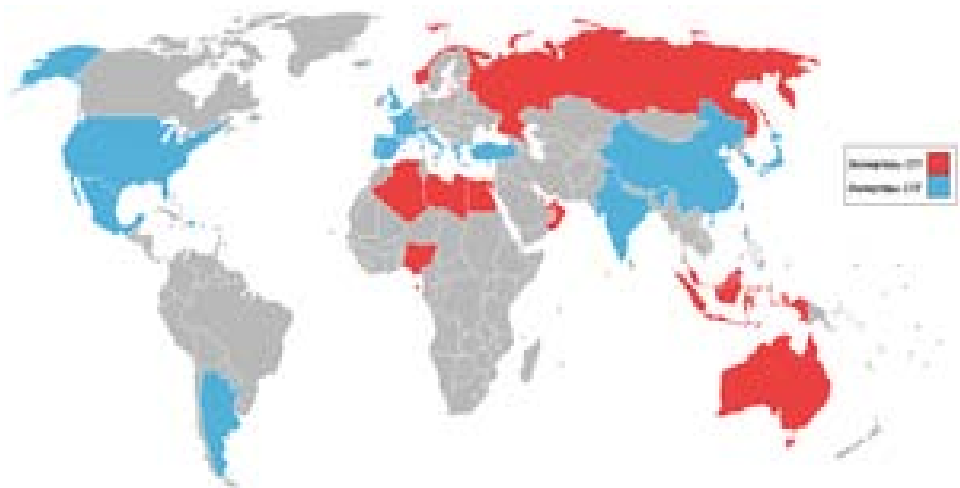
აშშ-ში დღეისათვის, ფიქალის გაზის მოპოვება იძლევა სრული მოპოვებული გაზის 10%-მდე. ფიქალების საბადოების დამუშავების ტექნოლოგიური სპეციფიკის გამო ჭაბურღილების მუშაობის საშუალო დრო არის 30-40 წელი. თუმცა, აღმოჩნდა, რომ ჭაბურღილების არსებული რაოდენობის 15%, რეალურად ამოიწურა 15 წლის განმავლობაში.

ევროპაში ფიქალის გაზის მოპოვება, როგორც წესი, ხდება იმ ადგილებში სადაც მოთხოვნა მნიშვნელოვანია, განსხვავებით აშშ-გან.

საჭიროა აღინიშნოს მნიშვნელოვანი ეკოლოგიური ასპექტი. რადგანაც ხდება ფიქალის გაზის მნიშვნელოვანი მოპოვება ჭაბურღილების ჰორიზონტალური ბურღვით, ამიტომ არსებობს საშიშროება წყლოვანი ფენების დაბინძურებისა ბურღვის წყლით. დღეისათვის, ზოგიერთი გაზის კომპანია უკვე გადადის ბურღვაზე სპეციალური ხსნარების საშუალებით.

**გათხევადებული შეკუმშული გაზი**, წარმოადგენს ბუნებრივ გაზს, რომელსაც ხელოვნურად კუმშავენ  $-160^{\circ}\text{C}$ , შესანახად და ტრანსპორტირებისათვის [9].

გათხევადებული შეკუმშული გაზი წარმოადგენს უფრო და უსუნო სითხეს, რომლის სიმკვრივე ორჯერ ნაკლებია წყლისაზე და 75-90% შედგება მეთანისაგან. დუდილის ტემპერატურაა  $158^{\circ}\text{C}$ -დან  $163^{\circ}\text{C}$ -მდე. სითხის მდგომარეობაში იგი არ იწვის, არა ტოქსიკურია და არა აგრესიულია. დაწვისას ორთქლი გარდაიქმნება ნახშირორჟანგად და წყლის ორთქლად.



ნახ.1. გათხევადებული შეკუმშული გაზის ექსპორტიორების (წითელი ფერი)  
და იმპორტიორების (ლურჯი ფერი) რუკა

გათხევადებულ შეკუმშულ გაზს იღებენ მოცულობის დაახლოებით 600-ჯერ შეკუმშვის დროს. შეკუმშვის პროცესი მიმდინარეობს საფეხურებად, როდესაც გაზი 5-12-ჯერ იკუმშება, შემდეგ ცივდება და გადაეცემა შემდეგ საფეხურს. გათხევადების პროცესის დროს იყენებენ სხვადასხვა ტიპის დანადგარებს.

ნახ.1-ზე ნაჩვენებია გათხევადებული შეკუმშული გაზის ექსპორტიორების და იმპორტიორების რუკა.

გათხევადებული შეკუმშული გაზის შენახვის და ტრანსპორტირების პროცესი შემდეგია: შეკუმშულ გათხევადებულ გაზს ინახავენ სპეციალურ კრიოცისტერნებში, დიუარის ჭურჭლის პრინციპით. ტრანსპორტირება ხდება საზღვაო გემებით – სპეციალური ცისტერნებით. შემდგომში, გათხევადებული შეკუმშული გაზის საშუალებით, შემდგომი რეგაზიფიცირებით ხდება ქსელში მიწოდება საბოლოო მომხმარებლებისათვის.

დღეისათვის, მწარმოებელ ქვეყნებს შორის ლიდერობენ შემდეგი ქვეყნები (2007 წლის მონაცემებით), (ცხრილი 4)

ცხრილი 4

გათხევადებული შეკუმშული გაზის ლიდერი  
ქვეყნები-მწარმოებლების ნუსხა

ქვეყანა	მოცულობა მლრდ მ <sup>3</sup>
ინდონეზია	31,5
მაღაიზია	28,5
კატარი	27,1
ალჟირი	25,7
ავსტრალია	14,9
ტრინადადი და ტობაგო	14,0

2008 წლის მონაცემების მიხედვით ძირითადი იმპორტიორი ქვეყნები აღნიშნულია ცხრილ 5-ში:



გათხევადებული შეკუმშული გაზის ძირითად იმპორტიორ-ქვეყნების ნუსხა

ქვეყანა	მოცულობა მლრდ მ <sup>3</sup>
იაპონია	92,13
კორეა	36,55
ესპანეთი	28,73
საფრანგეთი	12,59
ტაივანი	12,07

განვიხილოთ გათხევადებული შეკუმშული ბუნებრივი გაზის რეგაზიფიკაცია. იგი წარმოადგენს გაზობრივი გაზის თხევად მდგომარეობაში გარდაქმნის პროცესს, რის შემდეგ შესაძლოა მისი მიწოდება სხვადასხვა მეთოდებით.

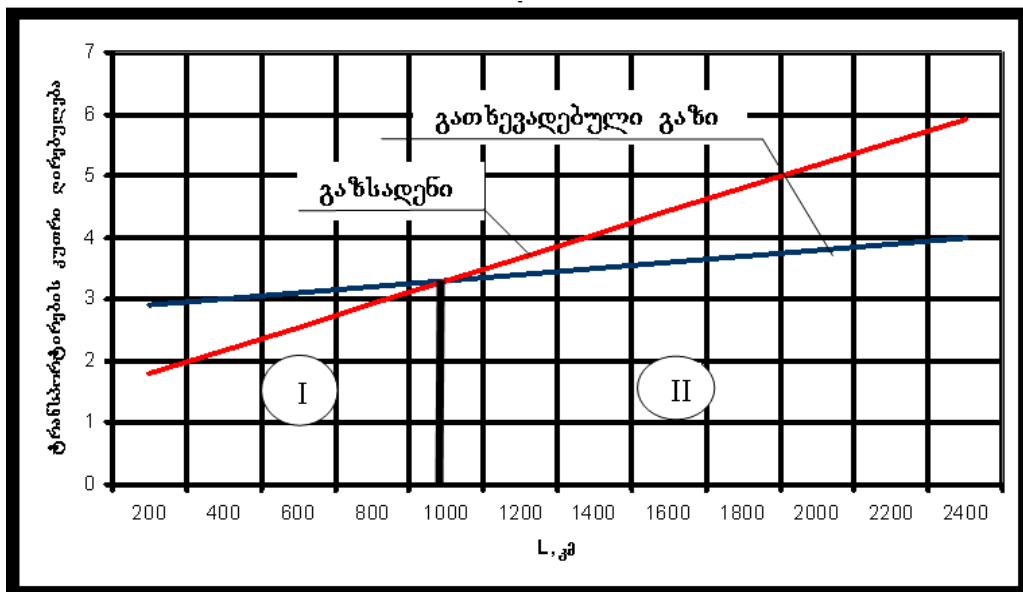
გათხევადებული შეკუმშული ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირება მსხვილი მოცულობებით ხდება საზღვაო ტანკერებით. მათი საშუალებით გათხევადებული შეკუმშული გაზი მიეწოდება სპეციალურ რეგაზიფიკაციურ ტერმინალებში, სადაც შედის მისადგომები, ჩამოსასხმელი ესტაკადა, რეზერვუარები შესანახად, აორთქლების სისტემა, გადამუშავების, აორთქლების და აღრიცხვის კვანძი.

გათხევადებულ შეკუმშული გაზს აქვს მნიშვნელოვანი უპირატესობა, რადგანაც შესაძლოა მიწოდების დივერსიფიკაცია. გათხევადებული ბუნებრივი გაზი შეიძლება საწყალოსნო გზების მეშვეობით მიეწოდოს ათასობით კილომეტრის იქით. ტრანსოკეანური მიწოდება შესაძლებელს ხდის მოქნილი მოცულობების რეალიზებას ბაზრებზე შედგაითიანი ფასებით. ამგვარად შეკუმშული გაზის ტრანსპორტირება ახალი ტექნოლოგიით, ქმნის ენერგორესურსების მიწოდების სისტემას, როდესაც გამყიდველი და მყიდველი აღარ არიან დაკავშირებულნი მილსადენით და იქმნება გაზის ახალი გლობალური ბაზარი.

გათხევადებული შეკუმშული გაზით ვაჭრობის მოცულობა ბოლო 10 წლის განმავლობაში გაიზარდა 10-ჯერ. სხვა შეფასებების მიხედვით, 2030 წლამდე შესაძლოა კიდევ 5-ჯერ გაზრდა.

როდესაც ექსპორტი წარმოებს მილსადენებით, ხოლო ბაზრები საკმაოდ დიდ მანძილზეა, იქმნება შემდეგი სირთულეები: საჭიროა 48–56

დიუმის დიამეტრის მილსადენები; საჭიროა 20–25 მლრდ. მ<sup>3</sup> მოცულობის დამატებითი მიწოდება; ძალზე მაღალია საერთო დანახარჯები (მაგრამ ყველაზე დაბალია კუთრი დანახარჯები ერთეული მოცულობის ტრანსპორტირებაზე); საჭიროა მოთხოვნის აგრეგირება რამდენიმე ნაციონალურ ბაზარზე; ტრანზიტული სქემები – მეტად რთულია; არსებობს მნიშვნელოვანი საბაზრო რისკები. გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ღირებულების ჯაჭვში, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მისი ტრანსპორტირების მრავალი ფაქტორი, კერძოდ გასათვალისწინებელია შემდეგი: ახალი სატრანსპორტო ხომალდი გათხევადებული ბუნებრივი გაზისათვის ღირს დაახლოებით აშშ \$ 170 მლნ (დაახლოებით ორჯერ მეტი ვიდრე ნავთობგადამზიდავი ტანკერი); გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირება დაახლოებით 6-8-ჯერ მეტია, ვიდრე ნავთობის; გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირებისათვის საჭიროა ხომალდების ზომების გაზრდა.



ნახ.2. კონკურენტული ვარიანტების (ტრანსპორტირება ან გათხევადებული ბუნებრივი გაზი) შედარების სქემა

თუ შევადარებთ გათხევადებული გაზის ტრანსპორტირებას გაზის მილსადენით ტრანსპორტირებასთან, შევნიშნავთ გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ღირებულებით კონკურენტუნარიანობას, კერძოდ: მუდმივი დანახარჯების მაღალი ზღურბლი; ტრანსპორტირების უფრო დაბალი ღირებულება მანძილის შესაბამისად.

ნახ.2-ზე ნაჩვენებია კონკურენტული ვარიანტების (ტრანსპორტირება ან გათხევადებული ბუნებრივი გაზი) შედარების სქემა. ნახაზიდან ჩანს, რომ I არესათვის მიზანშეწონილია მილსადენების გამოყენება, ხოლო II არესათვის - გათხევადებული ბუნებრივი გაზის.

გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტი, მილსადენის გაზთან შედარებით მიმზიდველია შემდეგი გარემოების გამო; გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ღირებულების კონკურენტუნარიანობა; მანძილიდან გამომდინარე ტრანსპორტირების უფრო დაბალი ფასი; ნაკლები მგრძობიარობა პროექტის მასშტაბისადმი); ტრანზიტთან დაკავშირებული პრობლემის არიდება; მიწოდების დივერსიფიკაცია როგორც გამყიდველებისათვის, ისე მყიდველებისათვის; დანიშნულების მოქნილობა და გადაყიდვის შესაძლებლობა; პროექტის ზომის მოცულობა და ა.შ. თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ღიად რჩება გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ახალი ტერმინალების საკითხი.

ცხრილ 6-ში მოყვანილია მსოფლიოში მოხმარებული გაზის რაოდენობაში გათხევადებული ბუნებრივი გაზის წილის ზრდის ტემპის დინამიკა.

### ცხრილი 6

გათხევადებული გაზის წილის ზრდის ტემპის დინამიკა

	2005	2015
ჩრდილოეთი ამერიკა	11%	18%
ევროპა	8%	18%
აზია	52%	53%
მსოფლიო	11%	18%

ყველაზე ტრადიციული, გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ბაზარი - გააჩნია აზია-წყნარი ოკეანის რეგიონს. აქ არსებობს გათხევადებული ბუნებრივი გაზის ტრადიციული ბაზარი, სადაც ძირითადად დომინირებს გაყიდვები იაპონიაში და სამხრეთ კორეაში.

**ბიოგაზი** – არის ბიომასის დუღილით წყალბადიდან ან მეთანიდან მიღებული გაზი [10]. ბიომასის მეთანური დაშლა ხდება სამი სახის ბაქტერიის ზემოქმედებით. პირველი – ჰიდროლიზური ბაქტერიები, მეორე – მუავა წარმომქმნელები, მესამე – მეთანისებრი შემქმნელები. ბიოგაზის

წარმოებაში ხდება არა მხოლოდ მეთანოგენების კლასის ბაქტერიები, არამედ ყველა სამივე სახე.

პირველი დოკუმენტური ბიოგაზის დანდგარი 1859 წელს შეიქმნა ინდოეთში (ბომბეი). ბიოგაზი, 1895 წლიდან დიდ ბრიტანეთში გამოიყენება ქუჩების განათებისთვის. 1930 წელს აღმოჩენილია, ბიოგაზის პროცესის ბაქტერიები [11].

ბიოგაზის შემადგენლობა და ხარისხი შემდეგია: მეთანი - 50-87%,  $CO$  - 13-50%,  $H_2$  და  $H_2S$  - უმნიშვნელო მინარევი. ბიოგაზის გასუფთავების შემდეგ, მიიღება ბიოგაზი, რომელიც წარმოადგენს ბუნებრივი გაზის სრულ ანალოგს. ბიოგაზიდან მიიღება ორგანული ნარჩენები.

დუღილის პროცესზე მოქმედების ფაქტორები შემდეგია: ტემპერატურა; გარემოს ტენიანობა;  $pH$ -ის დონე;  $C:N:P$  შეფარდება; ნედლეულიდან მიღებული ნაწილაკების მნიშვნელოვანი ზედაპირი; სუბსტრატის მიწოდების სიხშირე და ა.შ.

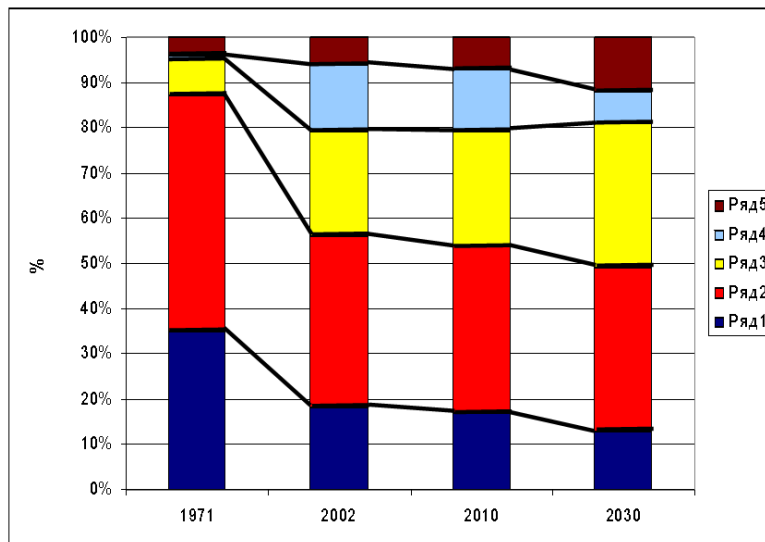
ბიოგაზი საწვავად გამოიყენება: ელექტროენერჯის, სითბოს და ორთქლის მისაღებად, აგრეთვე გამოიყენება ავტომობილის საწვავად.

გაზის სექტორის წარმოება-გასაღების ჯაჭვის სირთულის წარმოდგენა და გაგება, და მათი ტრანსქეეწური მნიშვნელობა წარმოადგენს საკვანძო საკითხს გაზის ბაზრებისათვის. ევროკავშირის მდებარეობა ქმნის მეტად ხელსაყრელ პირობებს გაზის მიწოდებისთვის გაზსადენების საშუალებით. მაგრამ ევროკავშირისათვის ცნობილი არ არის, თუ ზუსტად რამდენი იმპორტული გაზი დაჭირდება მას 2020 წელს, და მას შემდეგ.

მნიშვნელოვანი განსხვავებაა გაზის მოპოვებისა და მისი ტრანსპორტირების ბაზარზე. ცხადია რომ, გაზის სექტორის ინფრასტრუქტურა წარმოადგენს გადამწყვეტ ფაქტორს – იგეგმება ახალი პროდუქტი, მაგრამ ზოგირთ ბაზარზე სიტუაცია არამყარია და დაკავშირებულია გეოპოლიტიკურ ასპექტებთან. ეს განასაკუთრებით ვლინდება მაშინ, როდესაც ადგილი აქვს გაზის ტრანზიტს რამოდენიმე ქვეყანაში. თუმცა არსებობს საერთაშორისო დოკუმენტები ტრანზიტული გატარების პრინციპების დადგენის შესახებ, რეალურად იქმნება გაუთვალისწინებელი სიტუაციები. მაგალითისათვის შეიძლება მოვიყვანოთ

რუსული გაზის სომხეთში ტრანსპორტირება (ტრანზიტი) საქართველოს გავლით. რუსეთი უტოვებს საქართველოს ტრანზიტულად გატარებული გაზის 10%, რაც დადგენილია ქვეყნებს შორის დადებული ხელშეკრებულებით, მაგრამ არა საერთაშორისო ნორმებით. საყურადღოა აგრეთვე უკრაინის მაგალითი 2009 წელს. პრობლემის წინაისტორია, უკრაინის უკან დახევა, საერთაშორისო რეაქციები – ყველაფერი ქმნის რეალური ცხოვრების ნათელ მაგალითებს ენერგეტიკისა და პოლიტიკის დარგში.

ნახ.3-ზე ნაჩვენებია ევროკავშირის პირველად ენერგიაში საწვავის წილის დინამიკა და პროგნოზი წლების განმავლობაში [12].



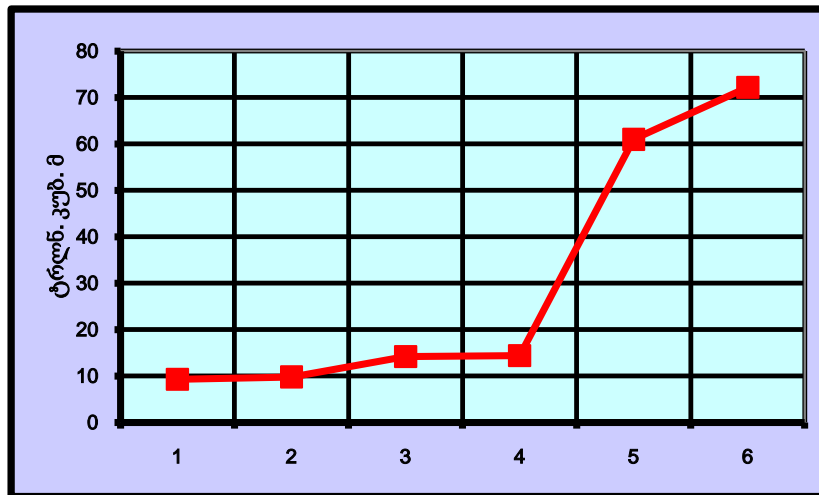
ნახ.3. ევროკავშირის პირველად ენერგიაში საწვავის წილის დინამიკა და პროგნოზი: 1. ნახშირი; 2. ნავთობი; 3. ბუნებრივი გაზი; 4. ბირთვული ენერგია; 5. განახლებადი ენერგია

წყარო: IEA.

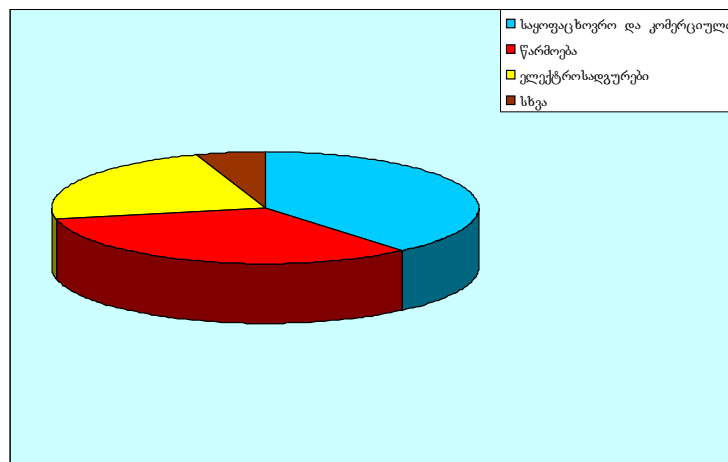
ნახ.4-ზე ნაჩვენებია მსოფლიოს ბუნებრივი გაზის მარაგი, რეგიონების მიხედვით.

ნახ.5-ზე ნაჩვენებია ევროკავშირის ბუნებრივი გაზის მოხმარების სტრუქტურა სექტორების მიხედვით.

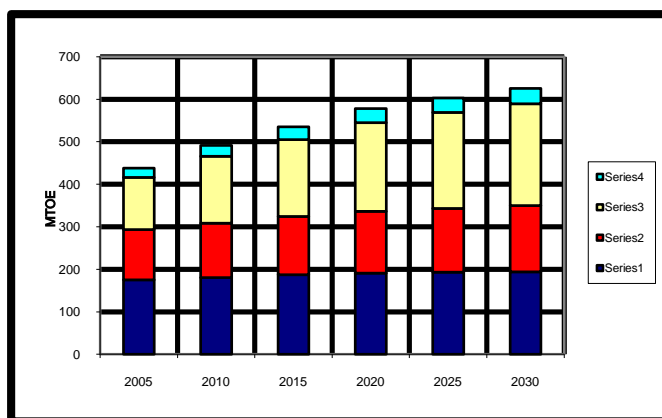
ნახ.6-ზე ნაჩვენებია ევროკავშირის ბუნებრივი გაზის მოხმარების პროგნოზი, წლების მიხედვით, ხოლო ნახ.7-ზე ნაჩვენებია ევროკავშირში საწარმოო გაზის მოხმარების სტრუქტურა



ნახ.4. მსოფლიოს ბუნებრივი გაზის მარაგი, რეგიონების მიხედვით: 1. სამხრეთი და ცენტრალური ამერიკა; 2. ჩრდილოეთი ამერიკა; 3. აზია და წყნარი ოკეანე; 4. აფრიკა; 5. ევროპა და ევრაზია; 6. აღმოსავლეთი აზია

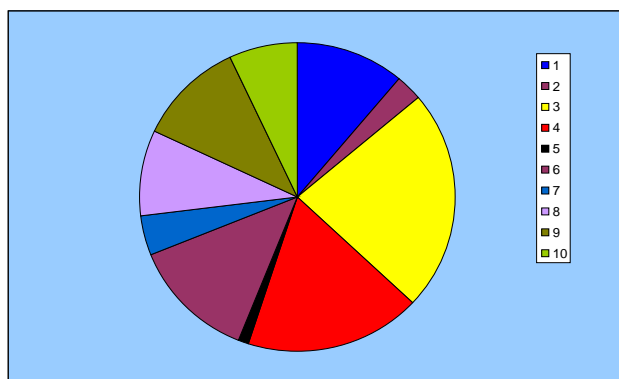


ნახ.5. ევროკავშირის ბუნებრივი გაზის მოხმარების სტრუქტურა სექტორების მიხედვით: 1. საყოფაცხოვრო და კომერციული – 38,9%; 2. წარმოება – 32,9%; 3. ელექტროსადგურები – 23,0%; 4. სხვა – 5,2 %



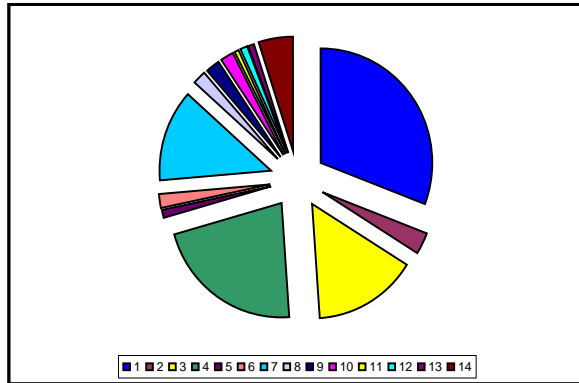
ნახ.6. ევროკავშირის ბუნებრივი გაზის მოხმარების პროგნოზი, წლების მიხედვით: 1. საყოფაცხოვრო და კომერციული; 2. წარმოება; 3. ელექტროსადგურები; 4. სხვა

შენიშვნა: MTOE - მლნ. TOE; TOE=42 GJ; GJ – ნიშნავს გიგაჯოული.



ნახ.7. ევროკავშირში საწარმოო გაზის მოხმარების სტრუქტურა: 1. ფოლადის ჩამომსხმელი მრეწველობა – 11%; 2. ფერადი მეტალურგია – 2%; 3. ქიმიური მრეწველობა – 23%; 4. არასამადნო მრეწველობა – 18%; 5. მადნის მოპოვების დარგი – 1%; 6. კვების, თამბაქოს და სასმელების მრეწველობა – 13%; 7. ტექსტილის, ტყავისა და ტანსაცმელის მრეწველობა – 4%; 8. ქაღალდის და ბეჭდვის მრეწველობა – 9%; 9. სხვა მეტალურგიული მრეწველობა – 11%; 10. სხვა დარგები – 2%

ნახ.8-ზე, ნაჩვენებია ევროკავშირში გაზის იმპორტის რაოდენობა წყაროების მიხედვით.



ნახ.8. ევროკავშირის ბუნებრივი გაზის იმპორტი წყაროების მიხედვით: EU 25 Gas – ის იმპორტი (2006): 1. რუსეთი – 31%; 2. გერმანია – 3%; 3. ალჟირი – 15%; 4. ნორვეგია – 22%; 5. დანია – 1%; 6. ლიბია – 2%; 7. ნიდერლანდები – 13%; 8. დიდი ბრიტანეთი – 2%; 9. ეგვიპტე – 2%; 10. ნიგერია – 2%; 11. ომანი – 0,5%; 12. კატარი – 1%; 13. ტრინიდადი - 15; 14. სხვა – 5%

ცხრილ 7-ში მოყვანილია ბუნებრივი გაზის მოხმარების თანაფარდობა პიკში და ყველაზე დაბალ თვეში – ციკლური სქემა მსოფლიოში (2010 წ.).

ცხრილი 7

ბუნებრივი გაზის მოხმარების თანაფარდობა პიკში და დაბალ თვეში – ციკლური სქემა მსოფლიოში (2010 წ.).

ქვეყანა	კოეფ.	ქვეყანა	კოეფ.	ქვეყანა	კოეფ.
ავსტრალია	1,6	საბერძნეთი	1,7	ახალი ზელანდია	1,2
ავსტრია	3,0	უნგრეთი	4,2	პორტუგალია	2,0
ბელგია	2,3	ირლანდია	1,3	ესპანეთი	2,0
კანადა	2,1	იტალია	2,7	შვეცია	3,5
ჩეხეთის რესპუბლიკა	4,5	იაპონია	1,4	შვეიცარია	4,0
დანია	2,5	კორეა	2,8	თურქეთი	1,5
ფინეთი	2,0	ლუქსემბურგი	2,0	დიდი ბრიტანეთი	2,0
გერმანია	3,0	ნიდერლანდები	2,3	აშშ	1,8

ცხრილ 8-ში და ნახ.9-ზე ნაჩვენებია ბუნებრივი გაზის გლობალური მარაგები ქვეყნების მიხედვით.



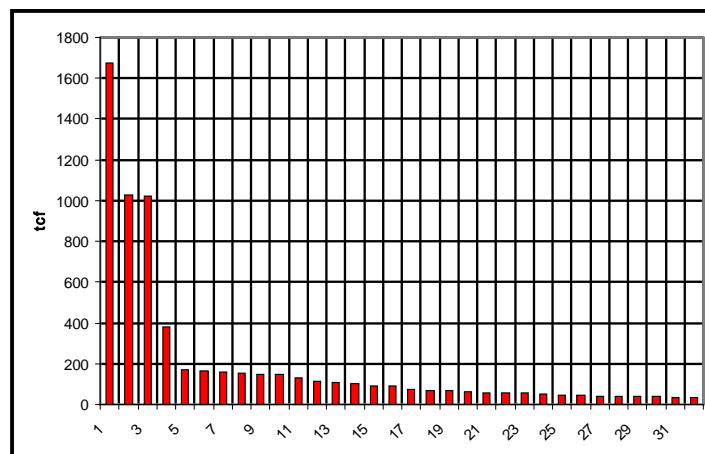
ბუნებრივი გაზის გლობალური მარაგები ქვეყნების მიხედვით

ქვეყანა	მარაგი tcf	ქვეყანა	მარაგი tcf
რუსეთი	1674	ევვიპტე	69
ირანი	1025	ნიდერლანდები	67
ყატარი	1021	ლიბია	63
საუდის არაბეთი	379	უზბეკეთი	58
ინდონეზია	170	კუვეიტი	58
ნიგერია	163	ბოლივია	56
ალჟირი	158	ომანი	52
ავსტრალია	156	მექსიკა	45
ვენესუელა	147	კანადა	43
ჩინეთი	147	დიდი ბრიტანეთი	42
არაბეთის გაერთიანებული სამეიროები – აბუ-დაბი	128	ინდოეთი	41
ნორვეგია	115	უკრაინა	40
ყაზახეთი	107	არგენტინა	37
ერაყი	103	აზერბაიჯანი	35
თურქმენეთი	93	ბრაზილია	35
მაღაიზია	90	ტრინიდადი და ტობაგო	33
აშშ	73		

შენიშვნა: tcf – არის ტრილიონ კუბური ფუტი; 1 კუბური ფუტი=0,0283 მ<sup>3</sup>.

გაზის მარაგები შესაძლებელია დაიყოს ჭეშმარიტ და პირობით მარაგებად. ჭეშმარიტ მარაგებში შედის ნახშირის მეთანი, ღრმა გაზი, გაზი მკვრივ ქანებში, ფიქალის გაზი და ჰიდრატები. პირობით მარაგებში შედის; კარგად იდენტიფიცირებული ბუდობი; იდენტიფიცირებული, მაგრამ ჯერ დაუზვერავე ბუდობები; არაიდენტიფიცირებული ბუდობები, რომელთა არსებობა მოსალოდნელია გამომდინარე ზოგადი ეკოლოგიური პირობებიდან [13,14,15,16].

ნახშირწყალბადების ბიზნესი, რისკისა და სიძვირის პირობებში დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე (ცხრილი 9).

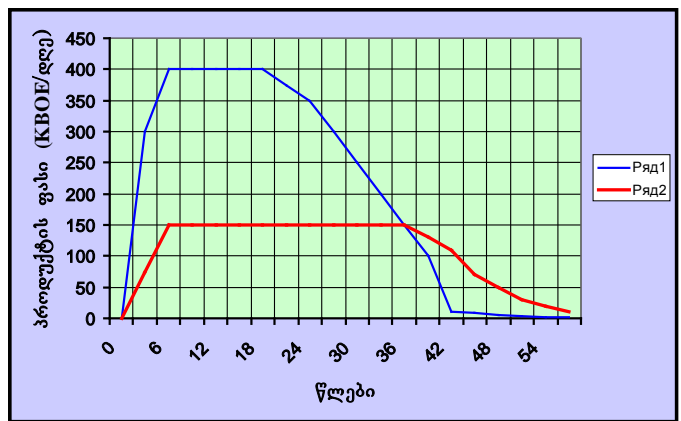


ნახ.9. გაზის გლობალური მარაგები ქვეყნების მიხედვით: 1. რუსეთი; 2. ირანი; 3. ყატარი; 4. საუდის არაბეთი; 5. ინდონეზია; 6. ნიგერია; 7. ალჟირი; 8. ავსტრალია; 9. ვენესუელა; 10. ჩინეთი; 11. არაბეთის გაერთიანებული საემიროები – აბუ-დაბი; 12. ნორვეგია; 13. ყაზახეთი; 14. ერაყი; 15. თურქმენეთი; 16. მალაიზია; 17. აშშ; 18. ეგვიპტე; 19. ნიდერლანდები; 20. ლიბია; 21. უზბეკეთი; 22. კუვეიტი; 23. ბოლივია; 24. ომანი; 25. მექსიკა; 26. კანადა; 27. დიდი ბრიტანეთი; 28. ინდოეთი; 29. უკრაინა; 30. არგენტინა; 31. აზერბაიჯანი; 32. ბრაზილია; 33. ტრინიდადი და ტობაგო

### ცხრილი 9

ნახშირწყალბადების ბიზნესი, რისკისა და გაძვირების პირობები

	განუზღვრელობა	კუმულატური ზემოქმედება (სავარაუდო ფასი)
გეოლოგიური გამოკვლევა	არის თუ არა მიზანი?	\$ 100 000
სეისმოდაზიერება		\$ 3-5 მლნ
საძიებო ჭაბურღელი	კომერციულის ქმედება	\$ 20-200 მლნ
ჭაბურღლის დებიტის შემოწმება		
საძიებო და შეფასებითი სამუშაოები		\$ 50-350 მლნ
საბადოს ათვისების გეგმა	პროდუქტის მოპოვება	\$ 5-25 მლრდ
საბოლოო საინჟინერიო გადაწყვეტილება		
შეთანხმება ნახშირწყალბადების გაყიდვაზე		
მუშა ჭაბურღელები		
ობიექტის მშენებლობა		
ექსპლუატაცია		



ნახ. 10. ნავთობისა და გაზის პროექტების შედარების გრაფიკები: 1. ნავთობი; 2. გაზი  
 შენიშვნა: BOE=ნავთობის ბარელის ექვივალენტი ; KBOE – კილო BOE.

ცნობილია, რომ გაზის პროექტების ღირებულება მეტია, ვიდრე ნავთობის პროექტის. ამის შედეგია [17]: კონტრაქტები გაყიდვაზე და

ობიექტების გაანგარიშებები დაფუძნებულია მხოლოდ დამტკიცებული საბადოებზე; გაზის საბადოს დამუშავება უფრო რთულია; ნავთობს გააჩნია ხანგრძლივი საფორვარდო ფასწარმოქმნა, რომელიც გვეხმარება განისაზღვროს შეხედულება ფასზე; ფისკალურ პირობებს შეუძლიათ იქონიონ მძლავრი გავლენა გაზის პროექტების კონკურენტუნარიანობაზე.

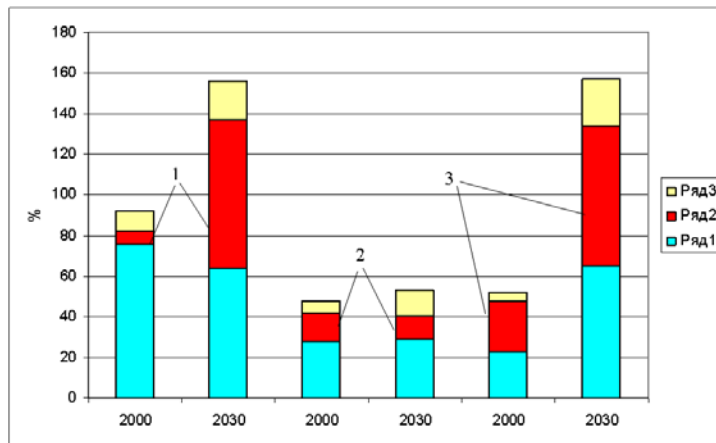
ნახ. 10-ზე შედარებისათვის, ნაჩვენებია ნავთობისა და გაზის პროექტების შედარების გრაფიკები.

ცხრილ 10-ში მოყვანილია ცნობები იმის შესახებ, თუ რისკენ მიისწრაფვის მწარმოებელი და რა სჭირდება მომხმარებელს.

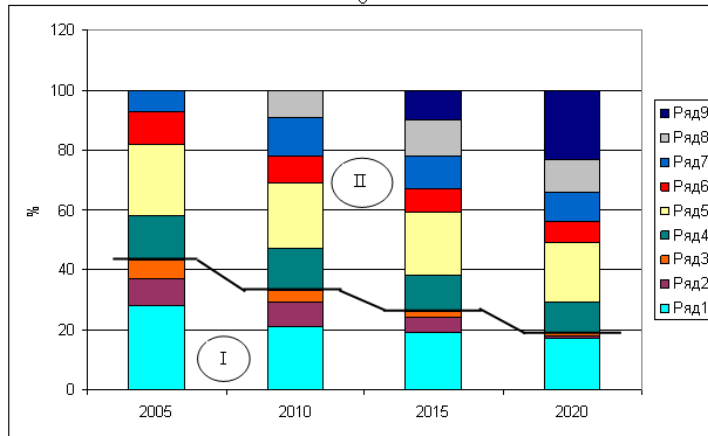
ცხრილი 10

მწარმოებლის და მომხმარებლების დინამიკა

რა მიმართულებით მიისწრაფვის მწარმოებელი	რა სჭირდება მომხმარებელს
მყიდველი	მოქნილობა წლიური საკონტრაქტო მოცულობის მიხედვით
დარწმუნება ყოველწლიური აღების მოცულობაში	მოქნილობა სეზონური რხევის მიხედვით
საწარმოს მუშაობა	მოკლევადიანი მოქნილობა
მინიმალური შეზღუდვები გაზის რაოდენობის მიხედვით	გაზის რაოდენობის ვიწრო დიაპაზონი



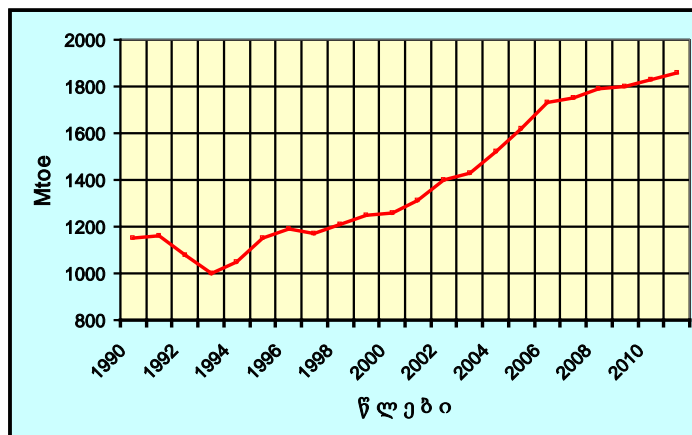
ნახ.11. მიწოდებული გაზის შედარება (1-ადგილობრივი წარმოება; 2. მაგისტრალური გაზსადენები; 3. გათხევადებული გაზი); I- ჩრდილოეთ ამერიკა; II-ევროპა; III-აზია და წყნარი ოკეანის რეგიონი



ნახ.12. ევროკავშირის გაზის ბაზრის იმპორტზე დამოკიდებულების პროცენტული გადანაწილება, წლების მიხედვით (1. ადგილობრივი წარმოება შიდა მოხმარებისათვის; 2. ნიდერლანდები; 3. სხვა, ევროკავშირის შიდა ვაჭრობა; 4. ნორვეგია; 5. რუსეთი; 6. ალჟირი; 7. სხვა, არა ევროკავშირის იმპორტი; 8. განვითარებადი პროექტები; 9. შუალედი მიწოდება. I – ევროკავშირის პროდუქცია; II - არა ევროკავშირის პროდუქცია

ნახ.11-ზე, თვალსაჩინოებისათვის, ნაჩვენებია ევროპისათვის გაზის მიწოდების მნიშვნელობები.

ნახ.12-ზე ნაჩვენებია ევროკავშირის გაზის ბაზრის დამოკიდებულება იმპორტზე წლების განმავლობაში. გაზის პროცენტული გადანაწილება.

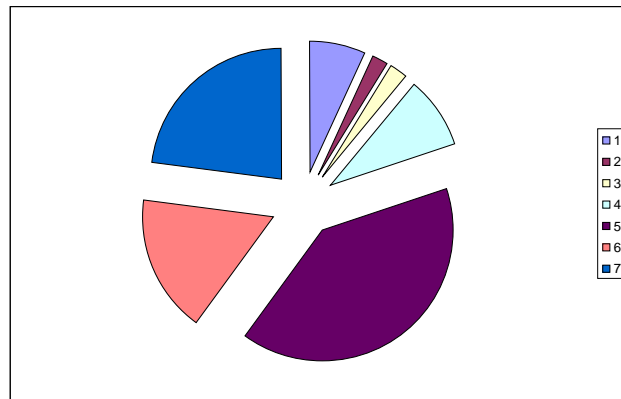


ნახ.13. ევროკავშირის დამოკიდებულება ენერგომატარებლების იმპორტზე

ნახ.13-ზე ნაჩვენებია ევროკავშირის დამოკიდებულება ენერგომატარებლების იმპორტზე. 1996 წლიდან ევროკავშირი აწარმოებს ნაკლებს, მაგრამ მოიხმარს უფრო მეტ ენერგიას. ცხადია, რომ ევროკავშირის დამოკიდებულება ენერგომატარებლების იმპორტზე იზრდება, როგორც რეალურად, ასევე პროგნოზის მიხედვით.

ევროკავშირის ქვეყნების უმრავლესობა დამოკიდებულია იმპორტზე, მაგრამ გაზის წილი ენერგეტიკის სტრუქტურაში ცვალებადია ქვეყნების მიხედვით.

ნახ. 14-ზე ნახვენებია ევროკავშირში მიწოდებული გაზის რაოდენობა, მიმწოდებელი ქვეყნების მიხედვით [18].



ნახ.14. ევროკავშირში მიწოდებული გაზის რაოდენობა, მიმწოდებელი ქვეყნების მიხედვით: 1. აღმოსავლეთი გერმანია (მილსაღენი); 2. ლიბია (მილსაღენი); 3. სხვა; 4. გათხევადებული ბუნებრივი გაზი; 5. ადგილობრივი წარმოება; 6. ნორვეგია (მილსაღენები); 7. რუსეთი (მილსაღენები).

უნდა აღინიშნოს, რომ მსხვილი იმპორტიორების მიწოდება გაცილებით დივერსიფიცირებულია წვრილ იმპორტიორებთან შედარებით.

განვიხილოთ, თუ რამდენად საიმედოა გაზის მიწოდება ევროპაში: ბუნებრივი გაზის მიწოდების უსაფრთხოებასთან დაკავშირებული რისკები შემდეგია: ტექნიკური რისკები; გეოპოლიტიკური და პოლიტიკური რისკები; ნორმატიული რისკები; ეკონომიკური და კომერციული რისკები; ეკოლოგიური რისკები; ტრანზიტის რისკები.

რა ვარიანტები არსებობს რისკის შემცირებისთვის: - ჩვენი აზრით არსებობს შემდეგი ზომები: წარმოების მოქნილობა; მოთხოვნის მოქნილობა, (წყვეტადი მომხმარებლები; საწვავის შეცვლა; ნაციონალური საგანგებო ზომები); ინფრასტრუქტურის მოქნილობა (გაზის შენახვა; გათხევადებული ბუნებრივი გაზი; ევროკავშირის შიდა გაზის ქსელები); რეგულირების მოქნილობა: კონტრაქტების მოქნილობა: მეწარმეობის მოქნილობა; მიწოდების წყაროების და მარშრუტების ნაირფეროვნება; დიალოგი და თანამშრომლობა.

განვიხილოთ რუსეთის გაზის ბაზარი. ყველაზე მსხვილ მონოპოლისტს წარმოადგენს კომპანია “Газпром“-ი - გაზის მსხვილი მომპოვებელი და განაწილების კომპანია. მას გააჩნია 160 ათასი კმ სიგრძის ტრანსპორტირების ქსელი. მსხვილი საბადოები: ციმბირში, ურალში, ვოლგისპირეთში და ა.შ.

რუსეთის გაზის მარაგი 2009 წლისათვის შემდეგნაირია: გაზი - 20,7 ტრლნ. მ3; გაზის კონდენსატი 690 მლნ.ტ.; ნავთობი - 299,5 მლნ.ტ. 2010 წელს „გაზპრომმა“ მოიპოვა 508,6 მლრდ.მ3 მოცულობა; 2009 წელს - 461,5 მლრდ.მ3 და 2008 წელს - 549,7 მლრდ.მ3. 2010 წელს კონდენსატი 11,3 მლნ.ტ, 2009 - 10,1 მლნ.ტ და 2008 წელს - 10,9 მლნ.ტ.

„გაზპრომ“-ს ეკუთვნის რუსეთის გაზომომარაგების ერთიანი სისტემა, რომელშიც შედის: მაგისტრალური გაზსადენები და ამრინები - 156,9 ათასი კმ, კონდენსატო-პროდუქტსადენები - 6,1 ათასი კმ, 268 საკომპრესორო სადგური, მიწისქვეშა გაზის საცავი - 24 ობიექტი და გაზის და გაზის კონდენსატის 6 კომპლექსი.

„გაზპრომი“ წარმოადგენს გაზის ერთადერთ მიმწოდებელს ევროპის შემდეგი ქვეყნებისთვის: ბოსნია და ჰერცეგოვინა, ესტონეთი, ლიტვა, ლატვია, ფინეთი, მაკედონია, მოლდავეთი და სლოვაკეთი. გარდა ამისა, „გაზპრომს“ გააჩნია მიწოდებული გაზის მოცულობაში შემდეგი წილები: ბულგარეთი - 97%, უნგრეთი - 89%, თურქეთი - 67%, ავსტრია - 65%, გერმანია - 45%, იტალია - 27%, და საფრანგეთი - 25%. 2010 წელს „გაზპრომმა“ მიაწოდა ევროკავშირს გაზის სრული ბალანსის 24%- (2008 წელს - 29%, 2000 წელში - 39%).

**ენერგეტიკის რეგულირების ორგანოების რეგიონალური ასოციაცია (ERRA).** წარმოადგენს ნებაყოფლობით ორგანიზაციას, რომელიც აერთიანებს ენერგეტიკის მარეგულირებელ დამოუკიდებელ ორგანოებს. მისი წევრებია ძირითადად ცენტრალური და აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნების მარეგულირებელი ორგანოები. გარდა ამისა, ERRA-ში შედიან აფრიკის, აზიის, ახლო აღმოსავლეთის რამდენიმე ქვეყნის მარეგულირებლები, როგორც აფილირებული წევრები და ასევე ამერიკის შეერთებული შტატების მარეგულირებელ ორგანოთა ასოციაცია [19,20,21,22,23].

ასოციაციის მიზნები და ამოცანებია:

წევრ ქვეყნებში ენერგეტიკის ეროვნული რეგულირების სრულყოფა; ენერგეტიკის სტაბილური და დამოუკიდებელი მარეგულირებლების განვითარების და მათი ურთიერთთანამშრომლობის ხელშეწყობა; ასოციაციების წევრ ქვეყნებს შორის ინფორმაციის, კვლევების შედეგების, სწავლების და გამოცდილების გაცვლის ხელშეწყობა და ენერგეტიკის რეგულირებასთან დაკავშირებული მსოფლიოში არსებული ინფორმაციის და გამოცდილების ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა.

ERRA დაიწყო როგორც ენერგეტიკის 12 მარეგულირებელი ორგანიზაციის თანამშრომლობა. 1999 წლიდან აშშ კომუნალური საწარმოების მარეგულირებელი ორგანოების ეროვნული ასოციაცია (ნარუკი) აშშ-ს საერთაშორისო განვითარების სააგენტოსთან (USAID) ხელშეკრულების საფუძველზე ატარებდა ტექნიკურ სემინარებს, თათბირებს, სასწავლოს ტურებს. ამ პერიოდში წარმოიშვა ნარუკის მსგავსი ორგანიზაციის შექმნის იდეა, რაც დაგვირგვინდა 2000 წლის დეკემბერში ERRA-ს დამფუძნებელი კონსტიტუციის ხელმოწერით.

დღეისათვის ERRA-ში შედის 23 ნამდვილი, 3 ასოცირებული და 6 აფილირებული წევრი. ERRA-ს სამდივნო იმყოფება ბუდაპეშტში.

ERRA-ს წევრებია: ალბანეთი, აზერბაიჯანი, ბოსნია და ჰერცეგოვინა, ბულგარეთი, ესტონეთი, თურქეთი, ლატვია, ლიტვა, მაკედონია, მოლდავეთი, მონღოლეთი, რუმინეთი, პოლონეთი, რუსეთის ფედერაცია, საქართველო, სერბეთი, სლოვაკეთი, სომხეთი, უკრაინა, უნგრეთი, ყაზახეთი, ყირგიზეთი, ჩერნოგორია, ხორვატია. ასოცირებული წევრებია ბოსნია და ჰერცეგოვინას და კოსოვოს და ცალკეული კომისიები. აფილირებული წევრებია: აშშ, გაერთიანებული არაბული ემირატები, იორდანია, ნიგერია და საუდის არაბეთი.

ERRA-ს აქვს შედის ორი ძირითადი კომიტეტი: ლიცენზირების/კონკურენციის და ტარიფის/ფასწარმოქმნის კომიტეტი, ასევე თავჯდომარეების კომიტეტი და იურიდიული მუშა ჯგუფი.

ERRA ამუშავებს და ავრცელებს ტექნიკურ და თემატურ მოხსენებს რეგულირებასთან დაკავშირებულ საჭირობოროტო საკითხებზე. ასევე ატარებს თრეინინგებს მონიტორინგის, ფასწარმოქმნის რეგულირების და ტარიფების, ელექტროენერჯის ბაზრების პრინციპების, ბუნებრივი გაზის და ცენტრალური გათბობის რეგულირების და სხვა საკითხებზე.

ACER - არის ენერგეტიკის მარეგულირებელთა თანამშრომლობის სააგენტო, რომელმაც ფუნქციონირება დაიწყო 2011 წლის 3 მარტს ლიუბლიანაში (სლოვენია) [24,25,26].

ACER-ის წინამორბედი – ელექტროენერჯის და გაზის ევროპულ მარეგულირებელთა ჯგუფი – ERGEG, რომელიც ევროკომისიამ შექმნა 2003 წელს, გაუქმდა 2011 წლის 1 ივლისს ევროკომისიის 2011 წლის 16 მაისის გადაწყვეტილებით. ERGEG-ის ფუნქციების ნაწილი, მაგ. რეგიონალური ინიციატივები, ACER-ს გადაეცა, ნაწილი კი – CEER-ს, რომელიც წარმოადგენს არასამთავრობო ორგანიზაციას-ევროპის ენერგეტიკის მარეგულირებელთა საბჭოს.

ACER ევროგაერთიანების ორგანოა. მას საკვანძო ადგილი უჭირავს ევროკავშირის ქვეყნების ელექტროენერჯის და გაზის ბაზრების ინტეგრაციის საქმეში, ევროკავშირის დონეზე ქმნის რა პლატფორმას ეროვნული მარეგულირებლების თანამშრომლობისთვის, ასევე, კოორდინაციას უწევს ეროვნული მარეგულირებლო ორგანოების მუშაობას.

ACER შეიქმნა ენერგეტიკული ბაზრის ლიბერალიზაციის მესამე პაკეტის მიღების შედეგად. მისი ნორმატიული საფუძველია რეგულაცია № 713/2009. ამ ორგანიზაციის კომპეტენციაშია: სახელმძღვანელო ჩარჩო აქტების მიღება, რომლებიც წარმოადგენენ ევროკავშირის მასშტაბით მისაღები ქსელური კოდექსების საფუძველს; სავალდებულო ძალის მქონე ინდივიდუალური გადაწყვეტილებების მიღება ტრანსსასაზღვრო ინფრასტრუქტურაზე დაშვების და მისი უსაფრთხოდ ოპერირების თაობაზე, იმ შემთხვევებში, თუ აღნიშულზე შესაბამისმა მარეგულირებელმა ორგანოებმა შეთანხმებებს ვერ მიაღწიეს; ევროპული ინსტიტუტებისთვის ენერგეტიკასთან დაკავშირებულ სხვადასხვა საკითხებზე რჩევების მიცემა; მონიტორინგი და ანგარიშგება ევროპარალმენტის და ევროკომისიის წინაშე [27,28,29,30].

ACER-ის ხელმძღვანელი ორგანოებია ა) მარეგულირებელთა საბჭო, რომელშიც შედიან ევროკავშირის წევრი 27 ქვეყნის მარეგულირებელი უწყებების თითო მაღალი თანამდებობის პირი და თითო ალტერნატიული წევრი, აგრეთვე ევროკომისიის წარმომადგენელი, რომელსაც არ გააჩნია ხმის უფლება, ბ) ადმინისტრაციულ საბჭო, რომელშიც შედის 9 წევრი და თითოეული მათგანის თითო შემცველი. ამათგან 2 წევრი და,



შესაბამისად, მათი შემცველი, ინიშნება ევროკომისის მიერ. 2 წევრი და მათი შემცველები – ევროპარლამენტის მიერ და 5 წევრი და მათი შემცველები – ევროსაბჭოს მიერ; გ) დირექტორი და დ) სააპელაციო საბჭო.

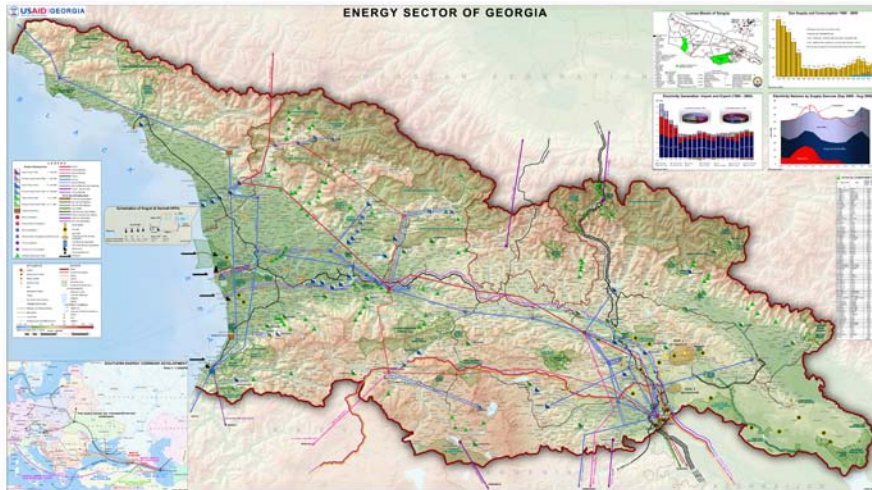
ACER-ის პირველი თავჯდომარეა ლორდი მოგი, ხოლო დირექტორი – ალბერტო პოტონიკი.

განვიხილოთ საქართველოს **ენერგეტიკის და წყალმომარაგების მარეგულირებელი ეროვნული კომისია**. საქართველოს ეკონომიკის დარგთა შორის, სახელმწიფო რეგულირება პირველად ენერგეტიკულ სექტორში განხორციელდა 1996 წლის ივლისიდან. ეკონომიკის სამინისტროსთან ჩამოყალიბდა ენერგეტიკის მარეგულირებელი კომისია, ხოლო 1997 წლის აგვისტოდან, „ელექტროენერგეტიკის შესახებ“ საქართველოს კანონის საფუძველზე დამოუკიდებელი სახით შეიქმნა საქართველოს ენერგეტიკის მარეგულირებელი ეროვნული კომისია (სემეკ).

კომისიის ძირითადი ფუნქციები, მაშინ, მხოლოდ ქვეყნის ელექტროენერგეტიკული სექტორის რეგულირებით შემოიფარგლებოდა [31,32].

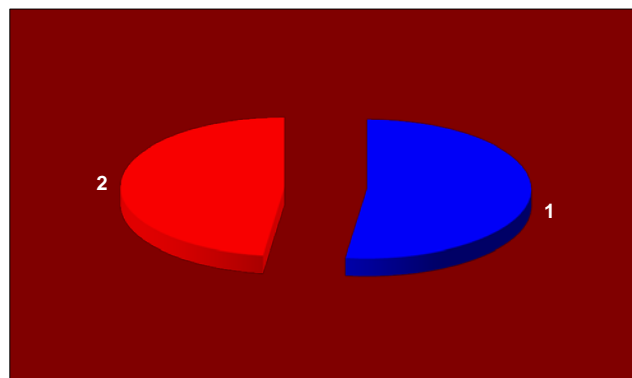
პარლამენტის მიერ „ელექტროენერგეტიკის შესახებ“ საქართველოს კანონში 1999 წლის აპრილში შეტანილ იქნა დამატებები და ცვლილებები, რომლის თანახმად კანონს ეწოდა „ელექტროენერგეტიკისა და ბუნებრივი გაზის შესახებ“.

ჩავატაროთ საქართველოში ბუნებრივი გაზის სექტორის ზოგადი მიმოხილვა: საქართველოში ბუნებრივი გაზის მსხვილი და მცირე 70 გამანაწილებელი კომპანიაა (ბუნებრივი გაზის განაწილების ლიცენზიატები), მათ შორის უმსხვილესია შპს „ვაზტრანსგაზ-თბილისი“. ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირების ლიცენზიატი მხოლოდ ერთია – შპს „საქართველოს გაზის ტრანსპორტირების კომპანია“ (ნახ.15). სატრანზიტო ტარიფები არ რეგულირდება სემეკის მიერ. ეს ტარიფი დადგენილია მთავრობათაშორის ხელშეკრულებით. საქართველო იტოვებს სომხეთისათვის მიწოდებული გაზის 10%-ს.

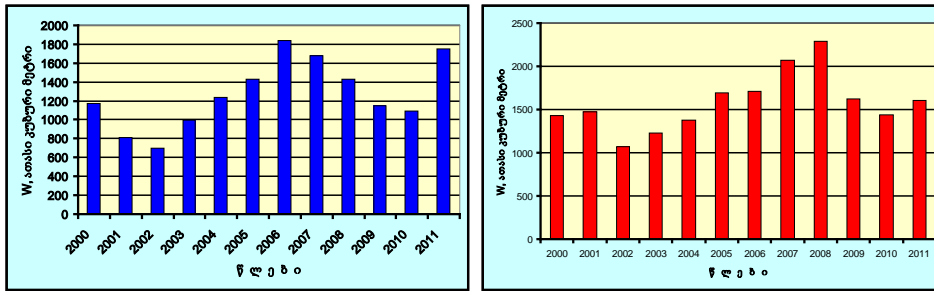


ნახ.15. საქართველოს გაზის სექტორის რუკა  
 წყარო: USAID

მიწოდება ფაქტიურად არის ბუნებრივი გაზის ყიდვა-გაყიდვა. ადრე არსებობდა ბუნებრივი გაზის მიწოდების ლიცენზია, რომელიც შემდგომში გაუქმდა და მოხდა მიწოდების სექტორის დერეგულირება. მაგალითად „იტერა-საქართველო“ – წარმოადგენს ბუნებრივი გაზის მიმწოდებელს, ამიტომ მას ლიცენზია არ სჭირდება. თუმცა „იტერა-საქართველო“ ფლობს (სრულად ან საკონტროლო პაკეტს) მთელ რიგ გაზგამანაწილებელ მეურნეობებს (ქუთაისგაზი, სამტრედიისგაზი, ვანიგაზი, კასპიგაზი, გორიგაზი, რუსთავიგაზი, ბოლნისიგაზი, თეთრიწყაროგაზი და ა.შ.), რომლებსაც გააჩნიათ ბუნებრივი გაზის განაწილების ლიცენზიები.



ნახ.16. ბუნებრივი გაზის ტრანზიტი საქართველოში (1750 მლნ. მ<sup>3</sup>) და სომხეთში (1609 მლნ. მ<sup>3</sup>)



ა

ბ

ნახ.17. საქართველოში (ა) და სომხეთში (ბ) მიწოდებული ბუნებრივი გაზის დინამიკა 2000-2011 წლებში

საქართველო ბუნებრივი გაზის იმპორტს აზერბაიჯანიდან და რუსეთიდან (კომპანია „გაზექსპორტი“) ახორციელებს.

2012 წლის გაზის საპროგნოზო ბალანსის მიხედვით სულ საქართველოს წელს მიეწოდება 1 486 მლნ. მ<sup>3</sup> ბუნებრივი გაზი, აქედან 1 263 მლნ. მ<sup>3</sup> აზერბაიჯანიდან, ხოლო 211 მილიონი მ<sup>3</sup> რუსეთიდან.

განვიხილოთ საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენების სისტემა, კერძოდ საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენების ექსპლუატაცია [33,34,35].

საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენების სისტემა ფუნქციონირებს 1959 წლიდან – ამიერკავკასიაში პირველი მაგისტრალური გაზსადენის ყარადაღ-თბილისის ექსპლოატაციაში გადაცემის დღიდან.

პირველ ეტაპზე საქართველოში ფუნქციონირებდა 500 მმ დიამეტრის 50 კმ სიგრძის გაზსადენი წითელი ხიდიდან თბილისამდე (ნავთლულამდე), რომელიც გაზით ამარაგებდა ნავთლულის, რუსთავის და გარდაბნის გაზის გამანაწილებელ სადგურებს. 1963 წლიდან ექსპლუატაციაში შევიდა ორჯონიკიძე-თბილისის 700 მმ გაზსადენი, რის მეშვეობითაც საქართველოს გაზმომარაგება შესაძლებელი გახდა ორი დამოუკიდებელი წყაროდან – რუსეთიდან და აზერბაიჯანიდან. შემდგომში მაგისტრალური გაზსადენების განვითარება წარიმართა მაგისტრალური გაზსადენების დიამეტრების ზრდის ხარჯზე. ბუნებრივი გაზის მოხმარების მკვეთრად გაზრდამ აუცილებელი გახდა ახალი გაზსადენების და, მათ შორის, მოქმედის პარალელური გაზსადენების მშენებლობა. 1967-1968 წლებში ექსპლოატაციაში შევიდა ყარადაღ-თბილისისა და ორჯონიკიძე-თბილისის პარალელური 700 და 800 მმ-იანი გაზსადენები, (ლუპინგები); 1979-1980

წლებში ყაზახ-საგურამოს 1000 მმ-იანი გაზსადენი, 1988 წლიდან ჩრდილო კავკასია-ამიერკავკასიის 1200 მმ გაზსადენი. ძირითადი ჩრდილოეთის და სამხრეთის მიმართულების გაზსადენების მშენებლობის გარდა საქართველოში ბუნებრივი გაზის მოხმარების გეოგრაფიის გაფართოების გამო 1967-1972 წლებში აშენებულ იქნა საგურამო-ქუთაისის მაგისტრალური გაზსადენი. 1986 ბუნებრივი გაზი მიყვანილი იქნა ქ. სოხუმაძე, 2003 წელს – ქობულეთამდე; 2008 წელს სამხრეთ საქართველოში – წალკიდან ახალქალაქ-ასპინძამდე.

დღეისათვის ექსპლუატაციაშია 2000,0 კმ-მდე საერთო სიგრძის სხვადასხვა კვეთის მაგისტრალური გაზსადენების სისტემა (განშტოებები და ლუბინგები), 150-ზე მეტი გაზგამანაწილებელი სადგურით. გაზსადენები, რომელთა გეომეტრიული მოცულობა შეადგენს 515,0 ათას მ<sup>3</sup>. მათი მეშვეობით (საპროექტო გაანგარიშებით) წლიურად შესაძლებელია 20,0 მლრდ. მ<sup>3</sup> გაზის გატარება როგორც საქართველოს მომხმარებლებისათვის, ასევე გაზის ტრანზიტი სომხეთში.

ამჟამად საქართველო გაზს იღებს სამი წყაროდან - „შახ-დენიზის საბადოებიდან“, აზერბაიჯანული კომპანია „სოკარისგან“ და შედარებით მცირე რაოდენობით – რუსეთიდან. ეს ყოველივე მიუთითებს იმაზე, რომ საქართველოს აღარ ემუქრება ჩრდილოეთიდან პერიოდულად შექმნილი ბუნებრივი გაზის დეფიციტის საფრთხე.

მაგისტრალური გაზსადენების სისტემის უდიდესი ნაწილი ექსპლუატაციაშია 35-40 წელია, უკანასკნელი 20 წლის განმავლობაში ის ფუნქციონირებს აქტიური ელექტროქიმიური დაცვის გარეშე. აღნიშნული გარემოებების გამო აუცილებლობა შეიქმნა განსაკუთრებით ამორტიზირებული მონაკვეთების და მოწყობილობების შეცვლისა.

მაგისტრალური გაზსადენების ტექნიკური მონაცემები შემდეგია საპროექტო წარმადობა - 20 მილიარდი მ<sup>3</sup> წელიწადში; ტრანსპორტირებული გაზის ფაქტიური რაოდენობა წელიწადში; მაქსიმუმი – 6.9 მლრდ. მ<sup>3</sup>; მინიმუმი – 1.9 მლრდ. მ<sup>3</sup>; საპროექტო სამუშაო წნევა: 5.5 მპა; მთლიანი სიგრძე: 1832.18 კმ; სახაზო ნაწილი: 1452.6 კმ; განშტოებები: 366.71 კმ; შემკრავები: 12.87 კმ; გაზსადენის უმაღლესი ნიშნული – 2400 მ; მაქსიმალური სხვაობა სიმაღლეთა შორის – 2400 მ;

გაზსადენები კვეთს 2000-ზე მეტ ხელოვნურ და ბუნებრივ დაბრკოლებას, 118 დიდ და საშუალო მდინარეს (ნახ.5); გაზსადენის 6.013 კმ გაყვანილია სპეციალურად აგებულ 12 გვირაბში; გაზსადენის აქტიური ელ.ქიმიური დაცვა განხორციელებული იყო 200 კათოდური და 40 ელ.დრენაჟული დაცვის დანადგარით, 3500 პროტექტორით; 1991-1992 წლიდან ისინი აღარ ფუნქციონირებს. ნახ.18-ზე ნაჩვენებია მაგისტრალური გაზსადენის პროფილი.

გაზსადენების 1940 კმ-დან 19% ექსპლუატაციაშია 30 წელზე მეტი ხნის განმავლობაში; 76% - 10-30 წლამდე; 5% - 10 წელზე ნაკლები; გაზსადენების ხანდაზმულობა, რთული რელიეფური და კლიმატური პირობები განსაზღვრავს განსაკუთრებულ მოთხოვნებს მათი ექსპლუატაციის მიმართ.

ნახ.18. მაგისტრალური გაზსადენის პროფილი



ნახ.19. საქართველოში გაზგამანაწილებლების გეოგრაფია

განვიხილოთ გაზგამანაწილებელი სადგურები: საქართველოს გაზის ტრანსპორტირების კომპანია ექსპლუატაციას უწევს 133 დიდ და მცირე გაზგამანაწილებელ სადგურს. აქედან 78 იმყოფება საქართველოს გაზის საერთაშორისო კორპორაციის ბალანსზე.

ნახ. 19-ზე ნაჩვენებია საქართველოს გაზგამანაწილებელი მეურნეობების რუკა.

გარდა ამისა, არსებობს ე.წ. პირდაპირი მომხმარებელის კატეგორია. ეს არის ისეთი მომხმარებელი, რომელიც პირდაპირ (უშუალოდ) არის მიერთებული ტრანსპორტირების სისტემასთან (მაგისტრალურ გაზსადენთან), მაგალითად, ავტოგაზგასამართი სადგური. მას ლიცენზია არ სჭირდება და მის ტარიფს სემეკი არ ადგენს. დღეისათვის არსებობს მხოლოდ ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირების და განაწილების ლიცენზიები. ტრანსპორტირების ლიცენზია მხოლოდ ერთია და მას ფლობს სს „ნავთობისა და გაზის კორპორაცია“ (მისი შვილობილის - შპს „საქართველოს გაზის ტრანსპორტირების კომპანიის“ სახით). განაწილების ლიცენზიები ბევრია. ისინი ფლობენ (ან გარკვეული ფორმით აქვთ მათი ექსპლუატაციის უფლება – მაგალითად იჯარით) და ექსპლუატაციას უწევენ გაზგამანაწილებელ ქსელს [36,37].

განვიხილოთ საქართველოს გაზგამანაწილებელი მეურნეობები, კერძოდ, ყველაზე მსხვილი მეურნეობა - შპს „ეაზტრანსგაზ-თბილისი“: წნევის საფეხურების მიხედვით ძირითადი აქტივების ჩამონათვალი, მდგომარეობა და გამოყენების ეფექტიანობის მაჩვენებელი: გამანაწილებელი ქსელი, სულ – 2 546 კმ; მაღალი წნევის საფეხურზე (1,2/0,3 მპა) – 200,3 კმ; საშუალო წნევის საფეხურზე (0,3/0,005 მპა) – 874,358 კმ; დაბალი წნევის საფეხურზე (0,005 მპა-დან ქვევით) – 1 472,2 კმ.

დედამიწის მიმართ ქსელის განლაგება შემდეგია: მიწის ზედა – 1 146,9კმ; მიწის ქვეშა – 1 399, 9 კმ. მიწის მასალის მიხედვით შემდეგია: პოლიეთილენის მილები – 24,8 კმ; ფოლადის – 2 522,034 კმ. ექსპლუატაციის ხანგრძლივობის მიხედვით შემდეგია: 40 წელზე მეტი მუშაობის ხანგრძლივობის – 589,2 კმ; 20 წელზე მეტი მუშაობის ხანგრძლივობის – 1 236,478 კმ; 20 წელზე ნაკლები მუშაობის ხანგრძლივობის – 721,145 კმ. სამომხმარებლო (ეზოს) ქსელი, წარმოადგენს 530,4 კმ-ს.

გამანაწილებელი ქსელის სიმძლავრის მაჩვენებლები შემდეგია: საპროექტო სიმძლავრე: საათური - 132,8 ათასი მ<sup>3</sup>/საათში; წლიური - 1 163 328 ათასი მ<sup>3</sup>/წელიწადში; დადგმული სიმძლავრის გამოყენება: ფაქტიური პიკური დატვირთვა - 107,1 ათასი მ<sup>3</sup>/საათში; ფაქტიური წლიური ხარჯი - 380 180,0 ათასი მ<sup>3</sup>/წელიწადში.

გარდა ამისა, გაზსადენზე არსებობს შემდეგი: ნაგებობები - 12 786 ერთეული; გაზმარეგულირებელი ნაგებობები - 3 110 ერთეული; გაზმარეგულირებელი სადგურები - 9 ერთეული; გაზმარეგულირებელი პუნქტები და წნევის რეგულატორები - 1 066 ერთეული; ქსელების გაზმარეგულირებელი პუნქტები - 449; ქსელების წნევის რეგულატორები - 226; გაზმარეგულირებელი დანადგარები - 2035 ერთეული; გაზის ჭები - 188 ერთეული; ჩამკეტი არმატურა - 9 458 ერთეული;

აგრეთვე არსებობს ახალი მომხმარებლების ქსელზე მიერთების მონაცემები: ახალი მომხმარებლების მიერთება წარმოადგენს - 7 548 ერთეულს;

მომხმარებლები: სამრეწველო ობიექტები - 152; საყოფაცხოვრებო მომხმარებლები (მოსახლეობა) - 311410.

მეტად მნიშვნელოვანია სამხრეთი კავკასიის (შაჰდენიზის) მაგისტრალური გაზსადენი.

კასპიის ზღვაში მდებარე შაჰ-დენიზის საბადოზე მოპოვებული ბუნებრივი გაზის ტრანზიტი თურქეთში ხდება სამხრეთ-კავკასიური გაზსადენით. იგი ბაქო-თბილის-ჯეიჰანის მილსადენის პარალელურად გადის და მისი საერთო სიგრძეა 692 კმ, ხოლო დიამეტრი 1070 მილიმეტრი.

სამხრეთ-კავკასიური მილსადენის ექსპლუატაციაში შესვლის შემდეგ, თურქეთში გაზის ტრანზიტისას, საქართველოს მიეწოდება ოფციური (სატრანზიტო მოცულობის 5%) გაზი და დამატებითი გაზი (200÷500 მლნ. მ<sup>3</sup> გაწერილი წლების მიხედვით).

სამხრეთ-კავკასიური გაზსადენით ნავარაუდევია 16 მილიარდ კუბურ მეტრზე მეტი გაზის მიწოდება. თურქეთში გაზის ტრანზიტი პირველ წელიწადს (2007 წელს) იყო - 2 მილიარდი მ<sup>3</sup> ხოლო 4 წლის შემდეგ - 6,6 მილიარდი მ<sup>3</sup>.

ოფციურ გაზში იგულისხმება საქართველოსათვის ტრანზიტისათვის გადახდილი თანხა 2,5 აშშ დოლარის ოდენობით 1000 მ<sup>3</sup>-ზე გატარებული

მოცულობისათვის, რაც დაახლოებით შეესაბამება გატარებული გაზის 5%-ს. საქართველოს შეუძლია აიღოს ეს თანხა მთლიანად ან ნაწილი გაზით და ნაწილი თანხით. ყველა ნახსენები თანხა იზრდება ყოველწლიურად 2%-ით. ამგვარად მიღებული გაზის ფასი პრაქტიკულად არ არის დამოკიდებული ბუნებრივი გაზის მსოფლიო ფასზე.

გაზის სტრატეგიული რეზერვის შექმნის, სეზონური მიღება-გაცემის დაბალანსებისა და გაზის ნაკადების ოპერატიული მართვის ერთ-ერთი ეფექტური საშუალებაა მიწისქვეშა გაზსაცავები. საქართველოში ბუნებრივი გაზის მიწისქვეშა გაზსაცავები არ არის, ამჟამად აქტიური მუშაობა მიმდინარეობს გაზსაცავების შექმნის პროექტებზე. საქართველოში, კერძოდ ნინოწმინდაში, შესაძლოა აშენდეს მიწისქვეშა გაზსაცავი.

ნინოწმინდის სტრუქტურას გააჩნია ყველაზე ხელსაყრელი გეოლოგიური აგებულება მიწისქვეშა გაზსაცავის შექმნისათვის. ნინოწმინდის ობიექტი მდებარეობს თბილისიდან აღმოსავლეთით 40 კმ-ის დაშორებით, მდ. იორის ჭალაში. ნინოწმინდის საბადო წარმოადგენს ნავთობის და გაზის საბადოს. სოფ. ნინოწმინდიდან საბადოს თაღურ ნაწილამდე მანძილი 2 კმ-ია, სოფ. საგარეჯომდე კი – 3კმ.

ნინოწმინდის საბადოს რელიეფი მთაგორიანია, ძირითადად დაფარულია ტყის საფარით, დაქსელილია მეორე-ხარისხოვანი და საცალფეხო გზებით, მრავლადაა მცირე ზომის მდინარეების ხეობები; საბადოს თაღური ნაწილიდან სამხრეთით 6 კმ. მაძილზე, დასავლეთიდან-აღმოსავლეთით მიედინება მდ. იორი. რელიეფის აბსოლუტური სიმაღლეები მერყეობს 800-დან 1200მ-მდე. სიმაღლე იზრდება სამხრეთიდან ჩრდილოეთისკენ. სტრუქტურის თაღურ ნაწილში რელიეფი ზღვის დონიდან 1100მ სიმაღლეზეა განლაგებული.

ნინოწმინდის სტრუქტურაზე სამრეწველო ნავთობის მოპოვება დაიწყო 1979 წლიდან; გაზის ქუდიდან სამრეწველო თავისუფალი გაზის მოპოვება 1983 წლიდანაა დაფიქსირებული. 2002 წლამდე ნავთობის საერთო მოპოვებამ დაახლოებით შეადგინა 1.5 მლნ. ტონა, ხოლო 1997-2002 წლებში გაზის საერთო მოპოვებამ დაახლოებით 150 მლნ. მ<sup>3</sup>.

მიწისქვეშა გაზსაცავის ტექნიკურ-ეკონომიკური მონაცემები, ერთ-ერთი სცენარის მიხედვით, შემდეგია: გაზის მუშა მოცულობა: 300 მლნ. მ<sup>3</sup>; გაზის ამოდების მწარმოებლურობა: 8,0 მლნ. მ<sup>3</sup>/დღეში; გაზსაცავის ღირებულება:



93 მლნ. ევრო; ბუფერული გაზის ღირებულება: 8,3 მლნ. ევრო; აქტიური გაზის ღირებულება: 6,9 მლნ. ევრო.

## 2. შედეგები და მათი განსჯა

### თავი I. გარემოს დაცვა გაზის სექტორში და შესაბამისი მენეჯმენტი

#### 1.1. მონოპოლია და მისი სახეები

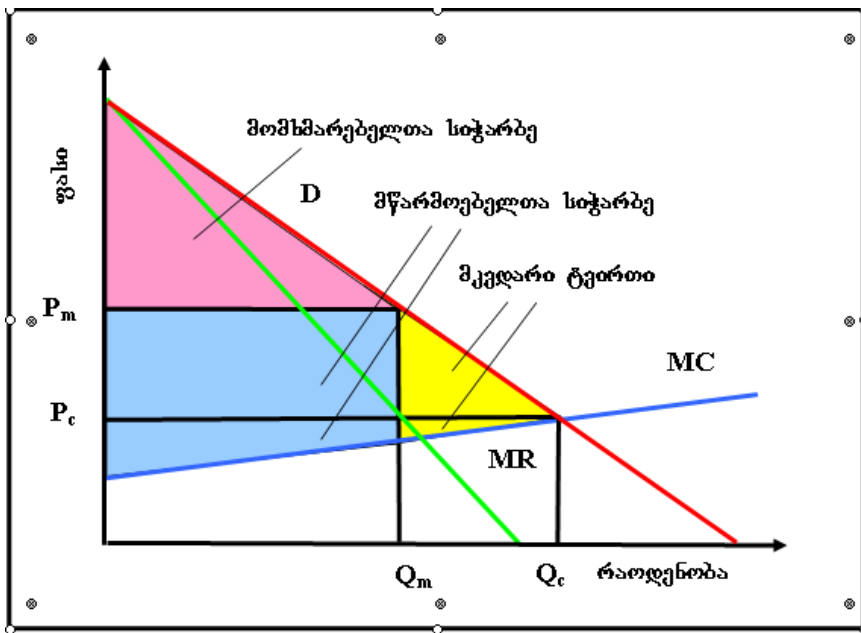
მონოპოლია (ბერძნულად – *monos μονο* (ერთი) და *polein πωλεω* (გაყიდვა)) – არის ისეთი სიტუაცია, როდესაც ერთი პირი ან საწარმო არის გარკვეული სახის საქონლის ერთადერთი მიმწოდებელი ბაზარზე. მონოპოლიზება აღნიშნავს პროცესს, როდესაც ერთი საწარმო იღებს შესაძლებლობას, რომ განდევნოს ბაზრიდან კონკურენტები და გაზარდოს ფასები. ანუ, მონოპოლია ისეთი სიტუაციაა, როდესაც კონკურენციის ნაკლებობის ან ჩანაცვლებადი საქონლის/მომსახურების არ არსებობის გამო, ერთ საწარმოს შეუძლია დაადგინოს, თუ რა პირობებით ექნებათ დანარჩენ პირებს წვდომა მის მიერ შეთავაზებულ საქონელზე. მონოპოლია შეიძლება შექმნას მთავრობამ, შეიქმნას შერწყმის შედეგად ან ბუნებრივად ჩამოყალიბდეს.

მონოპოლიის საპირისპირო სახეა მონოფსონია, როდესაც ბაზარზე არსებობს პროდუქციის ან მომსახურების ერთადერთი მყიდველი.

ოლიგოპოლია არის სიტუაცია, როდესაც ბაზარზე დომინირებს გამყიდველების მცირე ჯგუფი – ოლიგოპოლისტები. რადგან გამყიდველების რიცხვი მცირეა, თითოეულმა მათგანმა იცის, რას აკეთებენ დანარჩენები. ერთი საწარმოს გადაწყვეტილებები გავლენას ახდენს და, ამავე დროს, განიცდის დანარჩენი საწარმოების ზეგავლენას. ოლიგოპოლისტური კონკურენციის დროს საწარმოებს შესაძლებლობა აქვთ გამოიყენონ ბაზრის შემზღვეველი ქმედებები, როგორცაა კარტელური შეთანხმებები, ბაზრის დანაწილება და ა.შ., რათა გაზარდონ ფასები ისევე, როგორც ამას გააკეთებდა მონოპოლისტი. ოლიგოპოლიას გავს დუოპოლია – სიტუაცია, როდესაც ბაზარზე მხოლოდ ორი გამყიდველია.

ბუნებრივი მონოპოლია წარმოადგენს მონოპოლიის სახეს, რომელსაც ბაზარზე გააჩნია პრივილიგირებული მდგომარეობა წარმოების ტექნოლოგიური განსაკუთრებულობების გამო (წარმოებისათვის აუცილებელი რესურსების ექსკლუზიური ფლობა, ძალზე მაღალი ფასი ან მატერიალურ-ტექნიკური ბაზის განსაკუთრებულობა). ყველაზე ხშირად, ბუნებრივი მონოპოლიები არის ფირმები, რომლებიც მართავენ ისეთ რთულ ინფრასტრუქტურებს, რომელთა განმეორებითი შექმნა (დუბლირება) სხვა ფირმების მიერ – ეკონომიკურად გაუმართლებელია ან ტექნიკურად შეუძლებელია (მაგალითად გაზომომარაგების ან წყალმომარაგების სისტემები).

განვიხილოთ მონოპოლიის დადებითი და უარყოფითი მხარეები (ნახ.20): ყვითელი სამკუთხედით ნაჩვენებია მონოპოლიის დროს რესურსების განაწილების არაეფექტურობის ზომა: ე.წ. “შეკვდარი ტვირთი”.



ნახ.20. მონოპოლიის ოპტიმალური ვარიანტის სქემა

ბუნებრივი მონოპოლიები პრაქტიკულად შეუცვლელია მაშინ, როდესაც მათ მიერ გამოყენებული წარმოების ფაქტორები არ იძლევა საშუალებას არსებობდეს ერთზე მეტი მფლობელი, ან რესურსის შემოსაზღვრულობა იწვევს მათი მფლობელების გაერთიანებას. ასე თუ ისე, კონკურენციის არარსებობა გრძელვადიან პერიოდში ღუპავს დარგის

განვითარებას, რადგანაც მონოპოლია ქმნის რესურსების მაქსიმალურ არაეფექტურობას. [38,39].

მონოპოლისტი, უნდა რა მოგების მაქსიმიზაცია, ცდილობს აწიოს პროდუქციის ფასები მაქსიმალურად შესაძლო დონემდე ( $MR = MC$ ), რასაც მივეყვართ რესურსების განაწილების არაეფექტურობამდე („მკვდარი ტვირთი“, ინგლისურად “Deadweight Loss”), როდესაც იწარმოება გაცილებით ნაკლები საქონელი, ვიდრე საჭიროა ბაზარზე წონასწორობის დასამყარებლად სრული კონკურენციის პირობებში.

მაგრამ არსებობს ბაზრები, სადაც კონკურენციის არსებობა გამოიწვევს უფრო დიდ არაეფექტურობას და სადაც მონოპოლია – არის დარგის „სიკვდილის“ ერთადერთი საშუალება. ამის ნათელი მაგალითია მეტროპოლიტენი.

## 12. რეგულირების, ეკოლოგიური მენეჯმენტის და მონიტორინგის, უსაფრთხოებისა და რისკების ანალიზი ბუნებრივი გაზის სექტორში

ეკოლოგიის ძირითად პრინციპებს წარმოადგენს სოციალურ-ეკონომიკური და სოციალურ-ეკოლოგიური პრობლემების გადაწყვეტისადმი სისტემური მიდგომა, რომლის ფარგლებშიც ხდება ბუნებრივ-ტექნიკური სისტემის მდგრადი განვითარების შესახებ კონცეფციის რეალიზაცია [40,41,42,43,44,45]. მსოფლიოში დიდი ხნის განმავლობაში გარემოს დაცვის ძირითადი ამოცანა იყო იმ პირთა გამოვლენა და დასჯა, რომლებიც გარემოს აბინძურებდნენ [46,47,48].

გარემოზე ზემოქმედება ნეგატიურია - სამეურნეო საქმიანობის ზემოქმედება წარმოადგენს გარემოს ხარისხის ნეგატიურ ცვლილებების შედეგებს.

ეკოლოგიური უსაფრთხოება წარმოადგენს გარემოს დაცვას სამეწარმეო და სხვა სახის ზემოქმედების მავნე ზეგავლენისგან. ბუნებრივი და ტექნოგენური ხასიათის საგანგებო სიტუაციაციებისგან.

საავტორო ჯგუფმა, ამერიკელი კიბერნეტიკოსის დ. მელოუზას ხელმძღვანელობით, შექმნა მსოფლიოს საპროგნოზო მოდელი, ცვალებადი ფაქტორების სახით გამოიყენა რა მოსახლეობის განვითარება (ზრდა), კაპიტალდაბანდებები, ადამიანის მიერ დაკავებული დედამიწის სივრცე

(ეკოსისტემების დარღვევის დონე), ბუნებრივი რესურსების გამოყენების დონე, ბიოსფეროს დაბინძურება. მოხსენების დასკვნები მიმართულია შემდეგისკენ: ეკონომიკური განვითარების ტემპების შენარჩუნებისას კაცობრიობის ზრდა გამოიწვევს კატასტროფას და 2100 წლისთვის კი კაცობრიობა დაიღუპება. ბუნებრივი რესურსები გახდება არასაკმარისი საჭირო მატერიალური კეთილდღეობის წარმოებისათვის დაბინძურების გამო - გარემო კაცობრიობისათვის გახდება საცხოვრებლად უვარგისი.

ამგვარად, სახეზეა შეუსაბამობა ადამიანის მიზნებსა და ბუნების შესაძლებლობებს შორის. ბუნებრივი რესურსები, ბიორესურსები, დედამიწის ბუნება ამ განვითარების ძირითადი და ერთადერთი წყაროა, მაგრამ ისინი გამოლევადი აღმოჩნდა.

XX საუკუნის ძირითადი ტენდენციები იყო:

- ჰაერში სასათბურე გაზის ( $\text{CO}_2$ ) კონცენტრაციის ცვლილების გაზრდა რამდენჯერმე;
- ოზონის შრის გამოფიტვა, ოზონის ხვრელის გაჩენა;
- ტექნოგენური შემთხვევებისა და ბუნებრივი კატასტროფების რაოდენობის ზრდა (წელიწადში ზარალისა და მსხვერპლთა რაოდენობის 5-10% გაზრდა);
- წყალში, ნიადაგსა და ჰაერში მავნე ნივთიერებების დაგროვება;

სამწუხაროდ, ეს ტენდენციები XXI საუკუნეშიც რჩება. ატმოსფეროს დაბინძურებას გააჩნია მრავალმხრივი თვისება. დაბინძურების ძირითად სახეობებს უნდა მივაკუთვნოთ ტექნოგენური (ქიმიური) დაბინძურება მავნე ნივთიერებებით, ნახშირორჟანის ( $\text{CO}_2$ ) გლობალური ანთროპოგენური გამონაბოლქვები, მუაეური წვიმები, ოზონის შრის დარღვევა. ჰაერის დაბინძურების ძირითადი წყაროებია მყარი ნაწილაკები, ნახშირბადის ოქსიდი ( $\text{CO}$ ), აზოტის ოქსიდები ( $\text{NO}$  და  $\text{NO}_2$ ), ნახშირწყალბადები ( $\text{C}_n\text{H}_m$ ), ტყვია და სხვა სახის ლითონები.

ენერგეტიკა ახდენს უდიდეს გავლენას გარემოზე. ცნობილია, რომ ვერც ერთი ტექნოლოგია ვერ რეალიზდება ენერჯის დანახარჯების გარეშე [9]. მე-XX საუკუნის 50-იანი წლებში ელექტროენერჯის მოხმარება მკვეთრად გაიზარდა, შეიცვალა ენერგეტიკის სტრუქტურა. ელექტროენერჯის მოხმარების მკვეთრმა ზრდამ გამოიწვია ბუნებრივი რესურსების გამოლევა. სულ უფრო მცირდება ძველ საბადოებში ნახშირის, ნავთობისა და გაზის მარაგი, ახალი საბადოების ათვისება კი ძალზე ძვირი ჯდება. ამის გამო

ენერგეტიკის სფეროში ნახშირმა ადგილი დაუთმო ნავთობპროდუქტებს. ამასთან ენერგეტიკაში უპირატესობად გამოიყენება წიაღისეულ საწვავთან დაკავშირებული ტექნოლოგია (ცხრილი 11).

ცხრილი 11

ენერგეტიკული ტექნოლოგიების მონაცემები

ენერგეტიკული ტექნოლოგია	მსოფლიო წარმოებაში წილი (% მსოფლიოში)	ეკოლოგიური შედეგები
წიაღისეული საწვავის წვა	78	მტვერისა და ნახშირმუცის შემცველობის მქონე გაზის გამონაბოლქვები, ბუნებრივი რესურსების განადგურება
ბირთვული ენერგეტიკა	15	რადიოაქტიური დაბინძურების საფრთხე, ნარჩენების პრობლემა
ჰიდროენერგეტიკა	7	ტერიტორიების დატბორვა
მზის ენერგია	0,1	ეკოლოგიურად სუფთა, თუმცა მოითხოვს დიდი სივრცეების გამოყენებას
ქარის ენერგია	0,2-0,3	გაზრდილი ხმაური, ულტრაბგერა

ჰაერის დაბინძურებას გააჩნია ორი ძირითადი ასპექტი: ზემოქმედება ეკოსისტემებსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე. პირველი განისაზღვრება სასათბურე გაზების გამონაბოლქვებით (ნახშიროჟანგი და მეტანი), რომლებიც წვის პროცესის დარღვევის შედეგად წარმოიქმნება, ასევე გოგირდის დიოქსიდის, რომელიც იწვევს მუავის წვიმებს, მეორე – ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებებისა და გამონაბოლქვების შედეგად. აღსანიშნავია, რომ მსოფლიოში შეინიშნება CO<sub>2</sub>-ის ზრდის ტემპის შემცირება.

გარემოს შეზღუდული დაბინძურების ზომად, მიღებულია ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია.

ჰაერში რამდენიმე ნივთიერების ერთდროული არსებობის დროს, რომელთაც გააჩნიათ შემაჯამებელი ქმედება, კონცენტრაციის ჯამი არ უნდა აღემატებოდეს ერთს:

$$\frac{C_m}{E_m} \leq 1, \tag{1.1}$$

სადაც C<sub>m</sub> - არის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მავნე ნივთიერებების გაანგარიშებული მაქსიმალური კონცენტრაცია (მგ/მ<sup>3</sup>), დაბინძურების

ყველა წყაროს ერთობლიობიდან;  $E_m$  - შესაბამისი მავნე ნივთიერებების მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციაა (მგ/მ<sup>3</sup>).

ჰაერში მავნე ნივთიერების ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები მოყვანილია ცხრილში 12.

ცხრილი 12

ჰაერში მავნე ნივთიერის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები

ნივთიერება	ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაცია ჰაერში		ზღვრულად დასაშვები საშუალოდღიური კონცენტრაცია ჰაერში		ზღვრულად დასაშვები მაქსიმალური კონცენტრაცია ჰაერში
	სამუშაო არეალში	სამუშაო არეალში	სამუშაო არეალში	სამუშაო არეალში	სამუშაო არეალში
ამიაკი	20		0,04		0,2
ბენზოლი	5		0,1		1,5
ჰიდრაზინი	0,1		-		-
აზოტის დიოქსიდი	5		0,04		0,005
გოგირდის დიოქსიდი	10		0,05		0,5
ნახშირბადის ოქსიდი	20		3		5
ტეტრაეთილ-ტყვია	0,005		-		-
ფორმალდეჰიდი	0,5		0,012		0,035
წყალბადის ქლორიდი	5		0,2		0,2

გარემოს დაბინძურების შემცირების მთავარი საშუალებაა – ახალი ტექნოლოგიური პროცესების შექმნა (დანერგვა) და განხორციელება. ამ ამოცანის განხორციელება მოითხოვს სამეცნიერო და საინჟინრო პრობლემების მოგვარებას, ასევე მოითხოვს მნიშვნელოვან მატერიალურ ხარჯებს. გარემოს დაბინძურების შემცირების შუალედურ ეტაპს წარმოადგენს გამონაბოლქვის რაოდენობის ნორმირება.

დასახლებული პუნქტის ჰაერში მავნე ნივთიერებების კონცენტრაცია დამოკიდებულია იმ მავნე ნივთიერებების რაოდენობაზე, რომლითაც ბინძურდება გარემო დაბინძურების ყველა წყაროს მიერ. იმისათვის, რომ მავნე ნივთიერებების კონცენტრაცია არ აღემატებოდეს ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციას ( $\Theta$ ), საჭიროა არ წარმოიქმნას ისეთი პირობები, რომლის დროს მოსახლეობის ჯანმრთელობისთვის საშიში გახდება დაბინძურების ყველა წყარო. ამგვარად დგინდება ზღვრულად დასაშვები

გამონაბოლქვი ( $\Xi$ ). რაოდენობრივად ზღვრულად დასაშვები გამონაბოლქვი წარმოადგენს განზავების  $K_p$  კოეფიციენტის ( $\text{მ}^3/\text{წმ}$ )  $\Xi$ -ზე ( $\text{მგ}/\text{მ}^3$ ) ნამრავს.

$$\Theta = K_p \Xi. \quad (1.2)$$

არაორგანიზებული გამონაბოლქვების წყაროებისათვის (მაგალითად საცავები, მაგისტრალური გაზსადენები, გაზის ქსელები და ა.შ) და გაერთიანებული მცირე წყაროებისათვის აჯამებენ ზღვრულად დასაშვებ გამონაბოლქვებს, რითაც ადგენენ მის მნიშვნელობას. გარემოზე ზემოქმედების ზონაში ეკოლოგიური წონასწორობის უზრუნველყოფის მიზნით, საჭიროა თანამედროვე ნორმებისა და მოთხოვნების შემუშავება.

სამრეწველო პროდუქციის ეკოლოგიურად მნიშვნელოვან მიმართულებად უნდა ჩაითვალოს შემდეგი:

- ტრადიციული ტექნოლოგიების სრულყოფა – ახალი კონსტრუქციული ელემენტების შემოღება ეკოლოგიურად უსაფრთხო ნივთიერებების (მასალების) გამოყენებით;
- ახალი დანადგარების დამონტაჟება, რომელიც გამოყოფს გარემოში მცირე რაოდენობით მინარევებს/გამონაბოლქვებს;
- გარემოს დაცვისათვის საჭირო დამატებითი მეთოდებისა და საშუალებების ფართო გამოყენება;
- ყველა ტიპის სამრეწველო პროდუქციის ეკოლოგიური ექსპერტიზა;

გარემოს (ეკოლოგიური) მონიტორინგი წარმოადგენს გარემოს არსებულ ვითარებაზე დაკვირვების კომპლექსურ სისტემას, გარემოს დაცვის მართვის სისტემა წარმოადგენს ადმინისტრაციული მმართველობის საერთო სისტემის ნაწილს, რომელიც მოიცავს ორგანიზაციულ სტრუქტურებს, დაგეგმვას, პასუხისმგებლობას, მეთოდებს, პროცედურებს, პროცესებსა და რესურსებს, რომელიც საჭიროა (აუცილებელია) გარემოსდაცვითი პოლიტიკის განვითარება-განხორციელებისთვის, ანალიზისთვის და შენარჩუნებისთვის.

ბუნების მოხმარების მართვა, ანუ ეკოლოგიური მენეჯმენტი, წარმოადგენს გარემოსდაცვითი სისტემის მართვის შემადგენელ ნაწილს, რომელიც მოიცავს ყველა ასპექტს, მიმართულს გარემოზე ზემოქმედებისაკენ. გარემოსდაცვითი მართვის სისტემა შეიცავს შემდეგს:

- გარემოს არსებული მდგომარეობის კონტროლი;



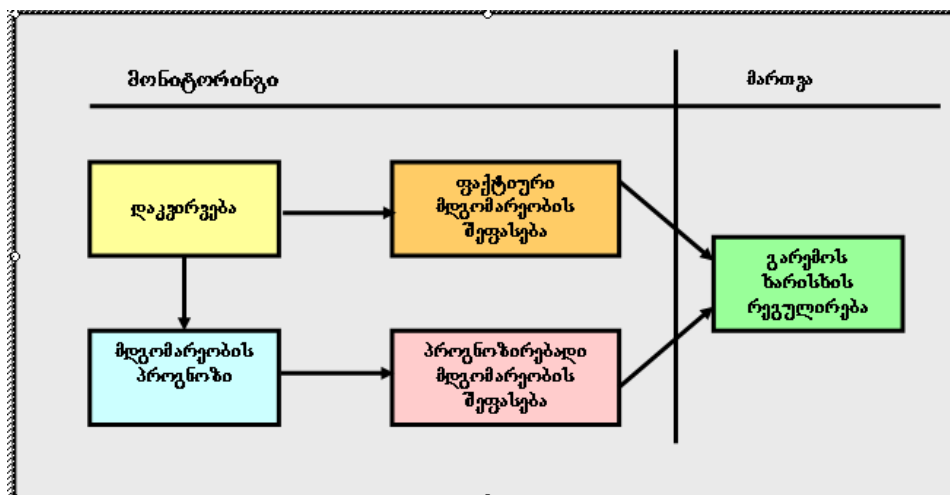
- საკანონმდებლო ბაზა;
- გარემოს დაცვის გეგმა;
- მაკონტროლებელი (მართვის) ფაქტორები;
- ეკონომიკური ინსტრუმენტები.

გარემოს დაცვის მართვის პირველად ამოცანას წარმოადგენს იმ პრობლემების გამოვლენა, რომლებმაც გარემოს დაბინძურება გამოიწვია. ამისათვის ხორციელდება გარემოს არსებულ მდგომარეობის კონტროლი და რისკების შეფასება.

გარემოს დაცვის სისტემა წარმოადგენს ორგანიზაციის მართვის საერთო სისტემის ნაწილს, ამასთანავე მისი მიზანია უზრუნველყოს რისკების მართვა გარემოს დაცვის სფეროში, გასული საუკუნის 80-იანი წლების დასაწყისში ინდუსტრიულად განვითარებული ქვეყნების წამყვანმა კომპანიებმა აქტიურად დაიწყეს გარემოს დაცვის მართვის სისტემის დანერგვა, შედეგად, გაცილებით გაუმჯობესდა გარემოს ხარისხი (ვითარება) სამრეწველო რეგიონებში. 1993 წელს მიღებული ევროსაბჭოს დადგენილება **(EEC) No 1836/93** ევროგაერთიანების სამრეწველო სექტორის ეკო-მენეჯმენტის და აუდიტის სქემაში კომპანიების ნებაყოფლობითი მონაწილეობის დაშვების შესახებ აწესებს სამრეწველო საწარმოების გარემოსდაცვითი საქმიანობის გაუმჯობესების შეფასების და საზოგადოებისთვის შესაბამისი ინფორმაციის მიწოდების მოთხოვნას.

გარემოსდაცვითი მონიტორინგი წარმოადგენს კომპლექსურ სისტემას, რომელიც დაკვირვებას აწარმოებს გარემოს არსებულ მდგომარეობაზე, შეფასებაზე და გარემოს არსებული მდგომარეობის შეცვლის პროგნოზზე, რომელზედაც გარკვეულ ზეგავლენას ახდენს ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორები (ნახ.21).

ძირითადად, სისტემის შემუშავებისას გამოიყენებენ ადგილობრივ გარემოს დაცვის მონიტორინგს, რომელიც უზრუნველყოფს გარემოს პარამეტრების განისაზღვრას გარკვეული ტერიტორიის ფარგლებში, სამრეწველო რეგიონში და ცალკეულ ორგანიზაციებში. ადგილობრივი მონიტორინგის განსახორციელებლად ფართოდ გამოიყენებენ სტაციონარულ და მოძრავ ლაბორატორიებს, რომლებიც ახორციელებენ მუდმივ და პერიოდულ დაკვირვებებს მტვრისა და გაზის გამონაბოლქვით გამოწვეულ ჰაერის დაბინძურებაზე.



ნახ.21. მონიტორინგის განხორციელების სქემა

ენერგობიექტები – კვანძები, მათი კონსტრუქცია, საფუძველები, კონსტრუქციული ელემენტები და მოწყობილობა – მიეკუთვნება ყველაზე რთულ და მნიშვნელოვან ობიექტებს. საჭიროა გამოვეყნოთ ერთმანეთისაგან ენერგობიექტების საიმედოობა და უსაფრთხოება [49,50].

ენერგობიექტების უსაფრთხოება უმეტესწილად დამოკიდებულია მათ სანდოობაზე, თუმცა ყოველთვის არ განისაზღვრება მისით [51,52]. ენერგობიექტების უსაფრთხოებაში იგულისხმება ობიექტების საიმედოობა დაკავშირებული სიცოცხლესთან და ადამიანის ჯანმრთელობასთან, აგრეთვე გარემოს მდგომარეობასთან. ენერგობიექტების უსაფრთხოება განისაზღვრება სპეციალური საშუალებებით: მონიტორინგისა და კონტროლის სისტემები, შეტყობინებები, ავარიის შემთხვევაში მოსახლეობისა და ოპერატიული პერსონალის ევაკუირება, ეკოლოგიურად სუფთა ნივთიერებებისა და ტექნოლოგიების გამოყენება, გარემოს დაცვითი და პროფილაქტიკური ღონისძიებების გამართვა [53,54,55,56].

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ ენერგობიექტების სისტემის მტყუნებამ შეიძლება მიგვიყვანოს ავარიებამდე და არაპროგნოზირებად მატერიალურ, ეკოლოგიურ და სოციალურ ზარალამდე [57,58,59]. გარდა ამისა, საჭიროა ენერგობიექტების საგანგებო მდგომარეობასთან მიახლოების ისეთი პროცესების გამოძიება, რომლებიც დაკავშირებულნი არიან ობიექტების უსაფრთხოებასთან [23]. ენერგობიექტების მშენებლობისას და

ექსპლუატაციისას ეკოლოგიური ნორმების დაუცველობა, სოციალური ფაქტორის იგნორირება არანაკლებ საფრთხეს წარმოადგენს გარემოსთვის და მოსახლეობისთვის, რაც მიგვიყვანს ეკოლოგიურად კონფლიქტურ მდგომარეობამდე (სიტუაციამდე), ეკოსისტემებისა და საზოგადოების (სოციუმის) მდგრადობის დარღვევამდე, ასევე ადამიანის სასიცოცხლო გარემოს გაუარესებამდე. ამგვარი დარღვევების დროს დაზარალებულთა რაოდენობა შეიძლება იყოს ძალიან დიდი. ამ შემთხვევაში, თავად ობიექტი ფუნქციონალური თვალსაზრისით, შეიძლება აღქმული იქნეს შრომისუნარიან ობიექტად. თუმცა არსებობს საფრთხე დაკავშირებული უსაფრთხოების წესების დარღვევასთან ოპერატიული პერსონალის მიერ. ამ შემთხვევაში რისკი საკმაოდ მაღალი შეიძლება იყოს ბევრი ადამიანის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობისთვის. მსოფლიო პრაქტიკაში არსებობს ბევრი კონკრეტული მაგალითი, სადაც ენერგეტიკული პროექტების განხორციელების შედეგად მიღებულია არასასურველი ეფექტები და სოციალურ-ეკოლოგიური ვითარების გამწვავება.

ფაქტიურად, გაუმართაობის ცნება შეიძლება მიჩნეულ იქნეს ტექნიკური ობიექტების უსაფრთხოების თეორიის ცენტრალურ ცნებად, მსგავსად ცნებისა "მტყუნება" საიმედოობის თეორიაში [61]. [62]. [63,64,65].

## თავი. II. ატმოსფეროში დაბინძურების ნივთიერების გაფრქვევა

### 2.1. დაბინძურების გაფრქვევა ატმოსფეროში

ატმოსფეროში გაფრქვეული აირები, რომლებსაც გააჩნიათ გლობალური მნიშვნელობა (ე.ი. რომელთა კონცენტრაციები იზრდება სამრეწველო აქტივობასთან ერთად), არის ნახშირორჟანგი ( $CO_2$ ), მეთანი ( $CH_4$ ) და აზოტის ოქსიდი ( $N_2O$ ). ამათთან ერთად, ჰიდროფტორნახშირბადის (HFC) პერფტორნახშირბადის (PFC) და გოგირდის ჰექსაფტორიდის კონცენტრაციების ზრდა ატმოსფეროში იწვევს სათბურის ეფექტს. ზემოაღნიშნული 6 აირი შედის UNFCCC-ს კოტოს პროტოკოლში სათბური გაზების სახელწოდებით (UN FCCC – Framework Convention on Climate Change, გაეროს ჩარჩო ხელშეკრულება კლიმატის ცვლილების შესახებ – შეთანხმება, რომელსაც ხელი მოაწერა 180 ქვეყანამ რიო-დე-ჟანეიროში 1992 წელს. ძალაში შევიდა 1994 წლის 21 მარტს). დღეისათვის კონვენციის ხელმომწერია 195 ქვეყანა.

იმ აირების კონცენტრაციის ზრდის გავლენა, რომლებიც განაპირობებს სათბურის ეფექტს, მოდელირებული იყო (რამოდენიმე სცენარით) IPCC-ს (კლიმატის ცვლილების სამთავრობათშორისო საბჭო) მიერ. ამ მოდელურმა გამოკვლევებმა უჩვენა, რომ IPCC-ს მოლოდინით, 1990-2100 წლების პერიოდში ჰაერის ტემპერატურა დედამიწის ზედაპირთან გაიზრდება 1,0-3,5 °C-მდე, ხოლო ზღვის დონე აიწევს 15-95 სმ-მდე.

ნახშირორჟანგის ( $CO_2$ ) წყაროები შეიძლება საკმარისი დამაჯერებლობით გამოისახოს რაოდენობრივად.  $CO_2$ -ის კონცენტრაციის ზრდის ყველაზე მნიშვნელოვანი წყაროა წიაღისეული საწვავის დაწვა. ბუნებრივი გაზი ქმნის ნაკლებ  $CO_2$ -ს ენერჯის ერთეულზე, ვიდრე სხვა სახის წიაღისეული საწვავი. ნახშირორჟანგთან შედარებით, მეთანის წყაროების რაოდენობრივი გამოსახვა გაცილებით ძნელია. მსოფლიო მასშტაბით, შეფასებების შესაბამისად, წყაროები, რომლებიც დაკავშირებულია წიაღისეულ საწვავთან, იძლევა ატმოსფეროში მეთანის წლიური ანთროპოგენური გაფრქვევის დაახლოებით 19%-ს. გადასვლა საწარმოო სათბობის ისეთ სახეებზე, რომლებსაც გააჩნიათ

ნახშირორჟანგის უფრო მცირე გამოსავალი (მაგალითად ბუნებრივი გაზი), გამოიწვევს სათბურის ეფექტის შემქმნელი გაზების გაფრქვევის შემცირებას.

წიაღისეული ნახშირიდან ბუნებრივ გაზზე გადასვლა შეამცირებს გაფრქვევის 40%-ს. მიუხედავად იმისა, რომ ბუნებრივ გაზს გააჩნია ასეთი უპირატესობა, მაინც საჭიროა მისი გამოყენების ოპტიმიზაცია.

ბუნებრივი გაზი, ერთი და იგივე რაოდენობის ენერჯის გამომუშავებისას, წარმოშობს ნაკლებ  $CO_2$ -ს, ვიდრე ნახშირი ან ნავთობი. თავისი ქიმიური სტრუქტურის გამო, ბუნებრივი გაზი ქმნის 40%-ით ნაკლებ ნახშირორჟანგს, ვიდრე ქვანახშირი. წიაღისეული საწვავის დაწვისას, გაფრქვევა ატმოსფეროში დამოკიდებულია არა მხოლოდ საწვავის ტიპზე, არამედ იმაზეც, თუ რამდენად ეფექტურად ხდება წვა. გაზისებრი საწვავი იწვის უფრო ადვილად და ეფექტურად, ვიდრე ნახშირი ან ნავთობი. სითბოს უტილიზაციაც გაზის დაწვისას უფრო მარტივია, რადგანაც საწვავი გაზი არ არის დაბინძურებული მყარი ნაწილაკებით და გოგირდის აგრესიული შენაერთებით.

ცხრილ 13-ში მოყვანილია კომპანია ეკოპროჯექტის მონაცემები ([http://www.ecoproject-bg.eu/\\_lang-en/CalcBiomass](http://www.ecoproject-bg.eu/_lang-en/CalcBiomass)) მაგნე ნივთიერებების ატმოსფეროში გაფრქვევის სიდიდეების (ტ/წელიწადი) მონაცემები, სხვადასხვა საწვავის დაწვისას [1].

ცხრილი 13

მაგნე ნივთიერებების ატმოსფეროში გაფრქვევის მონაცემები, სხვადასხვა საწვავის დაწვისას (ტ/წელიწადი)

10 <sup>6</sup> მ <sup>3</sup>	გაზის გაფრქვევის (ემისიის) შემცირება	1960 ტ $CO_2$
1000 კვტსთ	ელ. ენერჯის ემისიის შემცირება	990 ტ $CO_2$
1000 ტ	ნახშირის ემისიის შემცირება	2820 ტ $CO_2$
1000 ტ	მაზუთის ემისიის შემცირება	3100 ტ $CO_2$

ცხრილ 14-ში მოყვანილია ევროკავშირის ენერჯეტიკული სტატისტიკის ვებგვერდიდან აღებული მონაცემები ნახშირორჟანგის ემისიის შედარების შესახებ (მლნ.ტ) ევროკავშირში.

ცხრილი 14

ევროკავშირში ნახშირორჟანგის ემისიის შედარება(მლნ.ტ)

ქვეყანა	2006	2007	2008	კოიტოს გეგმა 2012წ	% კოიტოს ლიმიტის ქვემოთ
ესტონეთი	19,2	22,0	20,3	40,0	49.25 %
ლატვია	11,7	12,1	11,9	23,3	48.93 %
ლიტვა	22,8	24,7	24,3	44,1	44.90 %
რუმინეთი	153,9	152,3	145,9	259,9	43.86 %
ბულგარეთი	71,5	75,7	73,5	127,3	42.26 %
უნგრეთი	78,8	75,9	73,1	114,9	36.38 %
პოლონეთი	399,3	398,9	395,6	551,7	28.29 %
სლოვაკეთი	49,0	47,0	48,8	67,2	27.38 %
ჩეხეთი	149,1	150,8	141,4	180,6	21.71 %
შვედეთი	66,9	65,4	64,0	75,2	14.89 %
საბერძნეთი	128,1	131,9	126,9	139,6	9.10 %
დიდი ბრიტანეთი	647,9	636,7	628,2	678,3	7.39 %
საფრანგეთი	541,7	531,1	527,0	564,0	6.56 %
ბელგია	136,6	131,3	133,3	135,9	1.91 %
გერმანია	980,0	956,1	958,1	972,9	1.52 %
ფინეთი	79,9	78,3	70,1	71,1	1.41 %
					% კოიტოს ლიმიტზე ზევით
პორტუგალია	84,7	81,8	78,4	77,4	1.29 %
ჰოლანდია	208,5	207,5	206,9	200,4	3.24 %
ირლანდია	69,7	69,2	67,4	63,0	6.98 %
იტალია	563,0	552,8	541,5	485,7	11.49 %
სლოვენია	20,5	20,7	21,3	18,6	14.52 %
დანია	71,0	66,6	63,8	54,8	16.42 %
ესპანეთი	433,0	442,3	405,7	331,6	22.35 %
ავსტრია	91,6	88,0	86,6	68,7	26.06 %
ლუქსემბურგი	13,3	12,9	12,5	9,1	37.36 %
მალტა	2,9	3,0	3,0	NO TARGET	
კვიპროსი	9,9	10,1	10,2	NO TARGET	

წინა საუკუნის 90-იანი წლებიდან, მავნე ნივთიერებების გაფრქვევა იზრდება, რაც ძირითადად განპირობებულია არა მეთანის გაფრქვევით, ანუ არა გაფრქვევის ფაქტიური მასის გაზრდით, არამედ ინსპექტირების გამკაცრებით. აზოტის ოქსიდების შემცირება დაკავშირებულია საკომპრესორო სადგურების გაზის გადამქაჩი აგრეგატების მოდერნიზაციასთან.

გარდა ამისა არსებობს გაზის სექტორში მეთანის ემისიის განსაზღვრის მეთოდი (ე.წ. საბალანსო მეთოდი), რომელიც ემყარება მაგისტრალური გაზსადენის თავში და ბოლოში მიღებული და მოხმარებული გაზის რაოდენობების სხვაობას. ამ მეთოდის თანახმად დანაკარგი მერყეობს 1,0% ÷ 1,6% დიაპაზონში და საშუალოდ შეადგენს მოპოვებული ბუნებრივი გაზის 1,3%-ს. ბოლო სამი წლის მონაცემებით, წელიწადში 570 მლრდ მ<sup>3</sup> ბუნებრივი გაზის მოპოვებისას, მეთანის ემისია შეადგენს 5,3 მლრდ ტ/წელიწადში. გაზის სექტორის წილი მეთანის გლობალურ ემისიაში შეადგენს 0,03%-დან 0,32%-ს.

ამგვარად, ბუნებრივ გაზს, სხვა წიაღისეულ საწვავთან შედარებით, აშკარად გააჩნია მნიშვნელოვანი უპირატესობანი.

თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ გაზის სექტორში მეთანის ჯამური ემისიის შეფასება და გაზის დანაკარგების შესამცირებელი ღონისძიებების დანერგვა მოითხოვს სისტემურ კვლევებს.

## **2.2. მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევისას მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის დადგენის მორფოციკრებული მეთოდის**

ჰაერის ხარისხზე ზემოქმედება უნდა მოიცავდეს: მიწისზედა ობიექტებიდან ემისიების გაანგარიშებას შესაბამისი მონაკვეთის უახლოესი რეპრეზენტატიული მეტეოროლოგიური სადგურის ტემპერატურის, ქარისა და სხვა მონაცემების გამოყენებით. გამოყენებული მეთოდოლოგია, როგორც წესი, ემყარება სტაციონარულ წყაროებს, რაც სრულიად არ ითვალისწინებს ატმოსფეროს სტრატეფიკაციას და ემისიათა წყაროს ტერიტორიის რელიეფს [66]. აგრეთვე საჭიროა მეთოდოლოგიის ადაპტირება მთიანი რეგიონების იმ ტერიტორიისთვის, სადაც დასახლებული პუნქტები ხვდება ემისიების ზონაში. ემისიების წყაროებისათვის (მაგალითად სატუმბო

სადგურები) მითითებული უნდა იყოს ემისიების მაქსიმალურად დასაშვები მოცულობები და ნორმები.

შემდგომში უნდა ჩატარდეს ემისიის დისპერსიის მოდელირება იმ პირობების დადგენის მიზნით, რომლებიც ობიექტიდან ქარის მიმართულებით გამოიწვევს ყველაზე უარეს კონცენტრაციებს დედამიწის ზედაპირზე, რადგანაც ყველაზე უარესი კონცენტრაციები (პროგნოზის შესაბამისად) არსებობს ობიექტიდან რამდენიმე ასეულ მეტრში ქარის მიმართულებით. ამიტომ ქარის სიჩქარეს, მიმართულებასა და ატმოსფერულ სტაბილურობას ძალზე დიდი მნიშვნელობა გააჩნია მოდელირების თვალსაზრისით. თუ მონაცემები არასტაბილურია, მაშინ ემისიების დისპერსიების მოდელირება უნდა ჩატარდეს სხვადასხვა სცენარის გათვალისწინებით [67].

შესაძლებელია არსებობდეს გარემოზე პირდაპირი და ირიბი, ხანგრძლივი და ხანმოკლე (იმპულსური) ზემოქმედებები. მაგალითად გაზსადენის უბნის გაქრევა – ხანმოკლეა, ხოლო გაჟონვა – ხანგრძლივი ზემოქმედებაა. ატმოსფეროს მიწისპირა ფენა ბინძურდება გაზსადენების ექსპლუატაციისას, ხოლო ზედა ფენები ასახავენ გლობალურ დაბინძურებას და ხასიათდებიან შედარებით მცირე დინამიკურობით, მიწისპირა ფენასთან შედარებით [68].

ამოცანის მიზანია ადამიანის ჯანმრთელობაზე და გარემოზე მავნე ზემოქმედების თავიდან აცილების მიზნით წლიური გაფრქვევის ზღვრული და დროებით შეთანხმებული მნიშვნელობების გაანგარიშების მეთოდის დადგენა. “ატმოსფერულ ჰაერში” იგულისხმება ატმოსფერული გარსის ჰაერი, შენობა-ნაგებობებში არსებული ჰაერის გარდა, ხოლო “მავნე ნივთიერებაში” – გაფრქვეული ნებისმიერი ნივთიერება, რომელიც ახდენს ან რომელმაც შეიძლება მოახდინოს უარყოფითი გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობასა და ბუნებრივ გარემოზე [68].

ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა წლიური გაფრქვევის ზღვრული მნიშვნელობის ანუ ზღვრულად დასაშვები გაფრქვევის (Φ) ნორმების და წლიური გაფრქვევის დროებით შეთანხმებული მნიშვნელობების ანუ დროებით შეთანხმებული გაფრქვევის (Θ) ნორმების დადგენის კრიტერიუმად, მიღებულია ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის (Ξ) ნორმები.



ზღვრულ [69,70,71,72,73,74]-ში დასაშვები გაფრქვევის ნორმების დადგენისათვის, უნდა სრულდებოდეს შემდეგი პირობა:

$$\frac{C_m}{E_m} \leq 1, \quad (2.1)$$

სადაც  $C_m$  - არის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში მავნე ნივთიერებების გაანგარიშებული მაქსიმალური კონცენტრაციაა (მგ/მ<sup>3</sup>), დაბინძურების ყველა წყაროს ერთობლიობიდან;  $E_m$  - შესაბამისი მავნე ნივთიერებების მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციაა (მგ/მ<sup>3</sup>).

ატმოსფერულ ჰაერში ერთდროულად რამდენიმე ჯამური ზემოქმედების მქონე მავნე ნივთიერების არსებობისას, უნდა სრულდებოდეს შემდეგი პირობა:

$$\frac{C_{m1}}{E_{m1}} + \frac{C_{m2}}{E_{m2}} + \dots + \frac{C_{mn}}{E_{mn}} \leq 1. \quad (2.2)$$

სადაც  $C_{m1}, C_{m2}, \dots, C_{mn}$  - ტოლია ატმოსფეროს ერთსა და იმავე ადგილას მავნე ნივთიერებების გაანგარიშებული მაქსიმალური კონცენტრაციების (მგ/მ<sup>3</sup>);  $E_{m1}, E_{m2}, \dots, E_{mn}$  - მავნე ნივთიერებების შესაბამისი მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციები (მგ/მ<sup>3</sup>).

ატმოსფერულ ჰაერში ფონური კონცენტრაციის ( $C_f$ ) არსებობის შემთხვევაში, ფორმულა (2.1)-ში  $C_m$ -ის ნაცვლად უნდა ავიღოთ  $C_{m1} + C_{f1}$  და ანალოგიურად ფორმულა (2)-ში.

მოკლედ განვიხილოთ ცალკეული წერტილოვანი დაბინძურების წყაროდან მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევით გამოწვეული ატმოსფეროს დაბინძურების გაანგარიშების მეთოდთა [75,76], რომელშიც ჩვენს მიერ შეტანილია გარკვეული ცვლილებები. კერძოდ, დაზუსტებულია ემპირიულ მასალაზე დაყრდნობით მიღებული ემპირიული დამოკიდებულებები და დაზუსტებულია გარკვეული კოეფიციენტები.

მავნე ნივთიერებების მიწისპირა კონცენტრაციის მაქსიმალური მნიშვნელობა  $C_m$  (მგ/მ<sup>3</sup>), რომელიც მიიღწევა არახელსაყრელ მეტეოროლოგიურ პირობებში ცალკეული მრგვალი მილყელის მქონე დაბინძურების წყაროდან გაფრქვევისას ამ წყაროდან დაშორებულ  $X_m$  მანძილზე, განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$C_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2\sqrt{Q_1\Delta T}}, \quad (2.2)$$

სადაც  $A$  - არის ატმოსფეროს ტემპერატურული სტრატეფიკაციის კოეფიციენტი ( $\text{წმ}^{2/3}$  გრად $^{1/3}$  მგ/გ). საქართველოსათვის მიიღება, რომ  $A=200$ ;  $M$  - დროის ერთეულში ატმოსფეროში გაფრქვეული მავნე ნივთიერების მასა (გ/წმ);  $F$  - ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებების დალექვის სიჩქარის უგანზომილებო კოეფიციენტი (სხვადასხვა პირობებში  $1 \leq F \leq 3$ );  $H$  - გაფრქვევის წყაროს სიმაღლე მიწის ზედაპირიდან (მ);  $\Delta T$  - გაფრქვეული ნარევის ტემპერატურასა და გარემო ჰაერის ტემპერატურას შორის სხვაობა ( $^{\circ}C$ );  $\eta$  - ნარევის გაბნევაზე ადგილის რელიეფის გავლენის ამსახველი უგანზომილებო კოეფიციენტი. თუ გეოდეზიური ქანობი არ აღემატება 0,05-ს, მაშინ  $\eta=1$ . სხვა შემთხვევაში საჭიროა შემასწორებელი კოეფიციენტის გამოყენება.  $Q$  - ნარევის ხარჯი ( $\text{მ}^3/\text{წმ}$ ),

რომელიც განისაზღვრება ფორმულით  $Q = \frac{\pi D^2}{4}V$ , სადაც  $D$  - არის

გაფრქვევის წყაროს მილყელის დიამეტრი (მ);  $V$  - გაფრქვევის წყაროს მილყელიდან ნარევის გამოსვლის საშუალო სიჩქარე ( $\text{მ}/\text{წმ}$ ) [42];  $m$  და  $n$  - მილყელიდან ნარევის გამოსვლის პირობების ამსახველი კოეფიციენტები.

მავნე ნივთიერებათა კონცენტრაციებისათვის, დასაზუსტებელია გაფრქვევის წყაროს ეფექტური სიმაღლე. იგი წარმოადგენს საკუთრივ რეალური გაფრქვევის წყაროს (მილი, სანთელი და ა.შ.) გეომეტრიული  $H$  სიმაღლისა და იმ სიმაღლის ნამატს ( $\Delta H$ ), რომელიც იქმნება გაზის ნაკადის სიჩქარით:  $H_{EFF} = H + \Delta H$ . ე.ი. ზევით მოყვანილ შესაბამის გამოსახულებებში ყველგან სიდიდე  $H$  უნდა შეიცვალოს სიდიდით  $H_{EFF}$ . მაგალითისათვის, ჩვენს მიერ, ჩატარებულია ანგარიში ყაზახ-საგურამოს ტრანზიტული გაზსადენის სიახლოვეს მდებარე მსხვილი დასახლებული პუნქტისათვის, კერძოდ ქ. თბილისისათვის, ვინაიდან მავნე ნივთიერებების გაბნევის პირობების განმსაზღვრელი მეტეოროლოგიური პირობები ცნობილია მხოლოდ ამ რეგიონისათვის. ცხრილ 1-ში მოყვანილია ამ სიდიდეთა ნატურული მნიშვნელობები.

№	ქარის საშუალო წლიური თაიგული, %	პარამეტრების მნიშვნელობები
1	ქარის საშუალო წლიური თაიგული, %	
2	-ჩრდილოეთი	26
3	-ჩრდილო-აღმოსავლეთი	3
4	-აღმოსავლეთი	4
5	-სამხრეთ-აღმოსავლეთი	25
6	-სამხრეთი	8
7	-სამხრეთ-დასავლეთი	2
8	-დასავლეთი	4
9	-ჩრდილო-დასავლეთი	28
10	ქარის სიჩქარე (მრავალწლიური მონაცემების მიხედვით), რომლის გადამეტების განმეორადობა შეადგენს 5%-ს $U$ (მ/წმ)	8

ამგვარად ჰაერში მავნე ნივთიერებების გაბნევის ანგარიშისათვის საჭირო საწყისი მონაცემებია:

- მაგისტრალური გაზსადენების სიტუაციური რუკა-სქემა;
- მაგისტრალური გაზსადენების ტექნოლოგიური პროცესის რუკა-სქემა;
- მაგისტრალური გაზსადენის განლაგების რაიონების მეტეოროლოგიური პარამეტრები;
- მაგისტრალური გაზსადენიდან ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევის პარამეტრები;
- ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ნორმები.

ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა გაბნევის ანგარიში წარმოებს მავნე ნივთიერებების გაბნევის სხვადასხვა პირობებისათვის, აირჩევა რა ამ პირობებიდან ყველაზე არახელსაყრელი, რომლისთვისაც წარმოებს ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა შესაძლო მაქსიმალური კონცენტრაციის გაანგარიშება.

ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ნორმად სანიტარული ნორმებიდან (CH 245-63, CH 245-71) მიიჩნევა დასახლებულ პუნქტებში მავნე ნივთიერებების მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ნორმა. იმასთან დაკავშირებით, რომ დასახლებულ პუნქტებში მეთანისათვის ( $CH_4$ ) მაქსიმალური ერთჯერადი ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ნორმა

არ არის დადგენილი და, შესაბამისად, სანიტარულ ნორმებში (CH 245-71) არ არის მოცემული, ამიტომ მეთანისათვის ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ნორმად აიღება ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის ნორმა სამუშაო ზონისათვის, რომელიც, თანახმად სანიტარული ნორმებისა (CH 245-63) ტოლია 300 მგ/მ<sup>3</sup> [9].

ჩვენი მიზანია არსებული მეთოდიკის მოდიფიცირება გარკვეული მოსაზრებების გამო, რომელიც აახლოვებს არსებულ იდეალიზაციას რეალურ სიტუაციასთან.

მაგისტრალური გაზსადენების ექსპლუატაციის დროს ადგილი აქვს ბუნებრივი გაზის როგორც ორგანიზებულ, ასევე არაორგანიზებულ გაფრქვევებს. ორგანიზებულ გაფრქვევებს ადგილი აქვს გაზსადენის კაპიტალური შეკეთების, კოროზიული და სხვა სახის დაზიანების ლიკვიდაციის, მტვერდამჭერ და კონდენსატის შემკრებთა გაქრვის და ჰიდრატის წარმოქმნის გაუვნებელოფის დროს. არაორგანიზებული გაფრქვევის შემთხვევებს ადგილი აქვს გაზის გაჟონებისას. მიღებულია, რომ რადგანაც ორგანიზებული გაფრქვევის წამური ინტენსივობა (7420 გ/წმ) ძალზედ აღემატება არაორგანიზებული გაფრქვევის წამურ ინტენსივობას (1,063 გ/წმ 1 კმ-ზე), ამიტომ გაანგარიშებას აწარმოებენ ორგანიზებული გაფრქვევის წყაროებისათვის.

აღნიშნული მოსაზრება ჩვენი აზრით მცდარია, რადგანაც:

1. თუ გავითვალისწინებთ მაგისტრალის მთლიან სიგრძეს ( $\approx 1940$  კმ), ჯამური არაორგანიზებული გაფრქვევა დაახლოებით 2062 გ/წმ შეადგენს, რაც ორგანიზებული გაფრქვევის დაახლოებით 28%-ია.

2. მხედველობაშია მისაღები, რომ არაორგანიზებული გაფრქვევა არ შეიძლება ჩაითვალოს თანაბრად განაწილებულად მთლიანი მაგისტრალის გასწვრივ, არამედ წარმოქმნილი კოროზიული ხვრელების არსებობის გამო წარმოადგენს შეყურსულ, წერტილოვან, გარკვეული დროის განმავლობაში მოქმედ გაფრქვევის წყაროებს. ამიტომ ლოკალური დაბინძურების მაქსიმალური კონცენტრაცია იქნება მეტი (და შესაძლებელია გაცილებით მეტიც) ვიდრე ამ წყაროების გაუთვალისწინებლად მიღებული შედეგი.

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული მოდიფიცირება ეყრდნობა შემდეგ მოსაზრებებს, რომელთა გამო მნიშვნელოვნად შეიცვლება ადრე განხილული მეთოდიკის მსვლელობა.

1. არსებული მოყვანილი ნატურული გამოკვლევების თანახმად, შესაძლებელია ცნობილად ჩაითვალოს კოროზიული ხვრელების განლაგების ალბათური მახასიათებლები;

2. ასევე შესაძლებელია ცნობილად ჩაითვალოს კოროზიული ხვრელების დიამეტრების ალბათური მახასიათებლები;

3. ნატურული გამოკვლევების თანახმად შესაძლებელია ცნობილად ჩაითვალოს კოროზიული ხვრელების ადგილმდებარეობების ალბათური მახასიათებლები;

4. გაანგარიშების შედეგები წარმოადგენენ განხილული მეთოდის შედეგების და შემოთავაზებული დამატებითი გაანგარიშების სუპერპოზიციას.

თანმიმდევრობით მიყვეთ მოდიფიცირებული მეთოდის მსვლელობას. ვთქვათ, ვიხილავთ მაგისტრალური გაზსადენის გარკვეულ უბანს, რომლისთვისაც დაწვრილებით შესწავლილია კოროზიული ხვრელების ალბათური მახასიათებლები.

1. რადგანაც ცნობილია კოროზიული ხვრელების ადგილმდებარეობის ალბათობის განაწილების სიმკვრივე, ამიტომ შემთხვევითი რიცხვების ცხრილის გამოყენებით შესაძლებელია განვსაზღვროთ არჩეულ უბანზე კოროზიული ხვრელების რაოდენობა და მათი განლაგების კოორდინატები;

2. რადგანაც ცნობილია კოროზიული ხვრელების დიამეტრების ალბათობის განაწილების სიმკვრივე, ამიტომ შემთხვევითი რიცხვების ცხრილის გამოყენებით, შესაძლებელია განვსაზღვროთ არჩეულ უბანზე უკვე დადგენილი კოროზიული ხვრელების დიამეტრების მნიშვნელობები;

3. თვითეული კოროზიული ხვრელისათვის, როგორც წერტილოვანი გაფრქვევის წყაროსათვის, წარმოებს მიწისპირა მავნე ნივთიერების (მეთანის) კონცენტრაციების ველის განსაზღვრა;

4. არსებული მეთოდოლოგიის თანახმად, წარმოებს ორგანიზებული გაფრქვევისათვის მიწისპირა მავნე ნივთიერების (მეთანის) კონცენტრაციების ველის განსაზღვრა;

5. ორივე მეთოდით მიღებული მიწისპირა მავნე ნივთიერების (მეთანის) კონცენტრაციების ველების სუპერპოზიციით, მიიღება საბოლოო, რეალური მიწისპირა მავნე ნივთიერების (მეთანის) კონცენტრაციების ველი.

მოდულიზირებული მეთოდიკის თვალსაჩინო ილუსტრირებისათვის განვიხილოთ საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის ზევით აღნიშნული 10 კმ-იანი უბანი.

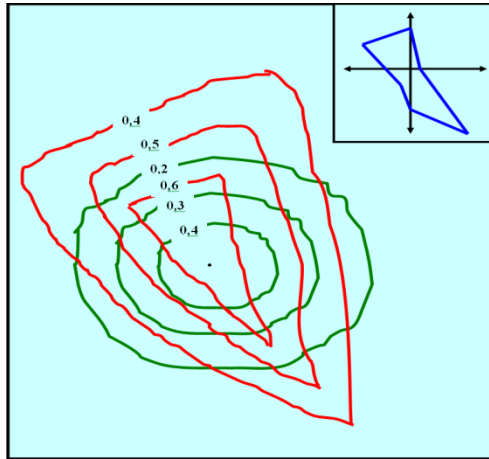
არსებული მეთოდიკით გაანგარიშებული მნიშვნელობების შესაბამისად, მაქსიმალური კონცენტრაცია არ აღემატება ზღვრულად დასაშვები კონცენტრაციის 37%-ს, რაც დასაშვებია ნორმების მიხედვით. ვნახოთ, თუ რა ცვლილებას შეიტანს არაორგანიზებული გაფრქვევის გათვალისწინება. ქარის თაიგული მხედველობაში მიიღება მოყვანილი მონაცემების შესაბამისად.

განვიხილოთ ანალოგიური ანგარიში ჩვენს მიერ ზევით აღნიშნული დამატებების გათვალისწინებით. მაგალითისათვის გავითამაშოთ ორი სცენარი [77,78,79,80]:

1. ჩავთვალოთ, რომ კოროზიულ ხვრეტებს გააჩნიათ ერთი და იგივე დიამეტრი და ისინი განლაგებულია განსახილველი უბნის გასწვრივ თანაბრად (აღრე აღნიშნული მანძილი მათ შორის და მათი დიამეტრები მივიჩნიოთ შესაბამისად მათი მათემატიკური მოლოდინების ტოლად:  $D = 4,7$ მმ ;  $L = 3,4$ კმ. ე.ი. მიჩნეულია, რომ ერთ-ერთი ხვრელი მოთავსებულია უბნის შუაში ([81,82,83] – ნაშრომების შესაბამისად).

2. გავითამაშოთ სცენარი შემთხვევით განაწილებული რიცხვების შესაბამისად. ამ შემთხვევაში გვექნება:  $D_1 = 3,4$  მმ;  $D_2 = 5,1$  მმ ;  $D_3 = 7,4$  მმ;  $L_1 = 3,8$  კმ;  $L_2 = 5,9$  კმ ([81,82,83]. ნაშრომების შესაბამისად)

ნახ.22-ზე ნაჩვენებია მავნე ნივთიერებების გაფრქვევის კონცენტრაციების ველები, ქარის თაიგულის გათვალისწინებით. გამოყენებულია ზევით ნახსენები სუპერპოზიციის პრინციპი. აშკარად ჩანს განსხვავება განხილულ პინციპულად განსხვავებულ ორ მეთოდს შორის. კერძოდ, მაქსიმალური კონცენტრაცია ამ შემთხვევაში დაახლოებით 80%-მდე იზრდება. თუ გავითვალისწინებთ, რომ საკურორტო და სარეკრეაციო ზონებში უნდა შესრულდეს პირობა  $\frac{C_m}{E_m} \leq 0,8$ , სიტუაცია უახლოვდება საშიშს.



ნახ.22 მაგნე ნიუთიერებების გაფრქვევის კონცენტრაციების ველები, ქარის თაიგულის გათვალისწინებით

ამრიგად, განხილული მაგალითიდან ჩანს ჩვენ მიერ შემოთავაზებული მეთოდის უპირატესობა არსებულთან. იგი იძლევა რეალურთან გაცილებით მიახლოებულ სურათს და უფრო საიმედოა გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით.

### თავი III. გაზომვარაგების ობიექტების ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორი და თვისობრივი მოდელის შეფასება

#### 3.1. მაგისტრალური გაზსადენის ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორი და თვისობრივი მოდელის შეფასების ამოცანა

გარემოზე ზემოქმედების შეფასება უნდა შესრულდეს ქვეყანაში არსებული კანონმდებლობის და საერთაშორისო სტანდარტების შესაბამისად. [86]. [87]. [88].

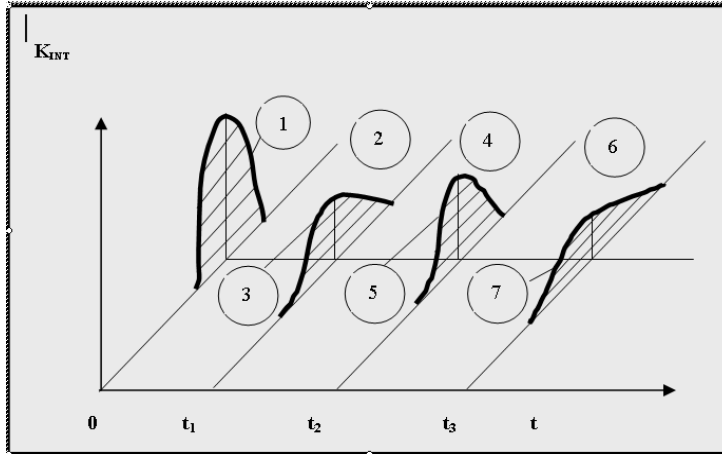
დღეისათვის არსებობს გარემოზე ზემოქმედების შეფასების მეტად მიახლოებითი მეთოდები. მიუხედავად იმისა, რომ საკითხს გააჩნია დიდი საერთაშორისო მნიშვნელობა და ეკოლოგიური ექსპერტიზის გარეშე შეუძლებელია განხორციელდეს ნებისმიერი მეტად თუ ნაკლებად მნიშვნელოვანი პროექტი. [89,90],91,92].

ჩავთვალოთ, რომ რისკ-ფაქტორი არის გარემოში ეკოლოგიური ჩარევის ალბათობა.

განვიხილოთ მაგისტრალური გაზსადენების დროში ფუნქციონირების სრული ციკლი. რომელიც მოიცავს შემდეგ ეტაპებს: მშენებლობა, ობიექტის გაშვება ექსპლუატაციაში, რეაბილიტაცია და ბოლოს, ექსპლუატაციის შემდგომი პერიოდი.

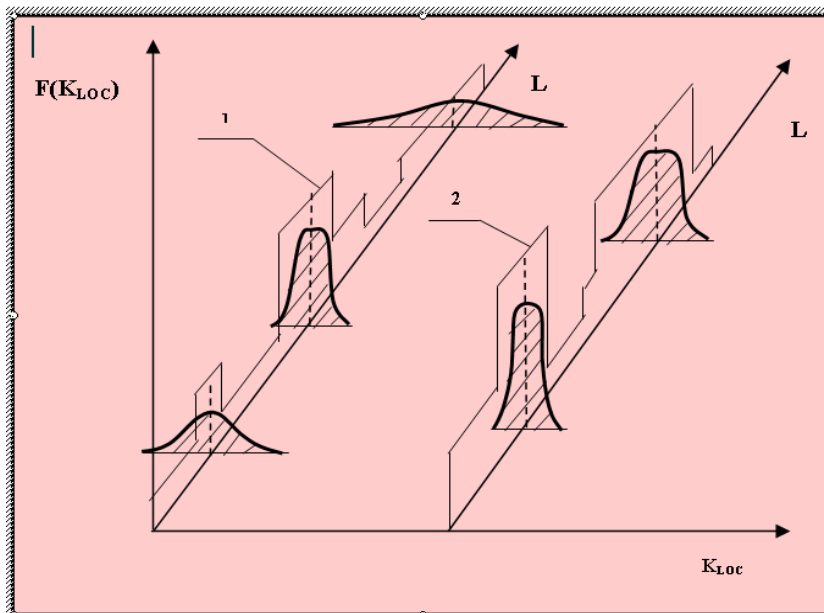
რისკ-ფაქტორის დროში ცვლილების სქემა ნაჩვენებია ნახ.23-ზე. განვიხილოთ შემდეგი წანამძღვრები: 1. რისკ-ფაქტორი წარმოადგენს სტოქასტიკურ სიდიდეს; 2. ყველაზე მნიშვნელოვანი გარემოში ჩარევის ალბათობა არის ობიექტის მშენებლობის სტადიაზე; 3. ობიექტის ექსპლუატაციაში გაშვების შემდეგ, რისკ-ფაქტორის ალბათობა მცირდება; 4. ობიექტის ექსპლუატაციის დაწყების შემდეგ, რისკ-ფაქტორის ალბათობა იზრდება; 5. ობიექტის ნარჩენი რესურსის ბოლომდე ამოწურვისას, მაგისტრალური გაზსადენების რისკ-ფაქტორი აღწევს მის მაქსიმალურ მნიშვნელობას; 6. მაგისტრალური გაზსადენების კონსერვაციის დასრულებისას, შესაძლებელია შექცევადი ან შეუქცევადი ვარიანტი.





ნახ. 23. ინტეგრალური რისკ-ფაქტორის ცვლილება დროში: 1. მშენებლობის სტადია; 2. მისახმირისი პერიოდი; 3. ნორმალური ექსპლუატაციის საწყისი ეტაპი; 4. ექსპლუატაციის პერიოდი; 5. ექსპლუატაციის დამთავრება; 6. კონსერვირების სტადია; 7. ნარჩენი ზემოქმედება

აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, რომ წარმოდგენილი სქემა გვიჩვენებს, რომ ჩვენ განვიხილავთ რისკ-ფაქტორის ინტეგრალურ სიდიდეს.



ნახ. 24. ლოკალური რისკ-ფაქტორის ცვლილება მაგისტრალური გაზსადენების სიგრძის გასწვრივ: 1. მეწყერი; 2. ნიადაგის წინაღობა

წარმოდგენილი სქემა შედგება ავარიებით გამოწვეული ლოკალური რისკ-ფაქტორებისგან, რომლებიც იცვლება მაგისტრალური გაზსადენების სიგრძის მიხედვით. ასეთი ტიპური სქემა წარმოდგენილია ნახ. 24-ზე. განვიხილოთ დაუგეგმავი ავარიის შემთხვევა, რომელსაც შეიძლება მოყვეს

პერსონალის დაზიანება, მაგისტრალური გაზსადენების გარემოს დაბინძურება. ავარიების მიზეზები შეიძლება იყოს; ლითონის კოროზია, სამშენებლო სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოები, სტიქიური უბედურებები (მაგალითად მიწისძვრა, მეწყერი და ა.შ.).

დაეუბრუნდეთ ნახ.24-ს. მასზე, თვალსაჩინოებისათვის, ნაჩვენებია ლოკალური რისკ-ფაქტორის ცვლილება სიგრძისა და დროის მიხედვით მაგისტრალური გაზსადენებისათვის. ჩვენ მაგალითისათვის ვიხილავთ მხოლოდ ორი გავლენის რისკ-ფაქტორს (მეწყერი და ნიადაგის წინააღობა). ცხადია, რომ ამგვარი ფაქტორი შეიძლება გვექონდეს საკმაოდ ბევრი (ზოგიერთი მათგანი უკვე ჩამოთვლილია ზევით). ინტეგრალური რისკ-ფაქტორის მეთოდის განსაზღვრა მდგომარეობს შემდეგში:

1. შემუშავდება ყველა შესაძლო ალბათობის სიმკვრივის განაწილების მრუდების სუპერპოზიცია;

2. განისაზღვრება აღნიშნული ალბათობის სიმკვრივის განაწილების მრუდების გადაფარვის ფართობი;

3. აღნიშნული მიღებული სიდიდეების (ლოკალური რისკ-ფაქტორების მნიშვნელობები) ჯამი, რიცხობრივად გაუტოლდება ინტეგრალურ რისკ-ფაქტორს;

4. სხვაობა დანიშნულს (ნორმატიულს) და მიღებულ რისკ-ფაქტორს შორის, გვიჩვენებს მაგისტრალური გაზსადენების მდგომარეობას.

ბუნებრივია, რომ რაც უფრო მცირეა აღნიშნული სხვაობა, მით უფრო კარგია მაგისტრალური გაზსადენების მდგომარეობა.

შემოთავაზებული მეთოდიკა საკმაოდ შრომატევადია, თუმცა ყველა მაგისტრალურ გაზსადენს გააჩნია ეკოლოგიური მონიტორინგის სამსახური და ინფორმაციის მიღება შესაძლებელია.

## **3.2. რისკები ბუნებრივი გაზის სექტორში**

### **3.2.1. რისკის ანალიზის ცნებანი, რისკები ბუნებრივი გაზის სექტორში**

ავარია გაზმომარაგების ობიექტზე – წარმოადგენს ნაგებობის ან ტექნიკური მოწყობილობების რღვევას, რომელსაც შესაძლოა ახლდეს არაკონტროლირებადი აფეთქება ან საშიში (მაგნე) ნივთიერებების

ატმოსფეროში გაფრქვევა. გაზომვარაგების ობიექტში შემდგომში ოგულისხმება - მაგისტრალური გაზსადენი, გაზგამანაწილებელი ქსელი, საკომპრესორო სადგური, მიწისქვეშა გაზის საცავი და ა.შ.

**ავარიის რისკის ანალიზი** – საფრთხის იდენტიფიკაციის პროცესი და ავარიის რისკის შეფასება საფრთხის მქონე ობიექტზე, ცალკეული პირებისათვის, პირთა ჯგუფისათვის, ქონებისათვის ან გარემოსთვის.

**ავარიის საშიშროების იდენტიფიკაცია** – ობიექტზე ავარიის საშიშროების გამოვლენა, დადასტურება და მისი მახასიათებლების დადგენის პროცესი.

**ავარიის რისკის შეფასება** – ავარიის საფრთხის რეალიზაციის შედეგები ცალკეული პირებისათვის, პირთა ჯგუფისათვის, ქონებისათვის ან გარემოსთვის; სიმძიმის ხარისხის დადგენის პროცესი. რისკის შეფასება შეიცავს ალბათობის (ან სიხშირის), შედეგების და მათი ერთობლიობის ანალიზს.

**ავარიის მისაღები რისკი** – რისკი, რომლის დონე დასაშვებია და დასაბუთებულია გამომდინარე სოციალურ-ეკონომიკური მოსაზრებებიდან. ობიექტის ექსპლუატაციის რისკი დასაშვებია, თუ ობიექტის ექსპლუატაციიდან მიღებული სარგებლის გამო, საზოგადოება მზად არის წავიდეს ამ რისკზე.

- **ავარიის რისკი** – საფრთხის ზომა, რომელიც ახასიათებს ობიექტზე ავარიის წარმოქმნის შესაძლებლობას და მისი შედეგების სიმძიმეს. ავარიის რისკის ძირითადი რაოდენობრივი მახასიათებლებია:

- **ტექნიკური რისკი** – ტექნიკური მოწყობილობების გარკვეული დონის შედეგების მქონე მტყუნების ალბათობა, ობიექტის გარკვეული დროის ფუნქციონირების განმავლობაში;

- **ინდივიდუალური რისკი** – ცალკეულ ადამიანზე საშიში ზემოქმედების სიხშირე, ავარიის საფრთხის ფაქტორების გამო;

- **პოტენციური ტერიტორიული რისკი** (ანუ პოტენციური რისკი) – ტერიტორიის გარკვეულ ადგილზე ავარიის დამაზიანებელი ფაქტორების რეალიზაციის სიხშირე;

- **კოლექტიური რისკი** – დამაზიანებელი ფაქტორების მოსალოდნელი რაოდენობა გარკვეული დროის განმავლობაში, შესაძლო ავარიების შედეგად;

- სოციალური რისკი, ან  $F/N$  მრუდი -  $F$  ხდომილების (რომლის შედეგად დაშავდა არა ნაკლებ  $N$  ადამიანისა) რეალიზაციის სიხშირის დამოკიდებულება  $N$  რიცხვთან. ეს მახასიათებელი ახასიათებს საშიშროების რეალიზაციის შედეგების სიმძიმეს (კატასტროფულობას);

- მოსალოდნელი ზარალი – შესაძლო ავარიის შედეგად მიღებული ზარალის მათემატიკური მოლოდინი, გარკვეული დროის პერიოდის განმავლობაში [93].

ავარიების რისკის ანალიზი (შემდგომში რისკის ანალიზი) ობიექტებზე წარმოადგენს სამრეწველო უსაფრთხოების შემადგენელ ნაწილს. რისკის ანალიზის არსი მდგომარეობს შემდეგში: ყველა მისაწვდომი ინფორმაციის სისტემატური გამოყენება საშიშროების იდენტიფიკაციისათვის და არასასურველი ხდომილებების რისკის შეფასებისათვის. რისკის ანალიზის შედეგები გამოიყენება ობიექტების დეკლარირებისას, სამრეწველო უსაფრთხოების ექსპერტიზისას, უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ტექნიკური გადაწყვეტილების დასაბუთებისათვის, დაზღვევისათვის, უსაფრთხოების ეკონომიკური ანალიზისას კრიტერიუმებით „ღირებულება უსაფრთხოება მოგება“, სამეურნეო მოღვაწეობის გარემოზე ზემოქმედების შეფასებისას და სხვა ისეთი პროცედურებისას, რომლებიც დაკავშირებულია უსაფრთხოების ანალიზთან.

რისკის ანალიზის ძირითადი ამოცანაა გადაწყვეტილების მიმღებ პირებს მიაწოდოს შემდეგი ინფორმაცია:

- ობიექტური ინფორმაცია ობიექტის სამრეწველო უსაფრთხოების შესახებ;
- მონაცემები უსაფრთხოების თვალსაზრისით ყველაზე „სუსტ“ ადგილებისათვის და მომენტებისათვის;
- დასაბუთებული ინფორმაცია რისკის შესამცირებლად.

### 3.2.2. რისკის ანალიზის ჩატარების თანმიმდევრობა

რისკის ანალიზის შემდეგი ძირითადი ეტაპებია: სამუშაოთა დაგეგმვა და ორგანიზაცია; საშიშროებების იდენტიფიკაცია; რისკის შეფასება; რისკის შემცირების რეკომენდაციების შემუშავება.

რისკის დაგეგმვის ეტაპზე უნდა შესრულდეს შემდეგი სამუშაოები: განისაზღვროს ობიექტი და შესრულდეს მისი ზოგადი აღწერა; აღიწეროს მიზეზები და პრობლემები, რომლებმაც გამოიწვიეს რისკის ანალიზის ჩატარების აუცილებლობა; განისაზღვროს და აღიწეროს ობიექტის შესახებ ინფორმაციის წყაროები; მიეთითოს საწყისი მონაცემების, ფინანსური რესურსების და სხვა გარემოებების შემოსაზღვრულობები, რომლებიც განაპირობებენ რისკის ანალიზის დეტალურ სიღრმეს და სისავეს; მკაფიოდ განისაზღვროს ჩასატარებელი რისკის ანალიზის მიზანი და ამოცანები; დასაბუთდეს რისკის ანალიზის გამოყენებული მეთოდები; განისაზღვროს მისაღები რისკის კრიტერიუმები [94].

რისკის ანალიზის ხარისხის უზრუნველსაყოფად, საჭიროა გამოვიყენოთ ავარიების წარმოქმნის და განვითარების კანონზომიერებები. თუ არსებობს რისკის ანალიზის შედეგები მსგავსი ობიექტისათვის ანალოგიურ ტექნიკური საშუალებების არსებობის პირობებში, მაშინ ისინი შესაძლებელია გამოვიყენოთ საწყისი ინფორმაციის სახით, მაგრამ ამავე დროს უნდა დასაბუთდეს, რომ ობიექტები და პროცესები მსგავსია.

ე.წ. ობიექტის განლაგებისას (ინვესტიციების დასაბუთება ანუ წინასაპროექტო პირობა) ან პროექტირების ეტაპზე, რისკის ანალიზის მიზანი, როგორც წესი, შემდეგია: საშიშროებების გამოვლენა და რისკის რაოდენობრივი აპრიორული შეფასება ავარიის დამაზიანებელი ფაქტორების ზემოქმედების გათვალისწინებით პერსონალზე, მოსახლეობაზე, ქონებაზე და გარემოზე; მიღებული გადაწყვეტილებების მიღების საკმარისობის ანალიზის შედეგების აღრიცხვის უზრუნველყოფა და ობიექტის განლაგების ოპტიმალური ვარიანტების შერჩევა ტექნიკური მოწყობილობების, ნაგებობების, გარემოს სხვა ობიექტების განლაგების და ეკონომიკური ეფექტურობის გათვალისწინებით; ინსტრუქციების, ტექნიკური რეგლამენტების და ავარიული სიტუაციების ლიკვიდაციის გეგმების შესამუშავებლად საჭირო ინფორმაციით უზრუნველყოფა; ალტერნატიული წინადადებების შეფასება ობიექტის განლაგების და ტექნიკური გადაწყვეტილებების მიხედვით.

ობიექტის ექსპლუატაციაში შეყვანისას (ან გამოყვანისას), რისკის ანალიზის მიზანი, როგორც წესი, შემდეგია: საშიშროებების გამოვლენა და ავარიის შედეგების შეფასება, ობიექტის ფუნქციონირების წინა ეტაპზე

მიღებული რისკის შეფასების დაზუსტება; ექსპლუატაციის პირობების სამრეწველო უსაფრთხოების მოთხოვნებთან შესაბამისობის შემოწმება; ექსპლუატაციაში შეყვანის (ან გამოყვანის) ინსტრუქციების შემუშავება და დაზუსტება.

ობიექტის ექსპლუატაციისას ან რეკონსტრუქციისას რისკის ანალიზის მიზანი, როგორც წესი, შემდეგია: ექსპლუატაციის პირობების სამრეწველო უსაფრთხოების მოთხოვნებთან შესაბამისობის შემოწმება; ძირითადი საშიშროებების და რისკების შესახებ ინფორმაციის დაზუსტება. ზედამხედველობის ორგანოების მოქმედების ორგანიზაციის შესახებ რეკომენდაციების შემუშავება; საორგანიზაციო სტრუქტურებში ცვლილებების, პრაქტიკული მუშაობის და ტექნიკური მომსახურების ეფექტის შეფასება სამრეწველო უსაფრთხოების სისტემის სრულყოფის თვალსაზრისით.

რისკის ანალიზის მეთოდების შეფასებისას საჭიროა გავითვალისწინოთ განსახილველი ობიექტების მიზნები, ანალიზის ამოცანები, განსახილველი ობიექტების სირთულე, აუცილებელი მონაცემების არსებობა და ანალიზის ჩასატარებლად მოწვეული სპეციალისტების კვალიფიკაცია. დაგეგმვის ეტაპზე გამოვლენილ უნდა იქნას მართვის მისაღები გადაწყვეტილებები და ამისთვის საჭირო საწყისი და გამოსასვლელი მონაცემები.

დასაშვები (მისაღები) რისკის კრიტერიუმის შერჩევის და განსაზღვრის ძირითადი მოთხოვნაა – მისი დასაბუთება და განსაზღვრადობა. ამ დროს დასაშვები (მისაღები) რისკის კრიტერიუმი შეიძლება განისაზღვროს ნორმატიული დოკუმენტაციის მიხედვით ან განისაზღვროს დაგეგმვის ეტაპზე, რისკის ანალიზის ეტაპზე, ანალიზის შედეგების მიღების პროცესში. დასაშვები რისკის კრიტერიუმი უნდა განისაზღვროს იმ პირობების ერთობლიობიდან, რომლებიც შეიცავენ უსაფრთხოების გარკვეულ მოთხოვნებს და საშიშროების რაოდენობრივ მახასიათებლებს. დასაშვებობის (მისაღებობის) პირობა შეიძლება გამოისახოს უსაფრთხოების გარკვეული მოთხოვნების შესრულების პირობებით, მათ შორის რაოდენობრივი კრიტერიუმების.

დასაშვები (მისაღები) რისკის კრიტერიუმის განსაზღვრის პირობებია: სამრეწველო უსაფრთხოების ნორმები და წესები, ან ანალიზის სფეროში

არსებული უსაფრთხოების სხვა დოკუმენტები; მონაცემები მომხდარ ავარიებზე, ინციდენტებზე და მათ შედეგებზე; პრაქტიკული მოღვაწეობის გამოცდილება; ობიექტის ექსპლუატაციის შედეგად მიღებული სოციალურ-ეკონომიკური სარგებელი.

### 3.2.3. საშიშროებების იდენტიფიკაცია

საშიშროებების იდენტიფიკაციის ძირითადი ამოცანებია – საშიშროების ყველა წყაროს და გზის (სცენარების) რეალიზაციების გამოვლენა და მკაფიო აღწერა. ეს არის ანალიზის ყველაზე საპასუხისმგებლო ეტაპი, რადგანაც ამ ეტაპზე გამოუვლენელი საშიშროებები შემდგომში აღარ განიხილება. იდენტიფიკაციისას, საჭიროა განისაზღვროს ტექნოლოგიური სისტემის რომელი ელემენტები, ტექნიკური მოწყობილობები, ტექნოლოგიური ბლოკები ან პროცესები მოითხოვენ სერიოზულ ანალიზს, ხოლო რომელი არ არიან საინტერესო უსაფრთხოების თვალსაზრისით [95].

საშიშროებების იდენტიფიკაციის შედეგებია: არასასურველი ხდომილებების ნუსხა; საშიშროებების წყაროების, რისკის ფაქტორების, არასასურველი ხდომილებების წარმოქმნის და განვითარების პირობების აღწერა (მაგალითად შესაძლო ავარიების სცენარები); საშიშროების და რისკის წინასწარი შეფასება (მაგალითად საშიშროებების იდენტიფიკაციისას, აუცილებლობის შემთხვევაში, უნდა იყოს წარმოდგენილი გამოყენებული ნივთიერებების საშიშროების მაჩვენებლები, ავარიის ცალკეული სცენარების შედეგების შეფასება და ა.შ.).

საშიშროებების იდენტიფიკაცია სრულდება მოქმედების შემდგომი მიმართულების შერჩევით. კერძოდ, შემდგომი მოქმედებების ვარიანტები ასეთია: საშიშროებების უმნიშვნელობის ან მოპოვებული წინასწარი შეფასებების საკმარისობის გამო, გადაწყვეტილება შემდგომი ანალიზის შეწყვეტის შესახებ; გადაწყვეტილება, საშიშროებების და რისკის შეფასების უფრო დეტალური ანალიზის შესახებ; საშიშროებების შემცირების წინასწარი რეკომენდაციების შემუშავება.

რისკის შეფასების ძირითადი ამოცანები დაკავშირებულია შემდეგთან: ინიცირებული და ყველა არასასურველი ხდომილების წარმოქმნის

სისშირის განსაზღვრა; არასასურველი ხდომილებების წარმოქმნის შედეგების შეფასება; რისკის შეფასების განზოგადება.

არასასურველი ხდომილებების სისშირის განსაზღვრისათვის რეკომენდირებულია გამოვიყენოთ: სტატისტიკური მონაცემები ტექნოლოგიური სისტემის ავარიულობის და საიმედოობის შესახებ, რომლებიც შეესაბამებიან ობიექტს და მისი მოქმედების სფეროს; „ხდომილებების ხის“, „მტყუნებების ხის“ ანალიზის ლოგიკური მეთოდები, ავარიების წარმოქმნის იმიტაციური მოდელები სისტემაში „ადამიანი-მანქანა“; საექსპერტო შეფასებები დარგის სპეციალისტების აზრის გათვალისწინებით.

შედეგების შეფასება შეიცავს ადამიანებზე, ქონებაზე და გარემოზე შესაძლო ზემოქმედების ანალიზს. შედეგების შეფასებისათვის აუცილებელია შეფასდეს არასასურველი ხდომილებების ეფექტები (მტყუნებები; ტექნიკური მოწყობილობების, შენობების, ნაგებობების რღვევა; ხანძარი; აფეთქებები; მავნე ნივთიერებების გაფრქვევა და ა.შ.); შეფასდეს ობიექტები, რომლებსაც გააჩნიათ საშიშროება. ავარიის შედეგების ანალიზისას აუცილებელია ავარიული პროცესების დამაზიანებელი ფაქტორების შესწავლა რღვევის მოდელების და მათი შემოსაზღვრულობის გათვალისწინებით. აუცილებელია გავითვალისწინოთ და შეძლებისდაგვარად გამოვაგლინოთ შედეგების მასშტაბების კავშირი მათი წარმოქმნის სისშირესთან.

ავარიების რისკის განზოგადოებული შეფასება (ანუ რისკის ხარისხი) უნდა ასახავდეს სამრეწველო უსაფრთხოების მდგომარეობას, არასასურველი ხდომილებების რისკის ყველა მაჩვენებლების გათვალისწინებით და უნდა ემყარებოდეს შედეგებს; ყველა არასასურველი ხდომილების (ავარიების სცენარები) რისკის მაჩვენებლების ინტეგრირებით, მათი ურთიერთგავლენის გათვალისწინებით; მიღებული შედეგების განუზღვრელობის და სიზუსტის ანალიზს; ექსპლუატაციის პირობების სამრეწველო უსაფრთხოებასთან და დასაშვები (მისაღები) რისკის კრიტერიუმებთან შესაბამისობის ანალიზს.

რისკის შეფასების განზოგადოებისას, შეძლებისდაგვარად უნდა გაანალიზდეს მიღებული შედეგების განუზღვრელობა და სიზუსტე. არსებობს რისკის შეფასებასთან დაკავშირებული მრავალი



განუზღვრელობა. როგორც წესი, განუზღვრელობის ძირითადი წყაროებია მოწყობილობის საიმედოობის და ადამიანების შეცდომების შესახებ არასრულყოფილი ინფორმაცია, მიღებული მოსაზრებები და ავარიული პროცესის გამოყენებული მოდელების დაშვებები. იმისათვის, რომ მოხდეს რისკის შეფასების შედეგების სწორი ინტერპრეტირება, აუცილებელია განუზღვრელობების და მათი მიზეზების ხასიათის სწორი გააზრება. განუზღვრელობის წყაროები უნდა იდენტიფიცირდეს, შეფადას და აისახოს შედეგებში (მაგალითად „ადამიანის ფაქტორი“).

### 3.2.4. რისკის შესამცირებელი რეკომენდაციების შემუშავება

რისკის შესამცირებელი რეკომენდაციების შემუშავება წარმოადგენს რისკის ანალიზის დასკვნით ეტაპს. რისკის შესამცირებელ ზომებს შეიძლება გააჩნდეს ტექნიკური და ორგანიზაციული ხასიათი.

რისკის შესამცირებელი რეკომენდაციების (ზომების) შემუშავებისას აუცილებელია გაითვალისწინოთ, რომ რესურსების შემოსაზღვრულობის გამო, პირველ რიგში უნდა შემუშავდეს უმარტივესი და მცირე ხარჯებთან დაკავშირებული რეკომენდაციები, ხოლო შემდეგ პერსპექტიული ზომები. ხშირ შემთხვევაში უსაფრთხოების უზრუნველყოფის ზომები, როგორც წესი, წარმოადგენენ ავარიის პრევენციის ზომებს. დასანერგად შერჩეულ დაგეგმილ უსაფრთხოების ზომებს გააჩნიათ შემდეგი პრიორიტეტები: 1) ავარიული სიტუაციის წარმოქმნის ალბათობის შემცირების ზომები, რომლებიც შეიცავენ: ინცინდენტის შექმნის ალბათობის შემცირების ზომებს; ინცინდენტის ავარიაში გადაზრდის ალბათობის შემცირების ზომებს.

2) ავარიის შედეგების სიმძიმის შემცირების ზომები, რომლებსაც თავის მხრივ გააჩნიათ შემდეგი პრიორიტეტები: ზომები, რომლებიც გათვალისწინებულია ობიექტის პროექტირებისას (მაგალითად მზიდი კონსტრუქციების ან ჩამკეტი არმატურის შერჩევა); ზომები, რომლებიც გათვალისწინებულია ავარიის საწინააღმდეგო და კონტროლის სისტემებით (მაგალითად გაზოანალიზატორები); ზომები, რომლებიც

გათვალისწინებულია ავარიის შედეგების ლოკალიზაციის და ლიკვიდაციისთვის.

რისკის შემცირების აღნიშნული ზომების (ღონისძიებების) ეფექტურობის შესაფასებლად, რეკომენდირებულია მათი ოპტიმიზაციის შემდეგი ორი ალტერნატიული მიზანი: 1) უზრუნველყოფილ იქნას ობიექტის ექსპლუატაციის რისკის მაქსიმალური შემცირება, არსებული სახსრების ფარგლებში; 2) უზრუნველყოფილ იქნას ობიექტის ექსპლუატაციის რისკის შემცირება დასაშვებ (მისაღებ) დონემდე, მინიმალური დანახარჯებით [96].

არსებული სახსრების პირობებში ან რესურსის შემოსაზღვრულობის პირობებში, რისკის შემცირების ღონისძიებების პრიორიტეტულობის განსაზღვრა წარმოებს შემდეგნაირად: უნდა განისაზღვროს ღონისძიებათა ერთობლიობა, რომელთა რეალიზაცია შესაძლებელია დაფინანსების მოცემული მოცულობებისათვის; უნდა მოხდეს ამ ღონისძიებების რანჟირება „ეფექტურობა-დანახარჯები“ მაჩვენებლის მიხედვით; უნდა მოხდეს შეთავაზებული ზომების ეფექტურობის დასაბუთება და შეფასება.

### 3.2.5. რისკის ანალიზის ჩატარების მეთოდები და რისკის მაჩვენებლები

რისკის ანალიზის ჩატარების მეთოდების შერჩევას აუცილებელია გათვალისწინებული იყოს ობიექტის ფუნქციონირების ეტაპები (პროექტირება, ექსპლუატაცია და ა.შ.), ანალიზის მიზნები, ობიექტის ტიპი და საშიშროების ხასიათი, ანალიზისათვის საჭირო რესურსების არსებობა, შემსრულებლების გამოცდილება და კვალიფიკაცია, საჭირო ინფორმაციის არსებობა და სხვა ფაქტორები.

საშიშროებების იდენტიფიკაციისა და წინაწარი რისკის შეფასების სტადიაზე, საჭიროა რისკის შეფასების და თვისობრივი ანალიზის ისეთი მეთოდების გამოყენება, რომლებიც ეყრდნობიან გონივრულ პროცედურას, დაფუძნებულს სპეციალურ დამხმარე საშუალებებზე (ანკეტები, ბლანკები, ინსტრუქციები და ა.შ.), და შემსრულებელთა პრაქტიკულ გამოცდილების.

პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ რისკის ანალიზის რთული რაოდენობრივი მეთოდების გამოყენება ხშირად გვაძლევს რისკის მაჩვენებლების მნიშვნელობებს, რომელთა სიზუსტე რთული ტექნიკური სისტემებისათვის – მცირეა. ამასთან დაკავშირებით, რისკის სრული რაოდენობრივი შეფასება

უფრო ეფექტურია საშიშროების წყაროების ან უსაფრთხოების სხვადასხვა ზომების შედარებისათვის, ვიდრე ობიექტის უსაფრთხოების ხარისხის დადგენა. თუმცა, რისკის შეფასების რაოდენობრივი მეთოდები ძალზე სასარგებლოა, ხოლო ზოგიერთ სიტუაციაში – ერთადერთი მისაღები ვარიანტია.

რისკის ანალიზის მეთოდების შერჩევის და გამოყენებისას საჭიროა გათვალისწინებული იყოს შემდეგი მოთხოვნები: მეთოდი უნდა იყოს დასაბუთებული და შეესაბამებოდეს განსახილველ საშიშროებებს; მეთოდის მიხედვით მიღებული შედეგები უნდა იძლეოდნენ შედეგებს, რომლებიც საშუალებას იძლევა უკეთესად დავინახოთ საშიშროებების რეალიზაციის ფორმები და დავსახოთ რისკის შემცირების გზები; მეთოდი უნდა იყოს განმეორებადი და შემოწმებადი.

საშიშროებების იდენტიფიკაციის სტადიაზე საჭიროა გამოვიყენოთ ქვემოთ ჩამოთვლილი რისკის ანალიზის შემდეგი რომელიმე მეთოდი: „რა იქნება, თუ . . .“; საშიშროებების და მუშაუნარიანობის ანალიზი; მტყუნებების ტიპის და შედეგების ანალიზი; „მტყუნებათა ხის“ ანალიზი; „ხდომილებათა ხის“ ანალიზი; შესაბამისი ექვივალენტური მეთოდები.

ავარიათა რისკის ყოველმხრივი შეფასება დაფუძნებულია წარმოქმნის მიზეზების (ტექნიკური მოწყობილობების მტყუნებები, პერსონალის შეცდომები, გარე ზემოქმედებანი) და ავარიის განვითარების პირობების ანალიზზე. იმისათვის, რომ ხაზი გაესვას, რომ საქმე გვაქვს „გაზომვად“ სიდიდესთან, გამოიყენება რისკის ხარისხის ან რისკის დონის ცნება. ობიექტის, რომლის ექსპლუატაცია დაკავშირებულია მრავალ საშიშროებასთან, ავარიის რისკის ხარისხი განისაზღვრება რისკის შესაბამისი მაჩვენებლების გათვალისწინებით.

განვიხილოთ რისკის ძირითადი რაოდენობრივი მაჩვენებლების დახასიათება:

1. ისეთი საშიშროებების ანალიზისას, რომლებიც დაკავშირებულია ტექნიკური მოწყობილობების მტყუნებასთან, უნდა გამოიყოს ტექნიკური რისკი, რომლის მაჩვენებლების დადგენა შესაძლებელია საიმედოობის თეორიის მეთოდებით;

2. საშიშროების ერთ ერთი ყველაზე გამოყენებადი მახასიათებელია ინდივიდუალური რისკი – ცალკეული ინდივიდის (ადამიანის)

დამაზიანებელი ფაქტორების სიხშირე, საშიშროების ფაქტორების ზემოქმედების შედეგად. ზოგადად, რაოდენობრივად, ინდივიდუალური რისკი გამოსახება დაშავებული ადამიანების რიცხვის შეფარდებით იმ ადამიანთა რიცხვთან, რომლებიც განხილული პერიოდის განმავლობაში იმყოფებოდნენ რისკის ქვეშ. ტერიტორიის მიხედვით რისკის განაწილების გაანგარიშებისას, ინდივიდუალური რისკი განისაზღვრება პოტენციური ტერიტორიული რისკით და საშიში ფაქტორების შესაძლო ზემოქმედების არეში ადამიანის ყოფნის ალბათობით. ინდივიდუალური რისკი, როგორც წესი, უნდა განისაზღვროს არა ცალკეული ადამიანისათვის, არამედ ერთნაირ პირობებში მყოფი ადამიანთა ჯგუფისათვის.

3. ობიექტის და მის მიმდებარე ტერიტორიაზე საშიშროების განაწილების რისკის კომპლექსური მახასიათებელია - პოტენციური ტერიტორიული რისკი. როგორც წესი, პოტენციური რისკი წარმოადგენს საშიშროების საშუალოდ ზომას, რომელიც გამოიყენება სოციალური და ინდივიდუალური რისკების შეფასებისას, მსხვილი ავარიების დროს. პოტენციური რისკის და მოსახლეობის ტერიტორიაზე განაწილების ცოდნა, საშუალებას იძლევა რაოდენობრივად შეფასდეს მოსახლეობის სოციალური რისკი. ამისათვის უნდა განისაზღვროს თითოეული საშიშროების წყაროდან, თითოეული სცენარის მიხედვით დაშავებული პირების რაოდენობა გარკვეულ  $N$ -ზე მეტი, ხოლო შემდეგ განისაზღვრება იმ ხდომილების, რომლებშიც დაშავდა ადამიანების გარკვეული რაოდენობა,  $F$  სიხშირის დამოკიდებულება ამ  $N$  რიცხვზე.

4. სოციალური რისკი ახასიათებს ავარიის მასშტაბს და ალბათობას (სიხშირეს) და განისაზღვრება ზარალის განაწილების ფუნქციით (ე.წ.  $F/N$  მრუდი).

5. ობიექტის საშიშროების ინტეგრალურ-რაოდენობრივ ზომას წარმოადგენს კოლექტიური რისკი, რომელიც განსაზღვრავს გარკვეული დროის განმავლობაში, ობიექტზე ავარიის შედეგად დაშავებული პირების მოსალოდნელ რაოდენობას.

6. სამრეწველო უსაფრთხოების და დაზღვევის ეკონომიკური რეგულირების მიზნით, მნიშვნელოვანია ისეთი რისკის მაჩვენებლის გამოყენება, როგორცაა სტატისტიკურად მოსალოდნელი ზარალი

ღირებულებით ან ნატურალურ მაჩვენებლებში (ზარალის მათემატიკური მოლოდინი).

განვიხილოთ იმ ძირითადი მეთოდების დახასიათება, რომლებიც გამოიყენება რისკის ანალიზის ჩატარებისას.

1. მეთოდები „შემოწმების ფურცელი“ და „რა იქნება, თუ . . .?“ ან მათი კომბინაცია მიეკუთვნება საშიშროებების შეფასების რაოდენობრივი მეთოდების იმ ჯგუფს, რომლებიც ეყრდნობა ობიექტის ექსპლუატაციის პირობების (ან სამრეწველო უსაფრთხოების პროექტის) შესწავლას.

„შემოწმების ფურცლის“ მეთოდის შედეგია შეკითხვების და პასუხების ჩამონათვალი საშიში სამრეწველო ობიექტის შესაბამისობაზე სამრეწველო უსაფრთხოების მოთხოვნებთან, და მითითებები მათი უზრუნველყოფის შესახებ. მეთოდი „შემოწმების ფურცელი“ განსხვავდება მეთოდისაგან „რა იქნება, თუ . . .?“, საწყისი ინფორმაციის და უსაფრთხოების დარღვევის შედეგების უფრო ფართო წარმოდგენით.

ეს მეთოდები მარტივია (განსაკუთრებით თუ უზრუნველყოფილია დამხმარე ფორმებით, უნიფიცირებული ბლანკებით და ა.შ.), არაშრომატევადია (შედეგების მიღება ერთ სპეციალისტს შეუძლია ერთი დღის განმავლობაში) და ყველაზე ეფექტურია ცნობილი ტექნოლოგიის ობიექტის უსაფრთხოების კვლევისას.

2. „მტყუნებების ტიპის და შედეგების ანალიზის“ მეთოდი გამოიყენება განსახილველი ტექნიკური სისტემის საშიშროების თვისობრივი ანალიზის დროს. ამ მეთოდის არსებითი მხარე მდგომარეობს სისტემის ყველა შემადგენელი ელემენტის განხილვაში, მუშაუნარიანობის (მტყუნების ტიპი და მიზეზი) და მტყუნების ტექნიკურ სისტემაზე ზემოქმედების განსაზღვრაში.

ანალიზის შედეგი, როგორც წესი, მოიცემა ცხრილების სახით, სადაც ჩამოთვლილია მოწყობილობა, შესაძლო მტყუნების მიზეზი, სიხშირე, შედეგები, დაზიანების აღმომჩენი საშუალებები (სიგნალიზატორები, ანალიზატორები, კონტროლის ხელსაწყოები და ა.შ.) და საშიშროების შემამცირებელი ღონისძიებები.

მტყუნებების კლასიფიკაციის სისტემა, კრიტერიუმებით ალბათობა-სიმძიმე, უნდა დაკონკრეტდეს თითოეული ობიექტისათვის მისი სპეციფიკის გამოყენებით. ცხრილ 16-ში, მაგალითის სახით, მოყვანილია ღონის

მაჩვენებლები (ინდექსები) და კრიტიკულობის კრიტერიუმები მტყუნების ალბათობის და შედეგის მიხედვით. ანალიზისათვის გამოყოფილია ოთხი ჯგუფი, რომლებსაც შესაძლებელია მიაღვეს ზარალი მტყუნებიდან: პერსონალი, მოსახლეობა, ქონება (მოწყობილობა, ნაგებობები, შენობები და ა.შ.), გარემო.

### ცხრილი 16

#### მატრიცა „ალბათობა – შედეგის სიმძიმე“

მტყუნების სისშირე, 1/წელი	წარმოქმნის კატასტროფული მტყუნება	მტყუნების კრიტიკული მტყუნება	შედეგის არაკრიტიკული მტყუნება	სიმძიმე მტყუნება უმნიშვნელო შედეგით	
სშირი	$> 1$	A	A	A	C
მტყუნება ალბათური მტყუნება	$1 \cdot 10^{-2}$	A	A	B	C
შესაძლო მტყუნება	$10^{-3} - 10^{-4}$	A	B	B	C
იშვიათი მტყუნება	$10^{-4} - 10^{-5}$	A	B	C	D
პრაქტიკულად შეუძლებელი მტყუნება	$< 10^{-6}$	B	C	C	D

„ცხრილ 16-ში გამოიყენება კრიტერიუმების შემდეგი ვარიანტები: მტყუნების კრიტერიუმები შედეგების სიმძიმის მიხედვით; კატასტროფული მტყუნება, რომლის შედეგია ადამიანთა მსხვერპლი, მნიშვნელოვანი ზიანი ქონებისათვის; შეუქცევადი ზარალი გარემოსათვის; კრიტიკული/არაკრიტიკული მტყუნება – საშიშროებას უქმნის/არ უქმნის ადამიანთა სიცოცხლეს, მნიშვნელოვანი, ან არამნიშვნელოვანი ზიანი ქონებისათვის; შეუქცევადი თუ შექცევადი ზარალი გარემოსათვის;

მტყუნება უმნიშვნელო მცირე შედეგით – მტყუნება, რომელიც არ ეთანადება არც ერთ ჩამოთვლილ სამ კატეგორიას - მტყუნების კატეგორიებს (კრიტიკულობა): „A“ - აუცილებელია რისკის რაოდენობრივი ანალიზი, ან საჭიროა უსაფრთხოების უზრუნველყოფის განსაკუთრებული ზომები; „B“ - სასურველია რისკის რაოდენობრივი ანალიზი, ან საჭიროა უსაფრთხოების უზრუნველყოფის გარკვეული ზომები; „C“ - რეკომენდირებულია საშიშროების თვისობრივი ანალიზის ჩატარება ან

უსაფრთხოების ზოგიერთი ზომების მიღება; „D“ - ანალიზი ან სპეციალური (დამატებითი) ზომების მიღება საჭირო არ არის.

3. „მუშაუნარიანობის და საშიშროების ანალიზის“ მეთოდით გამოიკვლევა ტექნოლოგიური პარამეტრების (ტემპერატურა, წნევა და ა.შ.) გადახრის გავლენა რეგლამენტურ რეჟიმებზე, საფრთხის შექმნის თვალსაზრისით.

ანალიზის პროცესში, ობიექტის თითოეული ტექნოლოგიური ბლოკისათვის განისაზღვრება შესაძლო გადახრები, მიზეზები და მათი დაუშვებლობის ანალიზი. გადახრის დახასიათებისათვის გამოიყენება ტერმინები (საკვანძო სიტყვები) „არა“, „მეტი“, „ნაკლები“, „ისევე როგორც“, „სხვა“, „სხვაგვარად“, „შებრუნებული“ და ა.შ. საკვანძო სიტყვების გამოყენება საშუალებას აძლევს შემსრულებელს გამოავლინოს ყველა შესაძლო გადახრა. ამ სიტყვების კონკრეტული შეხამება ტექნოლოგიურ პარამეტრებთან, განისაზღვრება წარმოების სპეციფიკით.

საკვანძო სიტყვების შინაარსი დაახლოებით შემდეგია: „არა“ - პროდუქტის პირდაპირი მიწოდების არარსებობა; „მეტი/ნაკლები“ - სარეჟიმო პარამეტრების მნიშვნელობების გაზრდა/შემცირება, ნომინალურ (სარეჟიმო) პარამეტრებთან (ტემპერატურა, წნევა, ხარჯი და ა.შ.) შედარებით; „ისევე როგორც“ - დამატებითი კომპონენტების (ჰაერი, წყალი, მინარევი) წარმოქმნა; „სხვა“ - მდგომარეობა, რომელიც განსხვავდება ჩვეულებრივი მუშა მდგომარეობიდან (ჩართვა, შეჩერება, მწარმოებლურობის გაზრდა და ა.შ.); „სხვაგვარად“ - პროცესის სრული შეცვლა, მოულოდნელი ხდომილება, რღვევა, მოწყობილობის ჰერმეტიზაციის დარღვევა; „შებრუნებული“ - ჩანაფიქრის ლოგიკურად საწინააღმდეგო მდგომარეობა, პროდუქტის უკუნააადის შექმნა.

გადახრის საშიშროების ხარისხი განხილული სიტუაციისათვის უნდა განისაზღვროს რაოდენობრივად ალბათობის და სიმძიმის შედეგების შეფასების გზით, კრიტიკულობის კრიტერიუმებით, ცხრილი 16-ის ანალოგიურად.

4. პრაქტიკა გვიჩვენებს, რომ, როგორც წესი, მსხვილი ავარიები ხასიათდება ისეთი შემთხვევითი ხდომილებების კომბინაციით, რომლებიც წარმოიქმნება ავარიის წარმოქმნის და განვითარების სხვადასხვა სტადიაზე, სხვადასხვა სიხშირით (მოწყობილობის მტყუნება, პერსონალის შეცდომა,

არასაშტატო გარე ზემოქმედებები, რღვევა, გამოფრქვევა, პროდუქტის გაფანტვა, აალება, აფეთქება, ინტოქსიკაცია და ა.შ.). ასეთ ხდომილებებს შორის მიზეზ-შედეგობრივი კავშირების (ბმების) დასადგენად საჭიროა „მტყუნების ხე“ და „ხდომილებების ხე“ ლოგიკურ-გრაფიკული მეთოდების გამოყენება.

„მტყუნების ხეს“ მეთოდით ანალიზისას გამოვლინდება მოწყობილობის მტყუნებების კომბინაციები, ინციდენტები, პერსონალის შეცდომები და არასაანგარიშო (არა საშტატო) გარე (ტექნოგენური, ბუნებრივი) ზემოქმედებები, რომელთაც მივეყვართ მთავარ ხდომილებამდე (ავარიული სიტუაცია). მტყუნების (ავარიის) ხეს ანალიზისას უნდა განისაზღვროს ხდომილებათა ის მინიმალური შეხამება (კომბინაცია), რომლებიც განაპირობებენ ავარიის წარმოქმნის შესაძლებლობას ან შეუძლებლობას.

„ხდომილებების ხეს“ ანალიზი წარმოადგენს ხდომილებათა თანმიმდევრობის აგების ალგორითმს, გამომდინარე ძირითადი ხდომილებიდან (ავარიული სიტუაცია). მეთოდი გამოიყენება ავარიული სიტუაციის განვითარების ანალიზისათვის. ავარიული სიტუაციის განვითარების თითოეული სცენარის სიხშირის გაანგარიშება ხდება ძირითადი ხდომილების სიხშირის გამრავლებით საბოლოო ხდომილების პირობით ალბათობაზე (მაგალითად ავარიას, რომელსაც თან ახლავს საწვავის შემცველი მოწყობილობის დეჰერმეტიზაცია, შეიძლება მოყვეს განვითარება აალებით და აალების გარეშე).

5. რისკის ანალიზის რაოდენობრივი მეთოდები, როგორც წესი, ხასიათდება რისკის რამოდენიმე მახასიათებლის გაანგარიშებით და შეიძლება შეიცავდნენ რამოდენიმე ზევით აღწერილ მეთოდს (ან გამოყენებული უნდა იყოს მათი შედეგები). რაოდენობრივი ანალიზის ჩატარება მოითხოვს შემსრულებელთა მაღალ კვალიფიკაციას, ავარიულობის შესახებ დიდი მოცულობის ინფორმაციას, გარემოს თავისებურებების გათვალისწინებას, მეტეოპირობებს და სხვა ფაქტორების გათვალისწინებას.

რისკის რაოდენობრივი ანალიზი საშუალებას იძლევა შეფასდეს და შედარდეს სხვადასხვა საშიშროებები ერთიანი მაჩვენებლით. იგი ყველაზე უფრო ეფექტურია შემდეგ შემთხვევებში: ობიექტის პროექტირების და



განლაგების სტადიაზე; უსაფრთხოების ზომების დასაბუთების და ოპტიმიზაციის დროს; ისეთ ობიექტებზე მსხვილი ავარიების საშიშროების შეფასებისას, რომლებსაც გააჩნიათ ერთტიპიური ტექნიკური მოწყობილობები (მაგალითად მაგისტრალური გაზსადენები); ავარიის საშიშროების კომპლექსური შეფასება ადამიანებისათვის, ქონებისათვის და გარემოსათვის და ა.შ. ცხრილ 17-ში მოყვანილია ობიექტის მომზადების და ფუნქციონირების სხვადასხვა ტიპისათვის რისკის ანალიზის მეთოდების შერჩევის რეკომენდაციები (ცხრილში მიღებულია შემდეგი აღნიშვნები): „0“ - ყველაზე არასასურველი ანალიზის მეთოდი; „+“ - რეკომენდირებული მეთოდი; „++“ - ყველაზე მისაღები მეთოდი.

ცხრილი 17: რისკის ანალიზის მეთოდების შერჩევის რეკომენდაციები

მეთოდი	ობიექტის სტადიები				
	განლაგება (წინასწარ სამუშაოები)	პროექტირება	ექსპლუატაციაში შეყვანა/გამოყვანა	ექსპლუატაცია	რეკონსტრუქცია
ანალიზი „რა იქნება, თუ...?“	0	+	++	++	+
შემოწმების ფურცლის მეთოდი	0	+	+	++	+
მუშაუნარიანობის და საფრთხის ანალიზი	0	++	+	+	++
მტკუნების სახის და შედეგების ანალიზი	0	++	+	+	++
მტკუნების და ხდომილების ხეების ანალიზი	++	++	0	+	++

განვიხილოთ რისკ-ფაქტორის და უსაფრთხოების ანალიზის შეფასების რამდენიმე კონკრეტული მაგალითი.

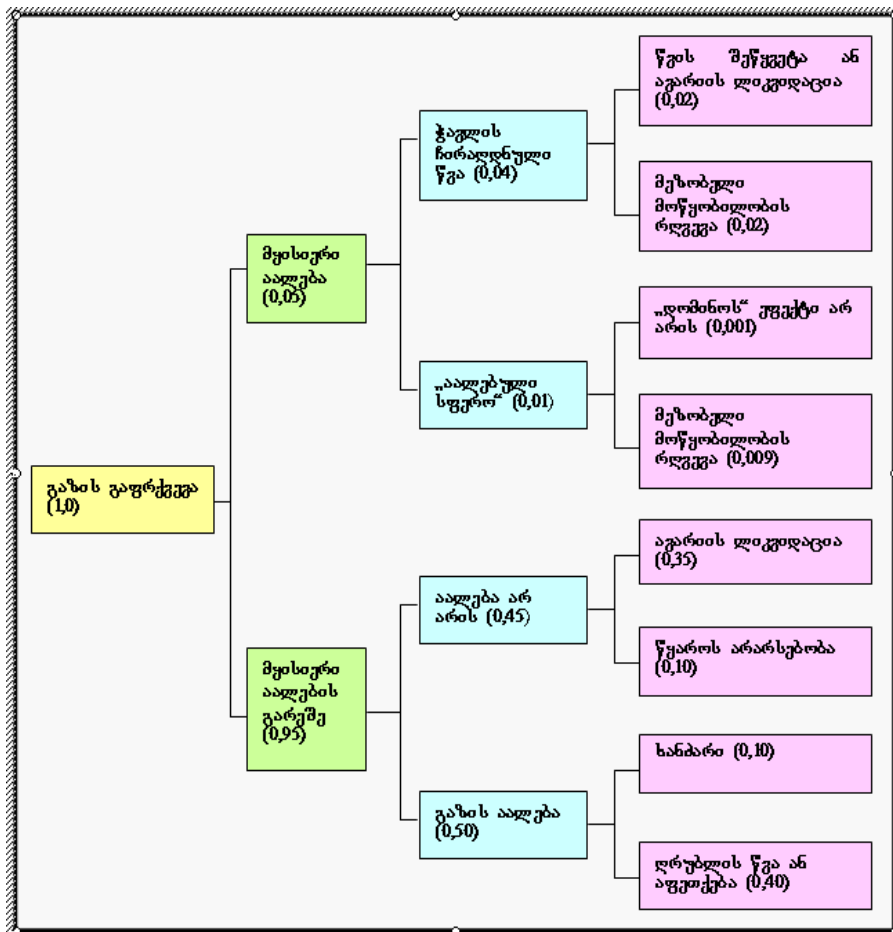
### 3.2.6. საკომპრესორო სადგურის საფრთხის ანალიზის თვისობრივი მეთოდი

განვიხილოთ საკომპრესორო სადგურის საფრთხის და მუშაუნარიანობის ანალიზის შედეგების გარკვეული ფრაგმენტი. ანალიზის პროცესში, თითოეული დანადგარისათვის, საწარმოო ხაზისათვის ან ბლოკისათვის განვსაზღვროთ შესაძლო გადახრები, მიზეზები და უსაფრთხოების უზრუნველყოფის რეკომენდაციები. ცხრილ 18-ში აგრეთვე მოყვანილია საექსპერტო შეფასებები: **B** განსახილველი გადახრის წარმოქმნის ალბათობა; **T** შედეგის სიმძიმე; **K = B + T** კრიტიკულობის მაჩვენებელი. მაჩვენებლები განვსაზღვროთ ოთხბალიანი საექსპერტო შეფასებით.

				ცხრილი 18				
საკომპრესორო სადგურის საფრთხის და მუშაუნარიანობის შესწავლა								
საკვანძო სიტყვა	გადახრა	მიზეზები	შედეგები	<b>B</b>	<b>T</b>	<b>K = B + T</b>	რეკომენდაციები	
„ნაკლებია“	არ არის გაზის ნაკადი	1. გაზსადენის გაგლეჯა	გაზის გაფრქვევა	2	4	6	დამონტაჟდეს ავარიული სიგნალიზაციის დანადგარი უნდა ამალდეს რე-ზერვირების სისტე-მის საიმედოობა	
		2. ელექტრო-კვების სისტე-მის მტყუნება	საშიშროება არის	არ	3	1	4	შეიცვალოს რელე-დამცავი და უკუ სარკველები
„მეტია“	კომპრესორის დაჭირხენის წნევის გაზრდა	3. დაკეტილია სადაწნო ვენტელი	კომპრესორის გაზის გაფრქვევა	1	2	3	შეიცვალოს რელე-დამცავი და უკუ სარკველები	
		4. არ არის ან არასაკმარისია წყლის მიწოდება	კომპრესორის რღვევა და გაზის გაფრქვევა	1	2	3	შეიცვალოს რელე-დამცავი და უკუ სარკველები	
		5. დიდი რაოდენობის პაერი კონდენსატორ-ში	აფეთქებასაშიში ნარევის წარმოქმნა	1	3	4	-	
	დამჭირხნი კომ-პრესორის ტემ-პერატურის ზრდა	6. არ არის წყლის გადი-ნება კომპრე-სორის გამა-გრილებელში	კომპრესორის რღვევა და გაზის გაფრქვევა	1	2	3	მაღალი და დაბალი წნევის კომპრესორე-ბზე დასაყენებელია რელე-დამცავი და უკუ სარკველები	
„ნაკლებია“	შეწოვის წნევის შემცირება	8. კომპრესორის ხარჯის გაზრდა	საშიშროება არის	არ	1	1	2	შემოწმდეს წნევის რელე

### 3.2.7. მაგისტრალური გაზსადენების „მტყუნების და ხდომილებების ხეს“ მეთოდები

განვიხილოთ „ხდომილების ხე“-ს მეთოდის გამოყენების მაგალითი ავარიების სხვადასხვა სცენარისათვის მაგისტრალურ გაზსადენზე (ნახ.25). ინიცირებული ხდომილება (გაზის გაფრქვევა გაზსადენიდან) მიღებულია 1-ის ტოლად. ცალკეული ხდომილების ან სცენარის წარმოქმნის ალბათობა მიიღება ინიცირებული ხდომილების სისშირის გამრავლებით, ავარიის კონკრეტული სცენარით განვითარების პირობით ალბათობაზე.



ნახ.25. „ხდომილების ხე“ ავარიების სხვადასხვა სცენარისათვის მაგისტრალურ გაზსადენზე

### 3.2.8. საკომპრესორო სადგურისათვის „მტყუნების ხეს“ მეთოდი

ინფორმაციის მოძიება და შესაბამისი ანალიზი გაკეთდა 50-მდე ობიექტის საკომპრესორო სადგურის მტყუნების მიზეზებზე. გარდა ამისა

ჩატარდა ერგოტექნიკური სისტემის ანალიზი [97]. განვიხილოთ „მტყუნებების ხე“ ყველაზე საშიშ ხდომილებაზე – ხანძარი ან აფეთქება [98], რომელიც იწვევს მთავარ ხდომილებას (ნახ.26 და ცხრილი 19).

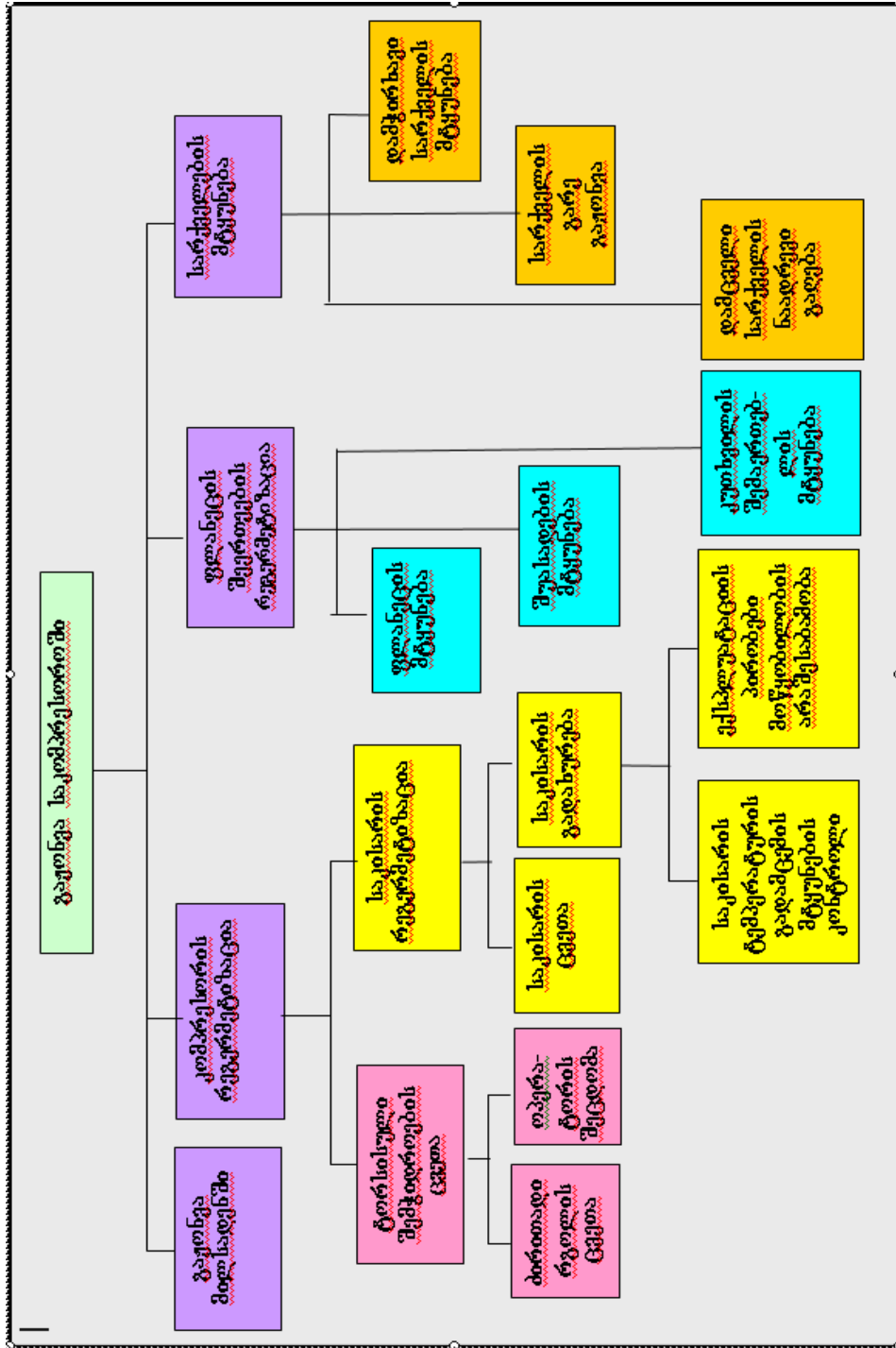
ცხრილი 19

„მტყუნებების ხე“ ძირითადი ხდომილება, საბაზისო ხდომილებების ალბათობების მნიშვნელოვანობისათვის (ხდება გაზის გაუონვა საკომპრესორო საადგურში)

№	საბაზისო ხდომილება	ერთი ელემენტის მტყუნების ალბათობა, 1/წელი
1	გაუონვა მილსადენში	$2,6 \cdot 10^{-7}$ 1/წელი
2	ძირითადი რგოლის ტორსისული შემჭიდროების ცვეთა	$1,7 \cdot 10^{-7}$ 1/წელი
3	ოპერატორის შეცდომა	$1,0 \cdot 10^{-2}$ 1/მოქმედება
4	საკისარის ცვეთა	$6 \cdot 10^{-4}$ 1/წელი
5	საკისარის ტემპერატურის გადამცემის მტყუნების კონტროლი	$2,9 \cdot 10^{-2}$ 1/წელი
6	ექსპლუატაციის პირობები საკისარის მოწყობილობის არაშესაბამისობა	$6,6 \cdot 10^{-5}$ 1/წელი
7	ფლანეცის მტყუნება	$8,6 \cdot 10^{-5}$ 1/წელი
8	შუასადების მტყუნება	$9,0 \cdot 10^{-5}$ 1/წელი
9	კუთხვილის შემაერთების მტყუნება	$1,5 \cdot 10^{-4}$ 1/წელი
10	დამცველი სარქველის ნაადრევი გაღება	$2,5 \cdot 10^{-2}$ 1/წელი
11	სარქველის გარე გაუონვა	$8,6 \cdot 10^{-5}$ 1/წელი
12	დამჭირხნი სარქველის მტყუნება	$8,6 \cdot 10^{-4}$ 1/წელი
13	აალების წყარო	$1,2 \cdot 10^{-2}$ 1/წელი

რეალურად, საკომპრესორო საადგურში ხანძრის ან აფეთქების ხდომილება დამოკიდებულია 12 ელემენტის მდგომარეობაზე. მოწყობილობის ელემენტების მუშა შემთხვევაში, სადგურში ხანძრის ან აფეთქების ხდომილება შეადგენს  $1,2 \cdot 10^{-2}$  1/წელის ალბათობას (გრაფა 13). „დროის-სივრცეთი“ მეთოდის გამოყენებისას, შესაძლოა იყოს მხოლოდ 37 შესაძლო მდგომარეობა, რომლებიც დაიჯგუფება დიაპაზონებში (ფიშერის, სტიუდენტის, ვილკინსონის კრიტერიუმები), რომელიც თვალსაჩინოდ ჩანს ლოგარითმულ სკალაზე [99] (ნახ.27). შესაძლებელია წარმოვიდგინოთ ზღვრული არეები, რომლებიც შეესაბამებიან შერჩეულ თვითმუდ დიაპაზონში, კერძოდ გამოიყოფა სამრეწველო უსაფრთხოება (19 მდგომარეობა) და საშიში მდგომარეობა (18 მდგომარეობა).

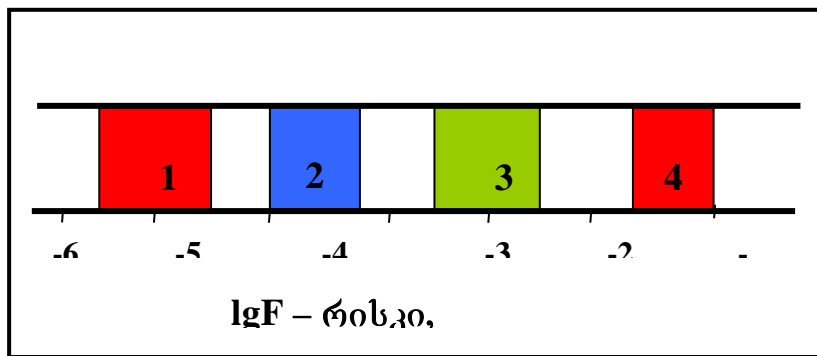
ნახ.26. „მტყუნების ხე“ ხლომილებისათვის „გაზის გაჟონვა საკომპესოროში“ შედარებისათვის, 27-ე ნახ-ზე, ნაჩვენებია საკომპროსოროში აფეთქების (კერძოდ ხანძარის) ლოგარითმული სკალა. აქ გამოყოფილია სამრეწველო უსაფრთხოება (უსაფრთხო მდგომარეობების არე და კონტროლირებული



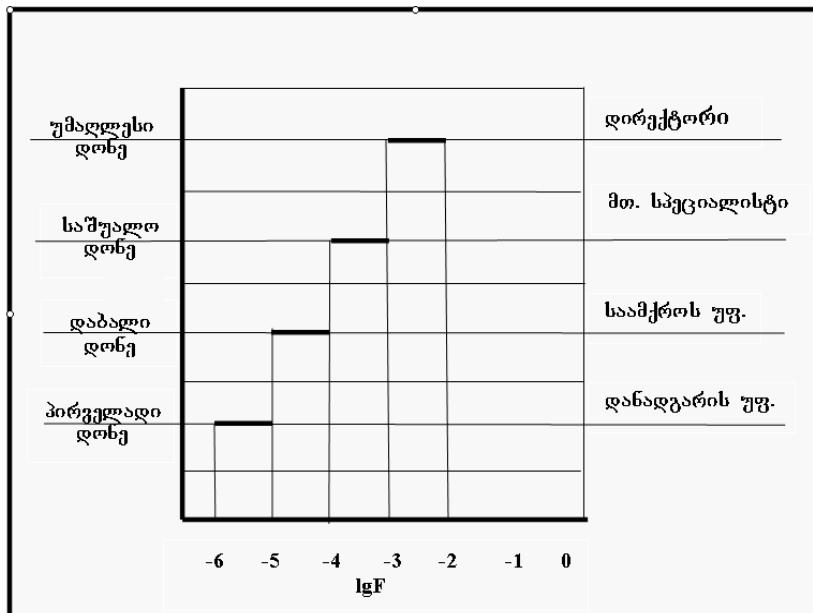
რისკის არე) და საშიში მდგომარეობების არე.

ამგვარად, რისკის ანალიზის შედეგად, განსაზღვრულია სისტემის ელემენტების მდგომარეობის ერთობლიობა ფაზურ სივრცეში მდგომარეობისათვის. მართვა სამრეწველო უსაფრთხოებისას – ეს არის

სისტემის შენარჩუნება ან მისი გადასვლა ისეთ მდგომარეობაში, როდესაც სისტემა გადადის საშიში მდგომარეობის სივრცეში. ამიტომ საჭიროა მართვის გადაწყვეტილებების ფორმირება გარკვეულ სხვა დონეზე. ერგოტექნიკური სისტემის ფუნქციების სივრცეში. ასეთი გადაწყვეტილებების დონე და ხასიათი დამოკიდებულია სისტემის მდგომარეობაზე ნახ.28. აქ სქემატურად ნაჩვენებია ისეთი დონეები, რომლის ინფორმაციის შემოსვლისას ფორმირდება მართვის გადაწყვეტილებები. სისტემის სხვადასხვა მდგომარეობები, რომლებიც ხასიათდებიან საშიში დონეებით (ავარიის შესაძლო ალბათობით).



ნახ.27. საკომპრესოროს მუშაუნარიანობა, რისკის ლოგარითმული სკალა: 1. მისაღები რისკის არე; 2. კონტროლირებული რისკის არე; 3. საშიში მდგომარეობების არე; 4. საგანგებო მდგომარეობების არე



ნახ.28. კავშირი ავარიის საშიშროების დონესა და იერარქიული ინფორმაციის დონეს შორის

### 3.3. სისტემების მდგრადი მდგომარეობა და რისკი

ხანგრძლივი დროის დიაპაზონში მიმდინარე ტექნიკური მოვლენების მოდელირებისას, აუცილებელია არსებული ტენდენციების და დამოკიდებულებების მიმართვა გარკვეულ ექსტრაპოლაციისათვის, კერძოდ იმ სფეროსათვის, სადაც დამაჯერებელი ინფორმაცია ჯერ კიდევ არ არსებობს. მათემატიკურად ასეთი პროცედურა არა კორექტულია: მცირე გადახრებმა შეიძლება მნიშვნელოვნად შეცვალოს შედეგი. ამავე დროს, სწორედ ასეთი მოვლენები მეტად მნიშვნელოვანია სტრატეგიული პროგნოზისათვის, მომავალი პროექტირების და მდგრადი განვითარების კონცეფციის თვალსაზრისით.

გარემოზე ზემოქმედების აცილება შესაძლებელია, თუ მოდელში გათვალისწინებულია საკმაოდ დიდი დანახარჯები, დაბინძურების ხელოვნური დასუფთავება.

ცნება „მდგრადობა“ გამოიყენება გამოსაკვლევი სისტემის გარკვეული თვისების, მისი ე.წ. „მუდმივობის“ აღწერისათვის. ეს შესაძლებელია იყოს სისტემის მდგომარეობის შეუცვლელობა, სისტემის გარკვეულ მდგომარეობათა თანმიმდევრობის უცვლელობა და ა.შ.

გარდა ამისა, მათემატიკაში, ბიფურკაციას გააჩნია მარტივი და ცხადი არსი [100,101]. ბიფურკაციის ძირითადი ნიშნებია: მგრძნობიარობა მცირე ზემოქმედებისადმი ბიფურკაციის წერტილის მახლობლობაში (მცირე მიზეზებს შეიძლება მოყვეს დიდი შედეგები), ან რაც იგივეა – სისტემა ხდება ზღვრულად დაუცველი. წინმსწრები მდგომარეობის არამდგრადობა (თუ პარამეტრად მიღებულია დრო) - ეს არის შემთხვევა როდესაც თეზისი „ხვალ იქნება დაახლოებით იგივე, რაც დღეს“ - აღარ არის სამართლიანი. კატასტროფული ნახტომების შესაძლებლობა – ეს არის სასრული გამოძახილი, უსასრულოდ მცირე ზემოქმედებაზე.

სწორედ ასეთ მოვლენებს მათემატიკაში უწოდებენ კატასტროფებს, ხოლო მათ შემსწავლელ თეორიას – კატასტროფების თეორიას. ცხადია, რომ ასეთი სახის „კატასტროფები“ აღწერენ რეალური კატასტროფების მხოლოდ მცირე ნაწილს.

აუცილებელია განვასხვავოთ (გავმიჯნოთ) კლასიკური ცნება – ალბათობა (გარკვეული ხდომილების წარმოქმნის ობიექტური ზომა),

ცნებისაგან – რისკი (საფრთხის ზომა). რისკი შეიცავს თავის თავში არასასურველი ხდომილების ალბათობას და ამ ხდომილების გარკვეულ მოცულობას (ზარალი, ზიანი, დანაკარგი და ა.შ.). ეს ორი, თითქოს და „ელემენტარული“ ზომა, ურთიერთკავშირშია ერთმანეთთან, შექმნილი სიტუაციის ადეკვატური ელემენტარული ზომების კომბინაციის შექმნით. ამ დროს შესაძლებელია შეფასდეს საფრთხის დონე და მიღებულ იქნას გადაწყვეტილებები აუცილებელი ქმედებების შესახებ [102,103,104].

რისკის ამგვარი გააზრება შესაძლებელია გამაგრდეს შემდეგი ლოგიკური მოსაზრებებით:

პირველი სიტუაცია: შესაძლო ხდომილების ალბათობა დიდია, მაგრამ ამ ხდომილებასთან დაკავშირებული ზარალი მცირეა. ამ სიტუაციაში საფრთხე არ გვაქვს (რისკი უდრის ნულს). მეორე სიტუაცია: ხდომილება ზარალთან შესაძლოა დიდია, მაგრამ მისი წარმოქმნის ალბათობა ნულის ტოლია. ამგვარად საფრთხე არ გვაქვს (რისკი უდრის ნულს).

მესამე სიტუაცია: ზარალი ხდომილების დროს და მისი წარმოქმნის ალბათობა ნულის ტოლია. სიტუაცია ხასიათდება როგორც საფრთხის დამაჯერებელი არარსებობა (აბსოლუტური უსაფრთხოება).

ყველა სხვა შემთხვევაში, როდესაც ალბათობასაც და ზარალსაც გააჩნიათ სასრული მნიშვნელობები, საჭიროა არსებული სიტუაციის შეფასება როგორც საშიშის, რომელიც ხასიათდება შესაბამისი რისკით.

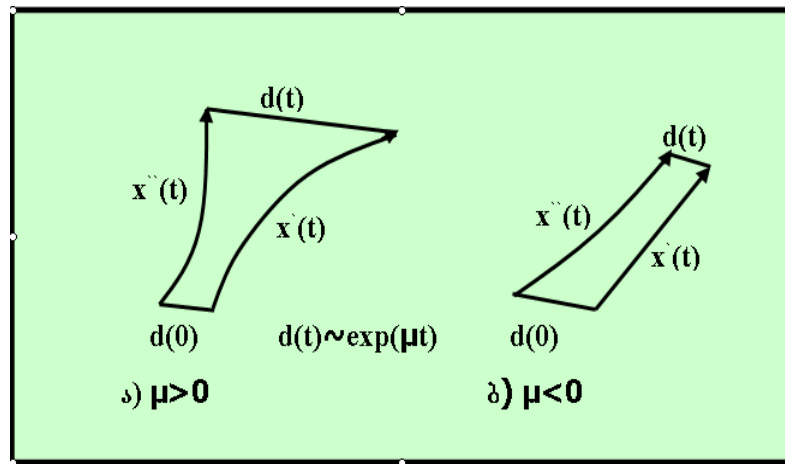
რისკის ობიექტური არსებობა დაკავშირებულია მრავალი პროცესის ალბათურ ბუნებასთან, კავშირების მრავალვარიანტობასთან. რთული სისტემების ფუნქციონირება და განვითარება აღიწერება სტატისტიკური კანონების საშუალებით. სწორედ აქედან გამომდინაეობს შესაძლო შედეგის ცალსახა წინასწარმეტყველების შეუძლებლობა [104].

ალბათობის თეორიაში მიღებული სტანდარტული მიდგომა გულისხმობს, რომ გარკვეულ ობიექტისათვის გააჩნია მოქმედების მრავალი სხვადასხვა ფაქტორი, რომელთა ბუნება შემთხვევითია (სტოქასტიკურია). სხვაგვარად რომ ვთქვათ, ეს მოსაზრება დაკავშირებულია ჩვენს შეზღუდვებთან - გააანალიზდეს მიზეზობრივ-შედეგობრივი კავშირები და გამოვიტანოთ დასკვნა ცნობილი მიზეზებიდან, ბუნების კანონებზე დაყრდნობით. ამის მაგალითია კლასიკური ბაზარი ან ავარიების სტატისტიკა, როდესაც შეუძლებელია გაკეთდეს პროგნოზი გაკოტრდება ან მოხდება თუ არა



ავარიაში მოცემული სუბიექტი, მაგრამ გაკოტრებულთა ან ავარიაში მოხედრილ პირთა წილის პროგნოზი – სავსებით შესაძლებელია [105].

არაწრფივი დინამიკა გვიჩვენებს, რომ ხშირად შემთხვევითობა იქმნება არა დიდი რაოდენობის სხვადასხვა მიზეზის ან სისტემის სირთულის გამო. იგი შესაძლოა გამოწვეულ იყოს სისტემის მგრძობიარობით საწყისი პირობების მიმართ. სისტემის მდგრადობას განაპირობებს მხოლოდ ახლოს მყოფი ტრაექტორიები.



ნახ.29. ახლოს მყოფი ტრაექტორიების მოძრაობა: ა. განშლადი ვარიანტები; ბ. კრებადი ვარიანტი

სისტემის მგრძობიარობა საწყისი პირობების მიმართ ნიშნავს, რომ საშუალოდ, ეს ტრაექტორიები იშლება (შორდება ერთმანეთს). მათი განშლადობის სიჩქარე განისაზღვრება  $\mu$  პარამეტრით, რომელსაც ლიაპუნოვის მაჩვენებელი ეწოდება (ნახ.29) [106].

მგრძობიარობა საწყისი პირობების მიმართ დაკავშირებულია მეზობლად მდებარე ტრაექტორიების გაშლასთან – იგი მოწმობს მოძრაობის (პროცესის) არამდგრადობაზე. კერძოდ, ამ შემთხვევაში ლიაპუნოვის მაჩვენებელი  $\mu > 0$ , გვაქვს განშლადი ვარიანტები (ა). მდგრადი მოძრაობა შეესაბამება სისტემებს, როდესაც  $\mu < 0$ , გვაქვს კრებადი ვარიანტი (ბ). მგრძობიარობა საწყისი პირობების მიმართ გვიჩვენებს გამოსაკვლევი სისტემის არამდგრადობას, როდესაც მცირე მიზეზები მოყვება მნიშვნელოვან შედეგებს.

როდესაც ვსაუბრობთ რისკზე, განხილვიდან არ შეიძლება ადამიანის ფაქტორის გამორიცხვა. რისკის ცნება ხშირად ცნება „საფრთხის“ სინონიმია. ბევრ შემთხვევაში ეს სამართლიანია. მიწისძვრები, წყალდიდობები, ქარიშხლები არსებობენ ადამიანის ნებისაგან დამოუკიდებლად. თუმცა არსებობს უამრავი ისეთი სიტუაცია, რომლებშიც ადამიანს აქვს მთავარი, ძირითადი როლი. ამ შემთხვევაში ობიექტურ კატეგორიას „საფრთხე“, უპირისპირდება სუბიექტური კატეგორია „რისკი“ [107,108].

შეიძლება გამოვეყოთ ორი პრინციპულად სხვადასხვა მიდგომა გადაწყვეტილების მიღებისადმი, რომლებიც წარმოადგენს ტექნოგენური სფეროს უსაფრთხოებას და დაცვას ბუნებრივი კატასტროფებისაგან. პირველი მოდის „ადამიანისაგან“, მეორე - „ბუნების არსისაგან“.

პირველი მიდგომისას, ექსპერტებს ან გადაწყვეტილების მიმღებ პირებს გააჩნიათ ვარიანტების მკაფიო შეფასებები, თუ როგორ უნდა იმოქმედონ მათ სხვადასხვა კონკრეტულ პირობებში. სწორედ ამაში მდგომარეობს ძირითადი ამოცანა – ფორმალურ მეთოდებზე და კომპიუტერულ სისტემებზე დაყრდნობით, სხვადასხვა სამოდულო სიტუაციების განხილვისას, არსებული ინფორმაციის გაწმენდა წინააღმდეგობებისაგან და ამ საფუძველზე შეიქმნას გადამწყვეტი წესები და მოქმედების შესაძლო შეფასებები. მაღალი საფრთხის მქონე ტექნოლოგიური მსხვილი პროექტების რეალიზაციისას, ამგვარი პროცედურები საკმაოდ ეფექტურია. ისინი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია, თუ საჭიროა ინდივიდუალური მიდგომა ობიექტისადმი და მისაღები გადაწყვეტილებისადმი. ეს უფრო ტაქტიკაა და არა რისკის მართვის სტრატეგია [109].

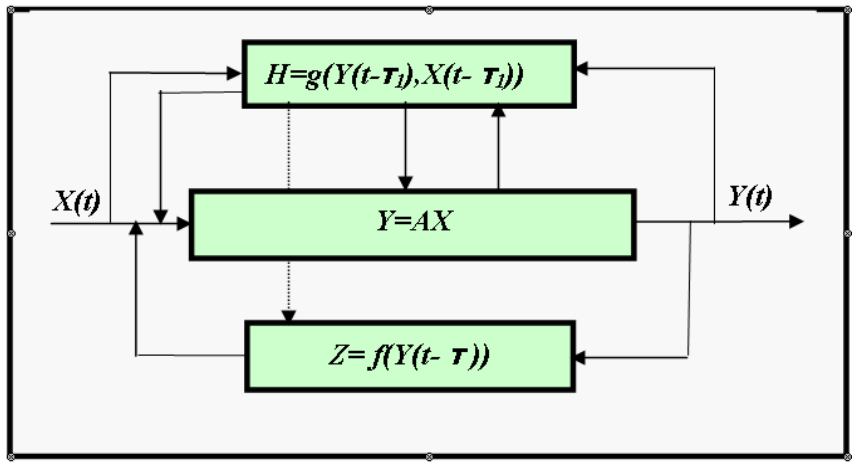
მეორე მიდგომისას ფორმირდება სხვადასხვა ტიპის ობიექტებისადმი გამოყენებული შესაბამისი ნორმების და მეთოდების ზოგადი პრინციპები, რომლებიც უნდა გამაგრდეს საკანონმდებლო აქტებით. ეს მიდგომა უფრო მარტივია და თვალსაჩინოა ვიდრე პირველი, მაგრამ ნაკლებად კონკრეტულია და მოქნილია. რისკის მართვის ანალიზისას, პირველ რიგში აუცილებლად უნდა გადაწყდეს მნიშვნელოვანი მეთოდური საკითხი – როდის უნდა მიენიჭოს უპირატესობა პირველ მიდგომას და როდის - მეორეს.

ავარიების და კატასტროფების რისკების მართვა [110,111,112] – ეს არის ადამიანების და სოციალურ-ტექნიკური სისტემების დაცვის ზომების ოპტიმალური სისტემა. მიუხედავად ამისა, უნდა აღინიშნოს, რომ მაღალი ტექნოლოგიების სფეროში რისკის მართვა მოითხოვს განსაკუთრებულ მიდგომას. აუცილებელი ხდება არა მხოლოდ ცალკეული ობიექტების და დაწესებულ წესებზე კონტროლის მონიტორინგი, არამედ ტექნოლოგიების მონიტორინგი მთლიანობაში, დაწესებული ნორმების განუწყვეტელი დაზუსტება. საჭიროა ისეთი კვლევების განუწყვეტელი განხორციელება, რომლებიც მიმართულია იმაზე, რომ კრიზისულ სიტუაციაში შეიქმნას მინიმალური მოულოდნელობები [114,115,116].

წარმოვიდინოთ ტექნიკური (დინამიკური) სისტემა რომლის შესასვლელზე გვაქვს დროზე დამოკიდებული რესურსების ნაკადი (მაგალითად ბუნებრივი გაზის ნაკადი). გამოსასვლელზე გვაქვს პროდუქტების (მოწოდებული ბუნებრივი გაზი) და მომსახურების (შესაძლებელია ინფორმაციის)  $Y(t)$  ნაკადი (ნახ.30). ამ სისტემის ძირითადი დანიშნულებაა – შესასვლელი და გამოსასვლელი  $X(t)$  და  $Y(t)$  ფუნქციების სტაბილური მნიშვნელობების უზრუნველყოფა. ეკონომიკა და ტექნოლოგია და ა.შ., ასრულებენ გარკვეული რეგულატორის როლს. ისინი შეუძლებელია იყვნენ სრულყოფილნი, კერძოდ რეაგირებენ  $\tau$  დაგვიანებით შემოსულ ზემოქმედებებზე. მაგალითად, დაზიანების აღმოჩენის რღვევის შემთხვევის დროს გვაქვს გაჟონვა.

დგება საკითხი: რა შემთხვევაში არ იმუშავებს  $f$  რეგულატორი? ცხადია მაშინ, როდესაც დაგვიანების  $\tau$  დრო ძალზე დიდია და რომ მოხდეს დაცვა საშიშროებისაგან, უნდა მოხდეს უფრო სწრაფი რეაგირება (დაგვიანების დროით  $\tau_1 \ll \tau$ ). სწორედ ასეთი სიტუაციები იქმნება ბუნებრივი, და განსაკუთრებით ტექნოგენური კატასტროფების შემთხვევებში. სწრაფი რეაქცია გულისხმობს არც თუ ისე დიდი მოქმედებების კომპლექსს (საშიშროების ამოცნობა, სასწრაფო დახმარების აღმოჩენა, ბუნებრივი გაზის გაჟონვის ლიკვიდაცია, ავარიის ლიკვიდაციის დასაწყისი და ა.შ.). რეაგირების დროის შემცირება უნდა განიხილებოდეს როგორც ტექნიკური სისტემის ეფექტურობის ამაღლების ძირითადი მიმართულება. ამგვარად

დგება საკითხი, რომ არსებობდეს კიდევ ერთი, უფრო სწრაფი უკუკავშირის კონტური (ზედა მართკუთხედი ნახ.30-ზე). კერძოდ: თუ ტექნიკური სისტემა ფუნქციონირებს მხოლოდ ნორმალურ, „საშტატო“ რეჟიმში, მაშინ ორივე სისტემა საჭირო არ იქნება. მათი კომპენცენცია – საგანგებო სიტუაციებია; თუ ორივე სისტემა წარმოადგენს განაწილებულ სისტემას, ამიტომ სტრუქტურები რომლებიც რეაგირებენ საფრთხეზე, უნდა იყვნენ მაქსიმალურად ახლოს საშიშროების წყაროსთან; თუ ორივე სტრუქტურის კრიტიკულ პარამეტრს წარმოადგენს რეაქციის დრო, ან დაგვიანების დრო; მაშინ ორივე სისტემა, მთლიანობის თვალსაზრისით – რთულია და ძვირია.



ნახ.30. ტექნიკური სისტემის სტრუქტურული სქემა (ზედა მართკუთხედი წარმოადგენს დაცვის და უსაფრთხოების სისტემას)

ორივე კარგად ორგანიზებული და მუშა მდგომარეობაში მყოფი სისტემა, პრინციპულად წარმოადგენს ამოცნობის მგრძობიარე სისტემას, რომელიც რეაგირებს მცირე სიგნალებზე და რომელიც აფასებს საშიშროებას რაც შეიძლება ადრე. ამ ანალოგიიდან გამომდინარე, შეიძლება დავინახოთ ორივე სტრუქტურის „სისტემური ნაკლოვანებები“. რეაგირების დროის გაზრდა, მონიტორინგის და შემოსული ინფორმაციის შეფასების სისტემების არასრულყოფილება, მკვეთრად ამცირებს მათ ეფექტურობას.

ჩვეულებრივ, სისტემად ითვლება ისეთი ელემენტების გაერთიანება, რომლებიც იქცევა როგორც ერთი მთლიანი. გარდა ამისა, არსებობს სამეცნიერო მიმართულება, რომელსაც სისტემების ზოგადი თეორია ეწოდება. ე.წ. „სისტემა“ - ეს არის „მთლიანობა“, რომლის ელემენტები დაკავშირებულია ერთმანეთთან.

ავარიის ან კატასტროფის შედეგად შექმნილი საგანგებო სიტუაცია, თავის მხრივ შეიძლება ასრულებდეს უბედურების როლს, რომელმაც შესაძლებელია მიგვიყვანოს ახალ საგანგებო სიტუაციამდე. ამიტომ მეტად მნიშვნელოვანია ავარიების დროითი დინამიკა. მათი, ან მათ მიერ შექმნილი საგანგებო სიტუაციები, ხანგრძლივობის მიხედვით შეიძლება დაიყოს ორ კლასად: სწრაფები – რამოდენიმე წამიდან – რამოდენიმე საათამდე; ნელები – რამოდენიმე დღემდე.

აუცილებლად უნდა აღინიშნოს, რომ ბევრი სწრაფი კატასტროფა წარმოადგენს ნელი განვითარების კანონზომიერ შედეგს. ასეთ შემთხვევაში სწრაფი საგანგებო სიტუაციების ლიკვიდაცია წარმოადგენს ბრძოლას ე.წ. ავადმყოფობის სიმპტომებთან, თვით ავადმყოფობის მკურნალობის გარეშე. ცხადია, რომ ეს მხოლოდ ნახევრად ზომია, რომელიც საშუალებას იძლევა გადავიტანოთ ავარია, მაგრამ მისი განმეორების თავიდან აცილების ყოველგვარი გარანტიის გარეშე.

მაგალითი 1. განვიხილოთ ავარიები მაგისტრალურ გაზსადენებზე. ასეთი ავარიების ლიკვიდაცია საქართველოს მთიან პირობებში მოითხოვს ძალზე დიდ სახსრებს, მით უმეტეს, რომ ხშირად საქმე გვაქვს სერიოზულ ავარიებთან. მაგრამ მეორე მხრივ ეს არის არა ავადმყოფობა, არამედ სიმპტომი. აქ უპრიანია ვისაუბროთ ნელ, ათწლეულობით მიმდინარე საგანგებო სიტუაციებზე. იმპორტული მილების შესყიდვების ანალიზმა (საუბარია იმ დროზე, როდესაც მიმდინარეობდა მშენებლობა), გვიჩვენა, რომ შესყიდული იყო არა საუკეთესო მილები მცირე საგარანტიო ვადით. როდესაც ეს ვადა ამოიწურა – შეიქმნა ნელი საგანგებო სიტუაცია. ასევე, რადგანაც საქართველოს პირობებში, პრაქტიკულად არ არსებობს კათოდური ელექტრო-ქიმიური დაცვა, ეს იწვევს ლითონის მილის დაღლას, ამიტომ მცირდება ლითონის სიმტკიცის ზღვარი. შედეგად, დასაშვები წნევისათვის, შესაძლოა მილის რღვევა, მისი შედეგი გაჟონვით.

რთული ინფრასტრუქტურის შექმნისას, ადგილი აქვს ე.წ. დაგეგმარების პარადოქსს – საუკეთესო გადაწყვეტილება, რომელიც გათვლილია გარკვეულ ვადაზე, ხდება საშუალო უფრო ხანგრძლივი პერიოდისათვის (სამეცნიერო-ტექნიკური პროგრესის გამო). აქაც, მოდელირების და შესაძლო სცენარების ანალიზის შედეგებზე დაყრდნობით, მიღებული უნდა იყოს ტექნიკურ-პოლიტიკური

გადაწყვეტილებები. ნელი კატასტროფის ანალიზი, რიგ შემთხვევებში, საშუალებას იძლევა შეფასდეს ავარიების და კატასტროფების „სწრაფი“ სიმპტომების ალბათობა, მათი „ფასი“ და ა.შ. მაგრამ რაც ყველაზე მთავარია – ეს საშუალებას გვაძლევს შევაფასოთ დრო, როდესაც გონივრულია უარი ითქვას არსებულ ინფრასტრუქტურაზე და მიღებული იქნას გადაწყვეტილება ახლის შექმნის შესახებ.

მაგალითი 2. ცხრილ 20-ში ნაჩვენებია მონაცემები მაგისტრალური გაზსადენების სიტუაციებისა რუსეთში 2005-2008 წწ.

ცხრილი 20

მონაცემები ტექნოგენური ხასიათის საგანგებო სიტუაციებისა (მსხვილი ავარიები) რუსეთში 2005-2008 წწ

ავარიების რაოდენობა				დაზიანებულთა რაოდენობა				დაღუპულთა რაოდენობა			
2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008	2005	2006	2007	2008
43	32	38	32	6	8	2	0	3	1	1	0

აღნიშნულ ობიექტებზე მომხდარი ავარიები და კატასტროფები შეიძლება ინიცირებული იყოს საშიში ბუნებრივი მოვლენებით – მიწისძვრებით, ქარიშხლებით, მეწყერებით და ა.შ. ტექნოგენურ ავარიებს თან შეიძლება სდევდეს ქიმიური დაბინძურება, აფეთქებები, ხანძრები, რღვევები. ტექნოგენური სფეროს უსაფრთხოების ანალიზისას საჭიროა გავითვალისწინოთ არა მხოლოდ უკვე აღნიშნული ზარალი, არამედ პოტენციურად საშიში ობიექტების სერიულობა. თუმცა ყველაზე მძიმე ავარიული სიტუაციები იქმნება უნიკალურ ობიექტებზე და არა ერთეულოვან და მცირე სერიულ ობიექტებზე. შესაბამისად, ინტეგრალური პოტენციური რისკები, რომლებიც განისაზღვრება როგორც ერთეულოვანი რისკების ნამრავლი ობიექტების რიცხვზე, თანაზომადია როგორც მსხვილმასშტაბიანი, ასევე მცირე მასშტაბიანი კატასტროფებისათვის.

ამგვარად, ზარალი ერთეულოვანი მსხვილმასშტაბიანი და მცირემასშტაბიანი კატასტროფებისათვის (გაზსადენებისათვის), განსხვავდება 8-10 რიგით, რისკები 4-6 რიგით, ხოლო ინტეგრალური ზარალები 1-3 რიგით (ცხრილი 21).

გაზსადენების მსხვილი ავარიების ალბათობები (წელიწადში)

ობიექტის ტიპი გაზსადენები (1000 კმ)	საანგარიშო		რეალური
	საპროექტო	საპროექტოს შემდგომი	
	$10^{-4}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$10^{-2}$

**3.3.1. რისკი და გადაწყვეტილების მიღება**

გადაწყვეტილებათა მიღების თანამედროვე თეორიაში, მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ე.წ. „მარგი მოდელი“. გადაწყვეტილების მიღების წარმატება დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე და შემთხვევითობის მთელ რიგზე. ბუნებრივია ჩავთვალოთ, რომ შედეგი შესაძლებელია იყოს არა ერთი, არამედ რამოდენიმე, მაგალითად გვაქვს  $N$  რაოდენობა და გამოვიყენოთ წარმოდგენა ალბათობის შესახებ. ვთქვათ  $i$ -ურ შედეგს გააჩნია ალბათობა  $p_i$  (ბუნებრივია ჩაითვალოს, რომ გათვალისწინებულია ყველა შესაძლო შედეგი და ამიტომ  $\sum_{i=1}^N p_i = 1$ ). ხოლო მოგება (ზარალი)

მისგან შეადგენს  $x_i$ -ს. მაშინ მოსალოდნელი მოგება დაგეგმილი გადაწყვეტილებიდან შეადგენს:

$$S_I = \sum_{i=1}^N p_i x_i . \tag{3.1}$$

იმისათვის, რომ შედარდეს ორი პროექტი, თვითულისათვის უნდა განისაზღვროს სიდიდე  $S_I$  ამ ფორმულით და შეირჩეს ისეთი სიდიდე ცხრილიდან, რომელიც უფრო მეტია. ეს არის მომავალი მოსალოდნელი მარგი უმარტივესი მოდელი, რომელიც ასრულებს საკვანძო როლს თანამედროვე გადაწყვეტილებათა მიღების თეორიაში. ეს პროცესი დაკავშირებულია ორ პრინციპულად სხვადასხვა მიდგომასთან, როლებიც შეიძლება იყოს ობიექტური და სუბიექტური. ობიექტური მიდგომის ჩარჩოებში მოიაზრება მიზანი, ფორმულირდება მათი შესაბამისი პრინციპები და ხდება პროექტების შეფასების მეთოდების შეთავაზება. შემდგომ უნდა მოხდეს „თამაშის წესების“ განსაზღვრა და მათი გამაგრება ნორმატივებით, სტანდარტებით, კანონებით და ა.შ. თუ გადაწყვეტილების

მიღებისას, მივყევით ამ მიდგომას და ჩავთვლით, რომ გამოყენებული მეთოდის იძლევა რეკომენდაციას, მაშინ გამოიყენება დამოკიდებულება (3.1), ზუსტად უნდა შეფასდეს შესაძლო მოგებები  $x_i$ , ალბათობები  $p_i$  და ყურადღება მიექცეს იმას, რომ ყველა  $N$  ვარიანტი იყოს გათვალისწინებული.

სუბიექტური მიდგომა მჭიდროდაა დაკავშირებული მათემატიკურ ფსიქოლოგიასთან. მისი არსი მდგომარეობს იმაში, რომ შემოთავაზებული უნდა იყოს ფორმალური პროცედურები, კრიტერიუმები, მეთოდები და ა.შ., რომლებიც სტანდარტულ სიტუაციებში იძლევა ისეთივე შედეგს, როგორც გადაწყვეტილების მიმღები ადამიანი.

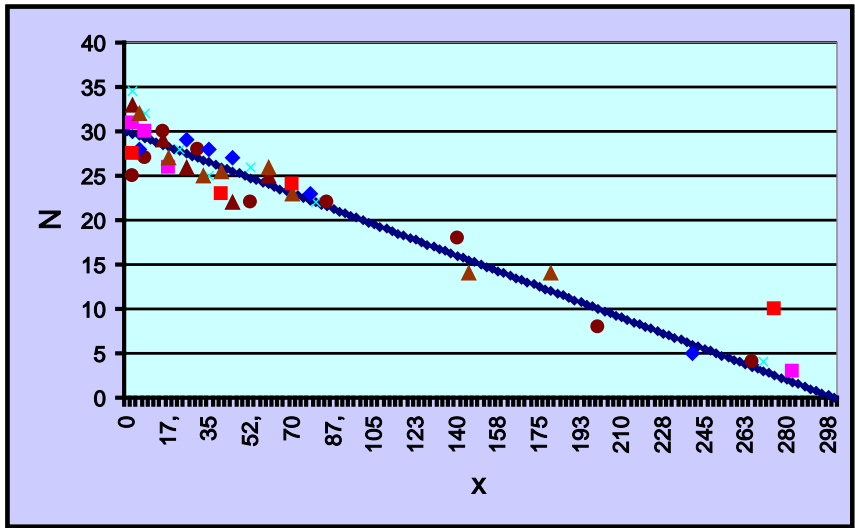
### 3.4. სტატისტიკა კატასტროფების და უბედურების განაწილების, განაწილების მიმე კუდებით

კატასტროფების გამო, იშვიათად გვხვდება სუპერექსტრემალური მნიშვნელობები, რომლებიც არათანაზომადია ხდომილებების უდიდესი ნაწილის მნიშვნელობებთან. ზარალი სუპერექსტრემალური ხდომილებებიდან თანაზომადია ამ პერიოდში მომხდარი ყველა კატასტროფის ზარალთან.

ნახ.31-ზე მოყვანილია 30 ყველაზე მნიშვნელოვანი (ადამიანთა მსხვერპლის თვალსაზრისით), მსხვილი ნავთობგაზსადენის ბუნებრივი კატასტროფის (მიწისძვრა, ქარიშხალი, წყალდიდობა) შერჩევითი განაწილების კუდის დაგროვილი ჰისტოგრამა 1990-210 წწ. აქ  $N(x_i > x)$  – არის ხდომილებათა რაოდენობა მსხვერპლით  $x$ , რომელიც მეტია მოცემულ არგუმენტზე. ჩანს, რომ ლოგარითმულ მასშტაბში, განაწილების კუდი კარგად უახლოვდება წრფეს დაახლოებით დახრის კოეფიციენტით  $(-0,7)$ , ე.ი.  $N(x_i > x) \approx x^{-0,7}$  მონაცემთა განხილულ დიაპაზონში. ამგვარად, ხდომილებათა რაოდენობა მსხვერპლით, რომელიც აჭარბებს  $h$ -ს, მცირდება ძალზე ნელა, როდესაც  $x \rightarrow \infty$ . აღსანიშნავია, რომ „საყოველთაოდ მიღებული“ სტატისტიკური დამოკიდებულებების ანალიზისას, როგორც წესი, უგულვებელყოფილია იმ მსხვილი ხდომილებების შესაძლებლობები, რომლებიც მდებარეობენ განაწილების სწრაფად კლებადი „კუდით“, და აქ



ამის გაკეთება შეუძლებელია. უფრო მეტიც, შემდგომში მოყვანილი მიზეზების გამო, შესაძლებელია განხილული იყოს მხოლოდ „კუდი“ და მხოლოდ უგულვებელყოფილ იქნას განაწილების ქცევა მცირე  $x$ -ების დროს. ამგვარ განაწილებებს ეწოდება განაწილებები მძიმე კუდებით (heavy tails). არსი შემდეგია: განაწილებები მძიმე კუდებით ეს ისეთი განაწილებებია, რომლის კუდის „მოჭრა“ შეუძლებელია.



ნახ.31.. მოყვანილია მსოფლიოში, მსხვილი ნავთობგაზსადენების 1990-2100 წწ 30 ბუნებრივი კატასტროფის განაწილების კუმულატური ჰისტოგრამა მსხვერპლის მნიშვნელოვანი რაოდენობით (აბსცისთა ღერძზე მოცემულია  $x$  მსხვერპლის რაოდენობა ათასებით; ორდინატთა ღერძზე - ხდომილების  $N$  რაოდენობა, რომლებიც მეტია მოცემულ  $x$  არგუმენტზე. წრფე მიღებულია ლოგარითმულ მასშტაბზე – კანონის პარეტო პარამეტრით  $\alpha = 0,70$ )

### 3.5. გაზომვარაგების ობიექტის საფრთხის პრევენციის გადაწყვეტილებების მიღება და ოპტიმიზაცია, სოციალურ-ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით

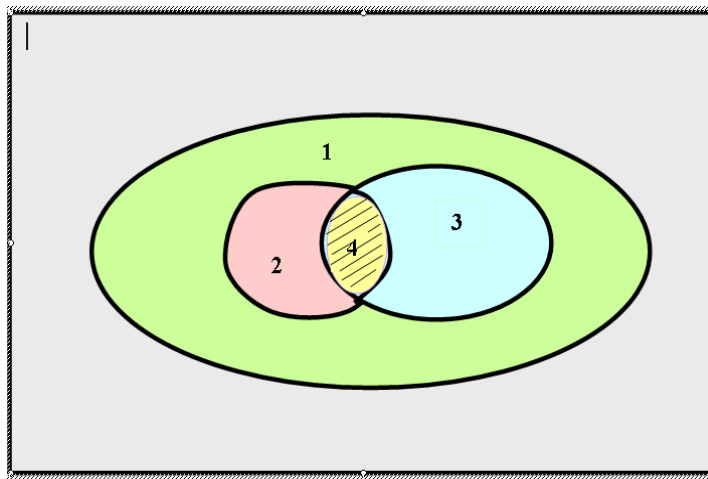
გაზომვარაგების ობიექტების პროექტირების, მშენებლობის და ექსპლუატაციისას, საჭიროა ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინება, გადახრა ტექნოკრატული მიმართულებიდან, სოციალურ-ეკოლოგიური პრიორიტეტების წარმოჩინება.

გაზომვარაგების ობიექტების დანერგვა სოციალურ- ენერგეტიკული ამოცანების ოპტიმიზაციისას - მეტად რთულია სხვადასხვა გარემოების გამო. შეიძლება ავსხნათ შემდეგი ძირითადი მიზეზები:

1. გაზომვარაგების ობიექტების საინჟინრო ვარიანტები, ძირითადად იხილებენ ეკონომიკურ კრიტერიუმებს. (ნახ.32). ამავე დროს საჭიროა ტექნიკური პარამეტრების ოპტიმიზაციის მძლავრი სისტემა, როგორებიცაა СНИП-ები, სტანდარტები, ინსტრუქციები და რეგლამენტები.

2. სოციალურ-ეკოლოგიური ფაქტორების ეკონომიკური კრიტერიუმების (მოგება და დანახარჯები) მიღება უნდა იძლეოდეს მნიშვნელოვან ოპტიმალურ ვარიანტს ეკოლოგიის გათვალისწინებით.

3. ოპტიმიზაციის გადაწყვეტილება, უნდა მოხდეს გარემოსდაცვითი და სოციალური ღონისძიებების ვარიანტების შერჩევით [125,126].



ნახ.32. საინჟინრო გადაწყვეტილების ზოგადი სქემა, სოციალურ-ეკოლოგიური მოთხოვნების გათვალისწინებით: 1) მისაღები გადაწყვეტილების ველი СНИП-ის თანახმად; 2) სოციალურ და ეკოლოგიური მისაღები გადაწყვეტილების ველი; 3) ეკონომიკური ფაქტორების გადაწყვეტილების ველი; 4) გაზომვარაგების სექტორის ობიექტების პროექტის ოპტიმიზაციის გადაწყვეტილების სოციალურ-ეკოლოგიური ერთობლივი მოთხოვნა

გაზომვარაგების ობიექტის თაობაზე ები, გადაწყვეტილების მიღების დროს, შესაძლოა ისეთი ვარიანტის მოძებნა, რომელსაც გააჩნია შედარებით უარესი ტექნიკო-ეკონომიკური მოთხოვნები იმ პირობით თუ გავითვალისწინებთ ეკოლოგიურ-სოციალური ფაქტორებს [127,128,129,130,131]. მაგალითად, მაგისტრალური გაზსადენების თაობაზე საინჟინრო გადაწყვეტილებისათვის: ტრასის ოპტიმიზაცია; მდინარდამცავი და

კალაპოტურ გამაგრების ნაგებობები წყალქვეშა გადასასვლებისათვის;  
ლუპინგების აგება; ავტომატური მართვის სისტემები და ა. შ.

## თავი IV. ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ტექნიკური დანაკარგის წნევების მიხედვით გადანაწილების მეთოდი და საიმედოობის მაჩვენებლების დადგენა

### 4.1. ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ტექნიკური დანაკარგის ანალიზი

1990-2000 წლებში, უსახსრობის გამო, საქართველოს დასახლებული პუნქტების ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელებში სარემონტო, ავარიულ-აღდგენითი და სარეაბილიტაციო სამუშაოები არ ჩატარებულა, რის გამოც მკვეთრად გაიზარდა ბუნებრივი გაზის დანაკარგები და გამანაწილებელ ქსელებში ავარიების რაოდენობა. შედეგად ბუნებრივი გაზის საერთო დანაკარგმა უმრავლესი დასახლებული პუნქტის გაზგამანაწილებელ ქსელში მიაღწია დაუშვებელ სიდიდეს. ბუნებრივი გაზის ზენორმატიული დანაკარგი იმდენად დიდია, რომ ის არსებითად აუარესებს გაზგამანაწილებელი მეურნეობების ფინანსურ მაჩვენებლებს, ზოგიერთ შემთხვევაში კი გადააქცევს მათ არარენტაბელურ საწარმოებად.

ბუნებრივი გაზის დანაკარგის დონე დასახლებული პუნქტების გაზგამანაწილებელ ქსელებში არსებით გავლენას ახდენს ბუნებრივი გაზის განაწილების ტარიფზე, ამიტომ ტექნიკური დანაკარგის ნორმირება ძალზე მნიშვნელოვან საკითხს წარმოადგენს.

გაზგამანაწილებელი ქსელებიდან და მოწყობილობებიდან ბუნებრივი გაზის ტექნიკური დანაკარგის ზუსტი განსაზღვრა თითქმის შეუძლებელია. ვინაიდან გაზგამანაწილებელი ქსელის და მისი მოწყობილობების ჰერმეტიულობის დარღვევა უამრავი ფაქტორით არის განპირობებული, გაზგამანაწილებელი მეურნეობების ქსელებიდან ბუნებრივი გაზის ტექნიკური დანაკარგის განსაზღვრა დიდ და ზოგიერთ შემთხვევაში გადაულახავ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული.

დსთ-ს ქვეყნებში არსებულ და მოქმედ გაზგამანაწილებელ ქსელებში ბუნებრივი გაზის დანაკარგის განსაზღვრის მეთოდები მეტად რთულია,

ხოლო დანაკარგების განსაზღვრული კონკრეტული სიდიდეები იცვლება დიდ დიაპაზონში.

საბჭოთა კავშირში დასახლებული პუნქტების გაზგამანაწილებელ ქსელებში ბუნებრივი გაზის დანაკარგების საშუალო დონე მიიღებოდა მიწოდებული ბუნებრივი გაზის მაქსიმალური რაოდენობის 1-1,5%-ის ტოლად, ხოლო აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნებში 3-5%.

გაზგამანაწილებელ ქსელებში ბუნებრივი გაზის ტექნიკური დანაკარგის გამომწვევი ძირითადი მიზეზები შემდეგია: საქართველოს ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი ბევრი ქსელის ტექნიკური მდგომარეობა არადაამაყოფილებელია. კოროზიისაგან ელექტროქიმიური დაცვის დანადგარები გაძარცვულია და არ მუშაობს; საამორტიზაციო ვადა – 40 წელი გაუვიდა ასობით კილომეტრ გაზსადენს და მოითხოვს შეცვლას. გარდა ამისა, ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელებში არსებობს კიდევ შემდეგი სახის დანაკარგები: ბუნებრივი გაზის გაჟონვები გაზსადენებში, ნაგებობებსა და მოწყობილობებში ჩვეულებრივ პირობებში; დანაკარგები შენობების გაზგაყვანილობებში; დანაკარგები გაზსადენის დაცლისას შეჭრითი სამუშაოების წარმოებისათვის; დანაკარგები გაზმარეგულირებელი პუნქტების დამცავ-საგდები სარქველებიდან ღამის საათებში, ბუნებრივი გაზის მოხმარების მკვეთრად შემცირების დროს; დანაკარგები მოწყობილობის რეგულირებისას და სხვა.

გაზგამანაწილებელ ქსელში ბუნებრივი გაზის ტექნიკური დანაკარგის სიდიდე დამოკიდებულია მრავალ ფაქტორზე – გაზის წნევაზე, გაზსადენის დიამეტრსა და სიგრძეზე, მის ტექნიკურ მდგომარეობაზე, გაზმარეგულირებელი პუნქტების რაოდენობაზე და ა.შ.

ამჟამად საქართველოში არ არსებობს ნორმატიული დოკუმენტი, რომლის საშუალებითაც შესაძლებელი იქნება ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ბუნებრივი გაზის ნორმატიული ტექნიკური დანაკარგის გაანგარიშება. ასეთ პირობებში დიდი მნიშვნელობა ენიჭება გაზგამანაწილებელი ქსელებიდან ბუნებრივი გაზის ტექნიკური დანაკარგის განსაზღვრის მეთოდის შემუშავებას, რაც საშუალებას მოგვცემს გარკვეული საინჟინრო გაანგარიშებებისათვის საჭირო სიზუსტით გავსაზღვროთ ამა თუ იმ გაზგამანაწილებელ ქსელში ბუნებრივი გაზის დანაკარგების რაოდენობა.

ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი ქსელების ბოლო წლების ავარიების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ გაზგამანაწილებელი ქსელების ჰერმეტიკობის დარღვევა ძირითადად გამოწვეულია ელექტროქიმიური კოროზიით. თეორიულად ცნობილია ბუნებრივი გაზის გაზსადენიდან გამოდინების საანგარიშო ფორმულები [132], რომელთა საშუალებით შესაძლებელია გამოითვალოს ხვრეტიდან გამოსული ბუნებრივი გაზის რაოდენობა. საჭიროა აღინიშნოს, რომ აღნიშნული ფორმულების გამოყენება მიწისქვეშა გაზსადენებისათვის არ იძლევა ზუსტ შედეგს, რადგანაც მიწაში ჩალაგებულ გაზსადენში გაჩენილი ხვრეტიდან ბუნებრივი გაზის გამოდინება ჰაერში კი არ ხდება, არამედ სხვადასხვა სიმკვრივის გრუნტში, ამიტომ ბუნებრივი გაზის დანაკარგის გაანგარიშება უნდა ხდებოდეს განსხვავებული მეთოდით. [133,134] ნაშრომების მიხედვით, ბუნებრივი გაზის ტექნიკური დანაკარგის წნევაზე დამოკიდებულება გამოიხატება ხარისხოვანი კანონით. ხარისხის მაჩვენებლით ორი და არა 0,5 როგორც ადრე იყო მიღებული:

$$Q = \frac{17,64DLP^2 K_1 K_2 \tau}{TZ^2} \text{ მ}^3/\text{წელ}, \quad (4.1)$$

სადაც  $Q$  - არის გაზსადენიდან ბუნებრივი გაზის გაჟონვის მოცულობა ( $\text{მ}^3/\text{წელ}$ );  $D$  - გაზსადენის საშუალო დიამეტრი ( $\text{მ}$ );  $L$  - გაზსადენის მთლიანი სიგრძე ( $\text{კმ}$ );  $P$  - საშუალო წნევა ( $\text{კგძ/სმ}^2$ );  $K_1$  - გაზსადენების ექსპლუატაციის პირობების კოეფიციენტი;  $K_2$  - გაზსადენების მუშაობის ეფექტურობის კოეფიციენტი;  $\tau$  - გაზსადენების მუშაობის პერიოდი (დღე-ღამე);  $T$  - გაზის საშუალო ტემპერატურა ( $^{\circ}\text{K}$ );  $Z$  - ბუნებრივი გაზის კუმშვის საშუალო კოეფიციენტი.

ცხადია, რომ ქსელში წნევის ზრდა მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ბუნებრივი გაზის ტექნიკურ დანაკარგზე. მიუხედავად იმისა, რომ ლიტერატურიდანაც [135,136] და პრაქტიკიდანაც ძირითადად ცნობილია მიწაში ჩალაგებული მილსადენების დაზიანების მიზეზები და ხვრეტების სავარაუდო ფორმები, რეალურად დაკარგული ბუნებრივი გაზის რაოდენობის თეორიული განსაზღვრა შეუძლებელია, ვინაიდან გარდა ზევით მოყვანილი მიზეზებისა, არსებობს მრავალი ისეთი პირობა და

მიზეზი, რომელთა გაუთვალისწინებლობა სასურველ შედეგს არ მოგვცემს (მაგალითად ხვრეტების რაოდენობა, მათი დიამეტრი, ფუნქციონირების დრო, ქსელის კონფიგურაცია და სხვა).

ამასთან ერთად, აღსანიშნავია, რომ წნევის რეჟიმი ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელებში ცვალებადია დღე – ღამის განმავლობაში და დამოკიდებულია მიწოდებისა და ხარჯის რეჟიმზე. ამიტომ წნევის პარამეტრების დადგენაც დაკავშირებულია მრავალ სირთულესთან. ცხადია, რომ ცვალებადი წნევის რეჟიმი, გრუნტის სხვადასხვა სიმკვრივისა და ბუნებრივი გაზის ქსელების და მოწყობილობების სხვადასხვა მდგომარეობის და კონფიგურაციის პირობებში, შეუძლებელია განისაზღვროს პრაქტიკისათვის მისაღები სიზუსტით.

როგორც ზემოთ უკვე აღვნიშნეთ, დანაკარგის გაანგარიშება და ნორმების დადგენა დიდ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული და მათი რეალური სიდიდის განსაზღვრა თეორიულად შეუძლებელია. სასურველი შედეგის მიღწევა შეუძლებელია სხვა ისეთი ქვეყნების გამოცდილების გამოყენებითაც, რომელთა გაზგამანაწილებელი კომპანიების ქსელების დღევანდელი მდგომარეობა ანალოგიურია საქართველოს გაზგამანაწილებელი კომპანიების ქსელების დღევანდელი მდგომარეობისა [137,138,139,140].

თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ ტექნიკური დანაკარგის განსაზღვრის ერთიანი მეთოდის არ არსებობას, აგრეთვე განაპირობებს ის ფაქტი, რომ საქართველოში ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი მეურნეობები ოპერირებენ გაზის მნიშვნელოვნად განსხვავებული მოცულობებით. კერძოდ ქ. თბილისზე მოდის ბუნებრივი გაზის წლიური მოხმარების დაახლოებით 78%, გაზგამანაწილებელი მილსადენების სიგრძის დაახლოებით 38% და აბონენტების რაოდენობის დაახლოებით 65%. გარდა ამისა, საქართველოს ბევრ მეურნეობაში ბუნებრივი გაზის წლიური მოხმარება ერთ მილიონ კუბურ მეტრზე ნაკლებია, ხოლო ზევითმოყვანილი ტექნიკური დანაკარგების განსაზღვრის მეთოდები სამართლიანია დაახლოებით 10 მილიონ კუბურ მეტრზე მეტი წლიური მოხმარების მეურნეობებისათვის.

აღმოსავლეთ ევროპისა და დსთ-ს ქვეყნებში ტექნიკურ დანაკარგთან დაკავშირებული მდგომარეობა შემდეგია: ესტონეთი: მოხმარებული ბუნებრივი გაზის 0,1%; რუმინეთი მოხმარებული გაზის 1|2%; აზერბაიჯანი:

მოხმარებული გაზის 2|3%; სომხეთი: მოხმარებული გაზის 3|4%, ლიტვა: მოხმარებული გაზის 0,5|0,7%; ლატვია: მოხმარებული გაზის 2|3%; პოლონეთი: პოლიეთილენისა და ფოლადის მიწებში - მოხმარებული გაზის 2%, რკინის მიწებში - მოხმარებული გაზის 3%. ამგვარად მოპოვებული სტატისტიკური მონაცემები მეტყველებს, რომ დსთ-ს და აღმოსავლეთ ევროპის ქვეყნების პრაქტიკაში ტექნიკური დანაკარგის ნორმა დადგენილია პროცენტებში, რაც უფრო მიზანშეწონილია და ხელსაყრელია მცირე მოხმარების გაზის მეურნეობებისათვის.

იმ შემთხვევაში, თუ ცნობილია ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ტექნიკური დანაკარგის სიდიდე, დგება საკითხი მისი წნევების მიხედვით გადაანგარიშების შესახებ. ამიტომ განვიხილოთ შემდეგი ამოცანა: მოცემულია ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელი ქსელი, რომელიც შეიცავს მაღალი, საშუალო და დაბალი წნევის ქსელებს. ცნობილია მთლიანი ქსელის წლიური მოხმარება  $Q_0$ , ტექნიკური დანაკარგი  $Q$  ( $Q = kQ_0$ ) და ქსელების სიგრძეები: დაბალი წნევის -  $L_1$ ; საშუალო წნევის -  $L_2$ ; მაღალი წნევის -  $L_3$ . დასადგენია ტექნიკური დანაკარგები დაბალი, საშუალო და მაღალი წნევების ქსელებისათვის:  $Q_1$ ,  $Q_2$  და  $Q_3$ .

ცხადია, რომ

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (4.2)$$

ვთქვათ დანაკარგი დაბალი წნევის ქსელში, ერთეულ სიგრძეზე არის  $q_1$ , მაშინ სრული დანაკარგი დაბალი წნევის ქსელში  $Q_1$  - ტოლი იქნება:

$$Q_1 = q_1 L_1. \quad (4.3)$$

თუ დანაკარგი საშუალო წნევის ქსელში, ერთეულ სიგრძეზე არის  $q_2$ , მაშინ  $Q_2 = q_2 L_2$ , სადაც  $q_2$  შეიძლება გამოვსახოთ შემდეგი სახით:  $q_2 = nq_1$ . ცხადია, რომ  $n > 1$ , რადგანაც ერთეულ სიგრძეზე დანაკარგი, საშუალო წნევის ქსელში, მეტია ანალოგიურ დანაკარგზე დაბალი წნევის ქსელში.

საბოლოოდ

$$Q_2 = nq_1 L_2. \quad (4.4)$$

ანალოგიურად გვექნება;  $Q_3 = q_3 L_3$ ;  $q_3 = mq_1$ ; ( $m > 1$ ) და

$$Q_3 = mq_1 L_3. \quad (4.5)$$

(4.2), (4.3), (4.4) და (4.5)-ის გათვალისწინებით გვექნება:

$$Q = q_1 L_1 + q_2 L_2 + q_3 L_3. \quad (4.6)$$



$$Q = q_1 L_1 + n q_1 L_2 + m q_1 L_3 \quad (4.7)$$

საიდანაგ

$$Q = q_1 (L_1 + n L_2 + m L_3) \quad (4.8)$$

ამგვარად:

$$\begin{cases} Q_1 = q_1 L_1; \\ Q_2 = q_2 L_2 = n q_1 L_2; \\ Q_3 = q_3 L_3 = m q_1 L_3. \end{cases} \quad (4.9)$$

(4.9)-დან მივიღებთ;

$$\begin{cases} \frac{Q_2}{Q_1} = n \frac{L_2}{L_1}; \\ \frac{Q_3}{Q_1} = m \frac{L_3}{L_1}. \end{cases} \quad (4.10)$$

საიდანაგ

$$\begin{cases} Q_2 = n \frac{L_2}{L_1} Q_1; \\ Q_3 = m \frac{L_3}{L_1} Q_1. \end{cases} \quad (4.11)$$

შევიტანოთ (4.11), (4.2)-ში. მივიღებთ;

$$Q = Q_1 + n \frac{L_2}{L_1} Q_1 + m \frac{L_3}{L_1} Q_1. \quad (4.12)$$

$$Q = Q_1 \left( 1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1} \right). \quad (4.13)$$

საიდანაგ;

$$Q_1 = \frac{Q}{1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1}}. \quad (4.14)$$

(4.14) და (4.11)-ის გამოყენებით, მივიღებთ;

$$Q_2 = n \frac{L_2}{L_1} \frac{Q}{1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1}}; \quad (4.15)$$

$$Q_3 = m \frac{L_3}{L_1} \frac{Q}{1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1}}. \quad (4.16)$$

შევამოწმოთ, სრულდება თუ არა პირობა (5.2), რისთვისაც შევიტანოთ (4.14), (4.15) და (4.16) – (4.2)-ში. მივიღებთ:

$$Q = \frac{Q}{1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1}} + n \frac{L_2}{L_1} \frac{Q}{1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1}} + m \frac{L_3}{L_1} \frac{Q}{1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1}} =$$

$$= \frac{Q \left( 1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1} \right)}{1 + n \frac{L_2}{L_1} + m \frac{L_3}{L_1}} = Q. \quad (4.17)$$

ამგვარად, პირობა (4.2) – შესრულებულია.

დავადგინოთ  $n$  და  $m$  კოეფიციენტები. მათ დასადგენად გამოვიყენოთ შემდეგი დაშვება: დაბალი, საშუალო და მაღალი წნევების ქსელებში, გაზსადენები ერთნაირ მდგომარეობაშია და კოროზიული ხერცების რაოდენობა და ზომები – ერთნაირია [141,142]. მაშინ

$$\begin{cases} n = \frac{V_2}{V_1}; \\ m = \frac{V_3}{V_1}. \end{cases} \quad (4.18)$$

სადაც  $V_1, V_2$ , და  $V_3$  - შესაბამისად არის გაზსადენის ხერცტიდან გაზის გამოფრქვევის სიჩქარე. რადგანაც  $V_2 = V_3$  (გამოფრქვევა ხდება კრიტიკული სიჩქარის ზევით), ამიტომ  $m = n$ .

თუ გავითვალისწინებთ რიცხვით მონაცემებს, კერძოდ  $V_1 = 92$  მ/წმ,  $V_2 = V_3 = 415$  მ/წმ მაშინ მივიღებთ, რომ  $m = n = 4,5$ .

რადგანაც  $m = n$ , ამიტომ (4.14), (4.15) და (4.16) ფორმულები მიიღებენ შემდეგ სახეს:

$$\begin{cases} Q_1 = \frac{Q}{1 + n \frac{L_2 + L_3}{L_1}}; \\ Q_2 = n \frac{L_2}{L_1} \frac{Q}{\left( 1 + n \frac{L_2 + L_3}{L_1} \right)}; \\ Q_3 = n \frac{L_3}{L_1} \frac{Q}{\left( 1 + n \frac{L_2 + L_3}{L_1} \right)}. \end{cases} \quad (4.19)$$

თუ გამანაწილებელ ქსელში, არ გვაქვს მაღალი წნევის ქსელი, მაშინ  $L_3 = 0$ ;  $Q_3 = 0$ , ხოლო

$$Q_1 = \frac{Q}{1 + n \frac{L_2}{L_1}}; \quad (4.20)$$

$$Q_2 = n \frac{L_2}{L_1} \frac{Q}{\left(1 + n \frac{L_2}{L_1}\right)} = \frac{nQL_2}{L_1 + nL_2}. \quad (4.21)$$

რადგანაც, გამანაწილებელ ქსელში, არ გვაქვს მაღალი წნევის ქსელი, მაშინ დაბალი და საშუალო წნევის ქსელებში გაანგარიშების დანაკარგები განისაზღვრება (4.20) და (4.21) ფორმულით და ნახ.1-ზე ნახვენებია შესაბამისი გრაფიკები. შესაბამისად (4.20) და (4.21) ფორმულები ჩაიწერება უფრო მარტივად:

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{1}{1 + nx}; \quad (4.22)$$

$$\frac{Q_2}{Q} = \frac{nx}{1 + nx}. \quad (4.23)$$

სადაც  $x = \frac{L_2}{L_1}$ .

ნაშრომში შემუშავებულია რეკომენდაციები და კონკრეტული წინადადები საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების ეროვნულ კომისიისათვის (სემეკ) და სხვა ორგანიზაციებისათვის.

კვლევების შედეგების პრაქტიკაში დანერგვა საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნას მეცნიერულად დასაბუთებული გეგმა სემეკისათვის და სხვა ორგანიზაციებისათვის.

#### 4.2. ტექნოლოგიური ნორმატიული დანაკარგების მაგალითები (მოლდოვა, უკრაინა, აზერბაიჯანი)

2011 წელს მოლდოვის მარეგულირებელი კომისიის მიერ ნორმატიული ტექნიკური დანაკარგი დადგინდა 1%-ის ტოლად. ამგვარად დადგენილი დანაკარგი, ნებისმიერი წნევის ქსელისათვის, ქვეყნის ნებისმიერი გაზგამანაწილებელი მეურნეობისათვის 1%-ის ტოლია. „მოლდოვაგაზში“, 2011 წლის 1 იანვრისათვის, არსებობდა 1400 კმ სიგრძის მიწისქვეშა გაზსადენები, რომელთა ასაკი 20 წელზე მეტია. დაგეგმილია 5 წლის განმავლობაში 30 წელზე მეტი ასაკის მქონე 290 კმ მიწისქვეშა გაზსადენის

და 20 წელზე მეტი ასაკის მქონე 550 მარეგულირებელი გაზგამანაწილებელი პუნქტის რეკონსტრუქცია და მოდერნიზაცია.

2004 წელს უკრაინის გაზგამანაწილებელი ქსელში დანაკარგები როგორც ნორმატიული, ასევე ზენორმატიული - იყო 1,9 მლრდ მ<sup>3</sup> (მათ შორის ნორმატიული დანაკარგები - 1,1 მლრდ მ<sup>3</sup>, ზენორმატიული - 0,8 მლრდ მ<sup>3</sup>).

2011 წლის 1 მარტისათვის აზერბაიჯანის გაზის მაგისტრალებით გატარდა 3 მლრდ 541,2 მლნ მ<sup>3</sup> გაზი. 2009 წლისათვის დანაკარგი იყო ძალზე დიდი, თუმცა მას შემდეგ ყოველ წელს მცირდება. დინამიკა შემდეგია: 2008 წ - 534 მლნ. მ<sup>3</sup>, 2009 წ - 494 მლნ. მ<sup>3</sup>, 2010 წ შემცირდა 300 მლნ. მ<sup>3</sup>-მდე, ხოლო 2011 წ დაახლოებით შეადგენს 150 მლნ. მ<sup>3</sup>-ს.

#### **4.3. ბუნებრივ გაზის გაზგამანაწილებელ ქსელებში, ტექნოლოგიური ხარჯების და ტექნიკური დანაკარგების შემცირების ღონისძიებები**

ბუნებრივი გაზის სისტემის ექსპლუატაციის პროცესში, დანაკარგების მთლიანად აღმოფხვრა პრაქტიკულად შეუძლებელია. შესაძლოა მხოლოდ მათი შემცირება გარკვეული ღონისძიებების დანერგვის გზით:

\* აუცილებელია აღრიცხვის მოწყობილობების დამონტაჟება მოხმარების ადგილას ყველა მნიშვნელოვან კვანძში;

\* ბუნებრივი გაზის გაჟონვების განსაზღვრისას გამოყენებული უნდა იქნეს თანამედროვე მოწყობილობები, თანამედროვე მასალები; \*

ბუნებრივი გაზის სისტემების ჰერმეტიკობის დონის გაზრდა მოწყობილობის და არმატურის ახალი მოდელებით, შემაერთებელი შემჭიდროებული მასალებით, სისტემის პროფილაქტიკური მომსახურებით;

\* ბუნებრივ გაზის ქსელების პასიური და აქტიური დაცვის გამოყენება თანამედროვე მასალებით და მოწყობილობის გაუმჯობესება, კოროზიისგან დამცავი ახალი საიზოლაციო მასალების გამოყენება და კათოდური სადგურების შექმნა;

\* ბუნებრივი გაზის ქსელების მშენებლობისას ახალი ტექნოლოგიების გამოყენება;

\* ბუნებრივი გაზის გაჟონვების ექსპერიმენტების ჩატარება, შესაბამისი აპარატების საშუალებით, მათი ოპტიმიზაციისათვის;

\* ბუნებრივი გაზის ქსელების გაუნგების გაზმარეგულირებელი მოწყობილობების აღჭურვა ტელემეტრიის სისტემით და ა.შ

#### 4.4. გაზგამანაწილებელი მეურნეობის ნატურული მონაცემების საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრა

როგორც დაგეგმარების სტადიაზე, ასევე ექსპლუატაციაში მყოფი გაზგამანაწილებელი ქსელის ტექნიკური მომსახურების მაჩვენებლების განხილვისას, დიდი ყურადღება ექცევა მზადყოფნის კოეფიციენტს. იგი განისაზღვრება როგორც ალბათობა იმისა, რომ გაზგამანაწილებელი ქსელი მუშაობს დამაკმაყოფილებლად მისი უშუალო გამოყენების დროის ნებისმიერ მომენტში. ამ დროს მხედველობაში მიიღება მხოლოდ მუშაობისა და მოცდენის დრო, მაგრამ არ განიხილება ის დრო, რომლის განმავლობაში სისტემას შეგნებულად არ იყენებენ. მზადყოფნის კოეფიციენტი დეტერმინირებული სიდიდეა და წარმოადგენს ნამუშევრის მათემატიკური მოლოდინის ( $\mu_t$ ) შეფარდებას, ამავე სიდიდისა და აღდგენის დროის მათემატიკური მოლოდინის ( $\mu_r$ ) ჯამთან:

$$K = \frac{\mu_t}{\mu_t + \mu_r}. \quad (4.24)$$

აღდგენის დროში იგულისხმება შემდეგი დროების ჯამი: საკუთრივ რემონტის, მისი ორგანიზაციის, მარაგ-ნაწილებით უზრუნველყოფის და ექსპლუატაციის ხელახალი ორგანიზაციის.

მზადყოფნის კოეფიციენტის ამდაგვარი შემოღება უთუოდ სასარგებლოა, რადგანაც იგი იძლევა გარკვეულ ინფორმაციას ენერგობიექტის საიმედოობის შესახებ. მაგრამ არ უნდა დავივიწყოთ, რომ როგორც ნამუშევარი ( $t$ ), ასევე აღდგენის დროც ( $\tau$ ) - სტოქასტიკური სიდიდეებია, ამიტომ თუ შემოვიტანთ ე.წ. მზადყოფნის მაჩვენებელს  $y = \frac{t}{t + \tau}$ , მაშინ მისი თანმიმდევრული მნიშვნელობები განსხვავებული იქნება ტოლობა (5.24)-ით მიღებული მნიშვნელობებისაგან.

ამომწურავი ინფორმაციის მიღება შესაძლებელია  $y$  სიდიდის ალბათობის განაწილების სიმკვრივის განსაზღვრით, თუ ცნობილია  $t$  და  $\tau$  სიდიდეების ალბათობის განაწილების სიმკვრივე. ეს ამოცანა იხსნება შედარებით ადვილად, როდესაც  $t$  და  $\tau$  სიდიდეების ალბათობის განაწილების სიმკვრივეები – ექსპონენციალურია [143]. მაგრამ გაზგამანაწილებელი ქსელების საიმედოობის განხილვისას, ხშირად ადგილი აქვს დაღლილობით და კოროზიულ მტყუნებებს, ამიტომ აუცილებელია სხვა შემთხვევების განხილვაც.

ვთქვათ  $t$  და  $\tau$  სიდიდეები არაკორელირებულია და გააჩნიათ ნორმალური განაწილება, რომლის პარამეტრებია  $\mu_t$  და  $\mu_\tau$  - შესაბამისად მათემატიკური მოლოდინებია, ხოლო  $\sigma_t$  და  $\sigma_\tau$  - საშუალო კვადრატული გადახრები.

რადგანაც  $t$  და  $\tau$  არიან ურთიერთდამოუკიდებელნი, ამიტომ მათი ერთობლივი ალბათობის განაწილების სიმკვრივე, ტოლი იქნება:

$$f(t, \tau) = f_1(t)f_2(\tau) \quad (4.25)$$

სადაც  $f_1(t)$  და  $f_2(\tau)$  - შესაბამისად არიან  $t$  და  $\tau$  სიდიდეების ალბათობის განაწილების სიმკვრივეები. ასეთ შემთხვევაში,  $y$  სიდიდის ალბათობის განაწილების სიმკვრივე, გამოითვლება შემდეგნაირად:

$$g(y) = \int_0^1 f[t(z); z] \frac{\partial(t, \tau)}{\partial(y, z)} dz, \quad (4.26)$$

სადაც  $t(z) = \frac{yz}{1-y}$  - მიიღება მზადყოფნის მაჩვენებლის გამოსახულებიდან,

ხოლო იაკობიანი  $\frac{\partial(t, \tau)}{\partial(y, z)}$  ტოლია [143,144]:

$$\frac{\partial(t, \tau)}{\partial(y, z)} = \begin{vmatrix} \frac{\partial t}{\partial y} & \frac{\partial \tau}{\partial y} \\ \frac{\partial t}{\partial z} & \frac{\partial \tau}{\partial z} \end{vmatrix} = \frac{z}{(1-y)^2}. \quad (4.27)$$

ამგვარად  $y$  სიდიდის ალბათობის განაწილების სიმკვრივე [145], შეიძლება განისაზღვროს (4.26) და (4.27) გამოსახულებებით. თუმცა ასეთი მიდგომა მეტად რთულია [146].

ამგვარად განვიხილოთ, არსებული საწყისი ინფორმაცია გაზგამანაწილებელი ქსელების სტატიკის შესახებ.

წარმოვიდგინოთ მოცემული სიდიდეები და შევქმნეთ, მზადყოფნის კოეფიციენტის მარტივი გაანგარიშების ალგორითმი. გაანგარიშება ვთქვათ ხდება ცალკ-ცალკე მაღალი, საშუალო და დაბალი ქსელისათვის, თუმცა თითოეული ალგორითმი ერთმანეთის ანალოგიურია.

ჩავთვალოთ, რომ მოცემულია შემდეგი სიდიდეები: მეურნეობისათვის ბუნებრივი გაზის მიწოდებული წლიური მოცულობა,  $W$  ათასი მ<sup>3</sup>; ქსელის სიგრძე,  $L$  კმ; ავარიების რაოდენობა,  $N$ ; რემონტის დრო  $T$ , სთ; ნამუშევარის დრო  $T_0 - T$ , სთ (სადაც  $T_0 = 8760$  სთ); აღდგენის (რემონტის) დროს ინტერვალი  $\tau = \frac{T}{N}$ , სთ; ნორმალური მუშაობის დროის ინტერვალი  $t = \frac{T_0 - T}{N}$  სთ; აღდგენის ინტენსივობა  $\mu = \frac{1}{\tau}$ , 1/სთ; მტყუნების საფრთხე  $\lambda = \frac{1}{t}$ , 1/სთ; მზადყოფნის კოეფიციენტი  $K = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$ .

ცხადია, რომ გაზგამანაწილებელი მეურნეობის მზადყოფნის კოეფიციენტი განისაზღვრება როგორც  $K = \frac{t}{t + \tau}$ , თუმცა რადგანაც

$$t = \frac{1}{\lambda}; \quad \tau = \frac{1}{\mu}, \text{ ამიტომ}$$

$$K = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{\lambda + \mu}{\lambda\mu}} = \frac{\lambda\mu}{\lambda + \mu} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}. \quad (4.28)$$

ცხადია, რომ შესაძლებელია განვსაზღვროთ კუთრი პარამეტრები  $\mu_0$  და  $\lambda_0$ , რომელთა განზომილებებია 1/სთ.კმ. რადგანაც შესაბამისად  $\mu_0 = \frac{1}{L\tau}$

$$\text{და } \lambda_0 = \frac{1}{Lt}, \text{ ამიტომ შედეგი იგივეა. მართლაც } K = \frac{\mu_0}{\mu_0 + \lambda_0} = \frac{\frac{1}{L\tau}}{\frac{1}{L\tau} + \frac{1}{Lt}} = \frac{t}{t + \tau}.$$

$$(4.29)$$

ჩვენს მიერ მიღებული შედეგები, პრაქტიკულად წარმოადგენს პირველ მცდელობას, რადგანაც მსგავსი კვლევა საქართველოში ჯერ არ ჩატარებულა. ამიტომ, დღეისათვის შეუძლებელია არსებული

სტატისტიკური რიგების ზუსტი და კორექტული დამუშავება. ამ ეტაპისათვის, პირველ რიგში, უნდა ჩატარდეს მხოლოდ საორიენტაციო ინტეგრალური მაჩვენებლების დადგენა, რაც მოგვცემს გარკვეულ თვისობრივ ტენდენციას და მიღებული პარამეტრების გასაშუალების საშუალებას.

ცხრილ 22 და 23-ში მოყვანილია ნატურული მონაცემების პარამეტრები, გაზგამანაწილებელი ქსელებისათვის. ( $T_0 = 8760$  სთ).

ცხრილი 22

გაზგამანაწილებელი საშუალო წნევის ქსელების მონაცემები დაზიანების შესახებ

მეურნეობის დასახელება	მიწოდებული გაზის წლიური მოცულობა, $W$ , ათასი მ <sup>3</sup>	ქსელის სიგრძე, $L$ , კმ	ავარიების რაოდენობა, $N$	რემონტის დრო $T$ , სთ	მუშაობის დრო $T_0 - T$ , სთ
1	2	3	4	5	6
სს „წყალტუბო -გაზი“	2266,1	20,4	35	60	8700
სს „ბაღდათი-გაზი“	1057,7	58,3	70	203	8557
სს „ზეესტაფონი-გაზი“	-	58	183	62	8698
შპს „ვერსალი“ (სოფ.ბოდბე)	291,7	7	4	40	8720
სს „ქუთაის-გაზი“	25669	196,2	5	494	8266
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - იმერეთი (ჭაითურა)	2298,9	3,8	9	280	8480
სს „სიდნაღი-გაზი“	2853,2	45,7	24	171	8589
შპს „ვანი-გაზი“	1270	47	21	73	8687
სს „სახხერე-გაზი“	8967,8	177,6	22	27	8733
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (სურამი)	-	12,1	4	2,5	8757,5
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (ქარელი)	1,741	33,2	18	181,5	8578,5
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (დუშეთი)	2332	11,8	19	21	8739
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (ყაზბეგი)	10,385	32,835	4	21	8739
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (გარდაბანი)	210,5	32,253	34	92	8668
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (დმანისი)	0,431	17,905	14	42	8718
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი - კრებსითი	234,316	436,497	140	332,05	8427,95



შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - სა- მეგრელო – ზუგდიდი	195,458	5,791	6	24	8736
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - სა- მეგრელო – აბაშა	205,27	4,375	43	63	8697
შპს „ლანჩხუთი- გაზი“	373,315	7,9	3	18	8742
შპს „ეაზტრანგაზ- თბილისი“	374736,8	916,196	262	629	8131
სს „ჩოხატაურგა- ზი“	308,917	1,226	3	14	8746
შპს „გასკო“ (სენაკი)	777,3	11,1	1	40	8720
სს „ბორჯომიგა- ზი“	5690	54,841	7	25	8735
სს „დედოფლის- წყაროგაზი“	-	12,293	3	17	8743
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“-კახეთი- ლაგოდეხი	936,77	10,816	10	50	8710
სს „რუსთაველაგაზი“	30320	38,597	2	30	8730
შპს „სამტრედია- გაზი“	6064,8	80,5	4	86	8674
შპს „აჭარა ბუნე- ბრივი აირი“	13236,53	155,515	25	96	8664
შპს „თერჯოლა ბუნებრივი აირი“	827,175	33,218	20	40	8720
შპს „ვარკეთილი- აირი“	7541,8	4,773	2	6	8754
სს „ახმეტაგაზი“	277,7	5,806	7	90	8670
სს „საგარეჯო- გაზი“	10036,9	4,56	1	24	8736
სს „გურჯაანი- გაზი“	2946,967	49,549	11	22,4	8737,6
სს „ყვარელიგაზი“	912,225	25	16	98	8662
სს „ბოლნისი- გაზი“	3324,05	39,374	7	23	8737
სს „ხაშურიგაზი“	3337	18,79	4	181,5	8578,5
სს „ქარელიგაზი“	1,741	28,88	18	181,5	8578
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - ქართ- ლი (მცხეთა)	2343	43,65	140	332,05	8427,95
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია მარნეული“	6391,817	82,961	36	23,7	8736,3
სს „თეთრიწყარო- გაზი“	123,433	4,3	48	126	8634,0
სს „კასპიგაზი“	8360,7	32,0	63	55	8705,0
შპს „ღიხაური- გაზი“	386,7	19,8	5	4	8756,0

ცხრილი 22-ის გაგრძელება

საშუალო წნევის ქსელი

რემონტის დროის	მუშაობის დროის	აღდგენის ინტენსივობა	მტყუნების საფრთხე	მზადყოფნის კოეფიციენტი
-------------------	-------------------	-------------------------	----------------------	---------------------------

ინტერვალი $\Delta\tau = \frac{T}{N}$ , სთ	ინტერვალი $\Delta t = \frac{T_0 - T}{N}$ , სთ	$\mu = \frac{I}{\Delta\tau}$ , 1/სთ	$\lambda = \frac{I}{\Delta t}$ , 1/სთ	$K = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$
7	8	9	10	11
1,71	248,57	0,016667	0,000115	0,993151
2,9	122,2429	0,004926	0,000117	0,976826
0,338798	47,53005	0,016129	0,000115	0,992922
10,0	2180	0,025	0,0,000115	0,995434
98,8	1653,2	0,002024	0,000121	0,943607
31,11111	942,2222	0,003571	0,000118	0,968037
7,125	357,875	0,005848	0,000116	0,980479
3,47619	413,6667	0,013699	0,000115	0,9991667
1,227273	396,9545	0,037037	0,000115	0,9996918
0,625	2189,375	0,4	0,000114	0,999715
10,08333	476,5833	0,00551	0,000117	0,979281
1,105263	459,9474	0,047619	0,000114	0,997603
5,25	2184,75	0,047619	0,000114	0,997603
2,705882	254,9412	0,01087	0,000115	0,989498
3,0	622,7143	0,02381	0,000115	0,995205
2,371786	60,19964	0,003012	0,000119	0,962095
3,0	1092	0,041667	0,000114	0,99726
1,465116	202,2558	0,015873	0,000115	0,992808
6,0	2914	0,055556	0,000114	0,997945
2,400763	31,03435	0,00159	0,000123	0,928196
4,666667	2915,333	0,071429	0,000114	0,998402
40,0	8720	0,025	0,000115	0,995434
3,571429	1247,857	0,04	0,000114	0,997146
5,666667	2914,333	0,058824	0,000114	0,998059
5,0	871	0,02	0,000115	0,994292
15,0	4365	0,033333	0,000115	0,996575
21,5	2168,5	0,011628	0,000115	0,990183
3,84	346,56	0,010417	0,000115	0,989041
2,0	436	0,025	0,000115	0,995434
3,0	4377	0,166667	0,000114	0,999315
12,85714	1238,571	0,011111	0,000115	0,989726
24	154,89	0,041667	0,000114	0,99726
2,026364	794,3237	0,044643	0,000114	0,997443
6,125	541,375	0,010204	0,000115	0,988813
3,285714	1248,143	0,043478	0,000114	0,997374
45,375	2144,625	0,00551	0,000117	0,979281
10,08333	476,5833	0,00551	0,000117	0,979281
2,371786	60,199664	0,003012	0,000119	0,962095
0,6583	242,675	0,042194	0,000114	0,997295
2,625	179,875	0,025641	0,000115	0,995548
0,873	138,1746	0,018182	0,000115	0,997321
0,8	1751,2	0,25	0,000114	0,999543

ცხრილი 22-ის გაგრძელება

საშუალო წნევის ქსელი

$\mu_0 = \frac{I}{L\Delta\tau}$ , 1/სთ	$\lambda_0 = \frac{I}{L\Delta t}$ , 1/სთ	$\lambda_0 / \mu_0$
კმ 12	კმ 13	14
0,000817	$6,6344 \cdot 10^{-6}$	0,006897

0,0000845	$2,0045 \cdot 10^{-6}$	0,023723
0,000278	$1,9822 \cdot 10^{-6}$	0,007128
0,003571	$1,6382 \cdot 10^{-5}$	0,004587
0,0000103	$6,166 \cdot 10^{-7}$	0,059763
0,00094	$3,1032 \cdot 10^{-5}$	0,033019
0,000128	$2,5476 \cdot 10^{-6}$	0,019909
0,000291	$2,4492 \cdot 10^{-6}$	0,0008403
0,000209	$6,4475 \cdot 10^{-7}$	0,003092
0,0330058	$9,4370 \cdot 10^{-6}$	0,000285
0,000166	$3,5111 \cdot 10^{-6}$	0,021158
0,004036	$9,6974 \cdot 10^{-6}$	0,002403
0,00145	$3,4449 \cdot 10^{-6}$	0,002403
0,0000337	$3,5769 \cdot 10^{-6}$	0,010614
0,00133	$6,4063 \cdot 10^{-6}$	0,004818
0,0000069	$2,7183 \cdot 10^{-7}$	0,039399
0,007195	$1,9766 \cdot 10^{-5}$	0,0002747
0,003628	$2,681 \cdot 10^{-5}$	0,007244
0,007032	$1,4479 \cdot 10^{-5}$	0,002059
0,0,0000174	$1,3423 \cdot 10^{-7}$	0,077358
0,058261	$9,3261 \cdot 10^{-5}$	0,001601
0,002252	$1,0331 \cdot 10^{-5}$	0,004587
0,000729	$2,0875 \cdot 10^{-6}$	0,008262
0,004785	$9,3043 \cdot 10^{-6}$	0,001944
0,001849	$1,06 \cdot 10^{-5}$	0,005741
0,000864	$2,9677 \cdot 10^{-6}$	0,003436
0,000144	$1,4321 \cdot 10^{-6}$	0,009915
0,0,0000067	$7,4218 \cdot 10^{-7}$	0,01108
0,000753	$3,4523 \cdot 10^{-6}$	0,004587
0,034919	$2,3933 \cdot 10^{-5}$	0,000685
0,00039	$4,0470 \cdot 10^{-6}$	0,010381
0,009137	$2,5103 \cdot 10^{-5}$	0,002747
0,009901	$2,3098 \cdot 10^{-6}$	0,002564
0,000408	$4,6179 \cdot 10^{-6}$	0,011314
0,011035	$2,9049 \cdot 10^{-5}$	0,002632
0,000293	$6,2039 \cdot 10^{-6}$	0,021158
0,000191	$4,0364 \cdot 10^{-6}$	0,021158
0,00069	$2,7183 \cdot 10^{-5}$	0,039399
0,000509	$1,3797 \cdot 10^{-6}$	0,002713
0,005963	$2,6667 \cdot 10^{-5}$	0,004472
0,000568	$3,5899 \cdot 10^{-6}$	0,006318
0,012626	$5,7681 \cdot 10^{-6}$	0,000457

### ცხრილი 23

გაზგამანაწილებელი დაბალი წნევის ქსელების მონაცემები დაზიანების შესახებ

მეურნეობის დასახელება	მიწოდებული გაზის წლიური მოცულობა, $W$ , ათასი მ <sup>3</sup>	ქსელის სიგრძე, $L$ , კმ	ავარიების რაოდენობა, $N$	რემონტის დრო $T$ , სთ	მუშაობის დრო $T_0 - T$ , სთ
1	2	3	4	5	6
სს „წყალტუბო -გაზი“	2266,1	56,8	157	305	8455

სს „ბაღდათიგაზი“	1057,7	58,3	58,3	121	8639
სს „ზესტაფონი- გაზი“	-	85	78	276	8484
შპს „ვერსალი“ (სოფ.ბოდბე)	291,7	28	34	80	8680
სს „ქუთაისგაზი“	25669	196,2	128	216	8544
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - იმე- რეთი (ჭაითურა)	2298,9	35,82	4	390	8370
სს „სიდნაღიგაზი“	2853,2	137	40	349	8411
შპს „ვანიგაზი“	1270	97,5	36	151	8609
სს „სანხერეგაზი“	8967,8	222,9	134	434	8326
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - ქართ- ლი (სურამი)	-	58	6	15	8745
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - ქართ- ლი (ქარელი)	1,741	28,88	131	290	8470
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - ქართ- ლი (დუშეთი)	2332	73,7	20	32	8728
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - ქართ- ლი (ყაზბეგი)	10,385	42,66	44	110	8650
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - ქართ- ლი (გარდაბანი)	210,5	68,735	359	451	8309
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - ქართ- ლი (დმანისი)	0,431	58,204	39	98	8662
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - ქართ- ლი - კრეხსითი	234,316	650,313	663	360,2	8399,8
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - სა- მეგრელო - ზუგ- დიდი	195,458	9,631	23	74	8086
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“ - სა- მეგრელო - აბაშა	205,27	15,28	43	63	8697
შპს „ლანჩხუთი- გაზი“	373,315	16,6	37	93	8667
შპს „ეახტრანგაზ- თბილისი“	374736,8	1485,577	662	1981	6779
სს „ჩოხატაურგა- ზი“	308,917	2,67	14	69	8691
შპს „გასკო“ (სენაკი)	777,3	32,7	14	110	8650
სს „ბორჯომიგა- ზი“	5690	72,36	12	64	8696
სს „დედოფლის- წყაროგაზი“	-	35,663	21	53	8707
შპს „სოკარ ჯორ- ჯია გაზი“-კახეთი- ლაგოდეხი	936,77	25,673	21	53	8707
სს „რუსთაველაგაზი“	30320	43,321	35	44	8716
შპს „სამტრედია- გაზი“	6064,8	65,8	12	101	8659
შპს „აჭარა ბუნე- ბრივი აირი“	13236,53	134,776	11	96	8664

შპს „თერჯოლა ბუნებრივი აირი“	827,175	51,23	31	110	8650
შპს „ვარკეთილი-აირი“	7541,8	27,164	17	59	8701
სს „ახმეტაგაზი“	277,7	58,06	7	20,2	8739
სს „საგარეჯო-გაზი“	10036,9	17,64	13	61	8699
სს „გურჯაანი-გაზი“	2946,967	22,4	25	448	8312
სს „ყვარელიგაზი“	912,225	61	306	181	8579
სს „ბოლნისი-გაზი“	3324,05	11,62	67	167	8593
სს „ხაშურიგაზი“	3337	18,79	44	190	8570
სს „ქარელიგაზი“	1,741	28,88	131	90	8670
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქარ-თლი (მცხეთა)	2343	6,5	663	160,2	8599,8
შპს „სოკარ ჯორჯია მარნეული“	6391,817	175,921	199	98	8662,0
სს „თეთრიწყარო-გაზი“	123,433	47,19	15	9	8751,0
სს „კასპიგაზი“	8360,7	168,0	63	145	8615,0
შპს „დიდი დილომი“		20,3	160	289	8471,0
შპს „ლიხაური-გაზი“	386,7	15	11	3	8757

ცხრილი 23-ის გაგრძელება

დაბალი წნევის ქსელი

რემონტის დროის ინტერვალი	მუშაობის დროის ინტერვალი	აღდგენის ინტენსივობა	მტყუნების საფრთხე	მზადყოფნის კოეფიციენტი
$\Delta\tau = \frac{T}{N}$ , სთ	$\Delta t = \frac{T_0 - T}{N}$ , სთ	$\mu = \frac{I}{\Delta\tau}$ , 1/სთ	$\lambda = \frac{I}{\Delta t}$ , 1/სთ	$K = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$
7	8	9	10	11
1,942675	53,8535	0,003279	0,000118	0,965183
2,075472	148,1818	0,008264	0,000116	0,986187
3,538462	108,7692	0,003623	0,000118	0,968493
2,352941	255,2941	0,0125	0,000115	0,990868
1,6875	66,75	0,00463	0,000117	0,975342
97,5	2092,5	0,002564	0,000119	0,955479
8,725	210,275	0,002865	0,000119	0,96016
4,194444	239,1389	0,006623	0,000116	0,982763
3,238806	62,13433	0,002304	0,00012	0,950457
2,5	1457,5	0,066667	0,000114	0,998288
2,21374	64,65649	0,003448	0,000118	0,966895
1,6	436,4	0,03125	0,000115	0,996347
2,5	196,5909	0,009091	0,000116	0,987443
1,256267	23,14485	0,002217	0,00012	0,945616
2,512821	222,1026	0,010204	0,000115	0,988813
0,543288	12,66938	0,002776	0,000119	0,958881
3,217391	377,6522	0,013514	0,000115	0,991553
1,465116	202,2558	0,015873	0,000115	0,992808
2,513514	234,2432	0,010753	0,000115	0,989384
2,992447	10,24018	0,000505	0,000148	0,773858
4,928571	620,7957	0,014493	0,000115	0,992123
7,857143	617,8571	0,009091	0,000116	0,987443

5,3333333	724,6667	0,015625	0,000115	0,992694
2,52381	414,619	0,018868	0,000115	0,99395
2,52381	414,619	0,018868	0,000115	0,99395
1,257143	249,0286	0,022727	0,000115	0,994977
8,416667	721,5833	0,009901	0,000115	0,98847
8,727273	787,6364	0,010417	0,000115	0,989041
3,548387	279,0323	0,009091	0,000116	0,987443
3,470588	511,8235	0,016949	0,000115	0,993265
2,885714	1248,543	0,049505	0,000114	0,997694
4,692308	669,1538	0,016393	0,000115	0,993037
17,92	332,48	0,002232	0,00012	0,948858
0,591503	28,03595	0,005525	0,000117	0,979338
2,492537	128,2537	0,005988	0,000116	0,980936
4,318182	194,7727	0,005263	0,000117	0,978311
0,687023	66,18321	0,011111	0,000115	0,989726
0,241629	12,97104	0,006242	0,000116	0,981712
0,4924	43,5276	0,005025	0,000117	0,977283
0,6	583,4	0,012195	0,000115	0,990639
2,3015	136,746	0,006897	0,000116	0,983447
1,8063	52,9438	0,00346	0,000118	0,967009
0,2727	796,0909	0,33333	0,000114	0,999658

ცხრილი 23-ის გაგრძელება

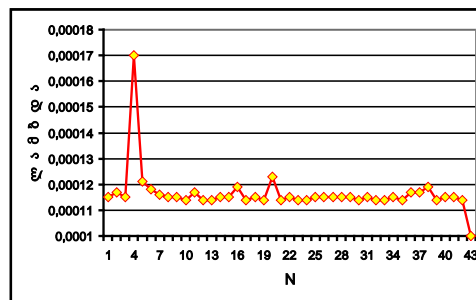
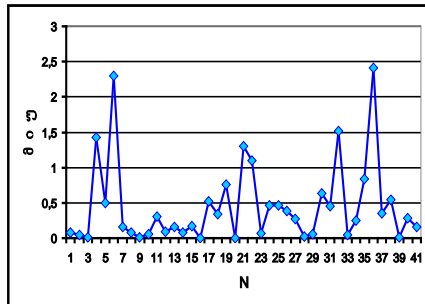
დაბალი წნევის ქსელი

$\mu_0 = \frac{I}{L\Delta\tau}$ , 1/სთ	$\lambda_0 = \frac{I}{L\Delta t}$ , 1/სთ	$\lambda_0 / \mu_0$
კმ	კმ	
12	13	14
5,77234·10 <sup>-5</sup>	0,016993	0,003397
0,000141758	0,016916	0,00838
4,26257·10 <sup>-5</sup>	0,011394	0,003741
0,000446429	0,035388	0,012615
2,35965·10 <sup>-5</sup>	0,004971	0,004747
7,1623·10 <sup>-5</sup>	0,026689	0,002684
2,09148·10 <sup>-5</sup>	0,007008	0,002984
6,79232·10 <sup>-5</sup>	0,010079	0,006739
1,03371·10 <sup>-5</sup>	0,004264	0,002424
0,001149425	0,0172	0,066781
0,0001194	0,033479	0,003566
0,000424016	0,013519	0,031365
0,000212107	0,023038	0,009207
3,22586·10 <sup>-5</sup>	0,013799	0,002338
0,000175316	0,016988	0,01032
4,26908·10 <sup>-6</sup>	0,001474	0,002895
0,001403127	0,102954	0,013629
0,00103881	0,064974	0,015988
0,000640041	0,058892	0,010868
3,39798·10 <sup>-7</sup>	0,000521	0,000652
0,005427998	0,371581	0,014608
0,000278009	0,030197	0,009207
0,000215934	0,013718	0,01574
0,000529062	0,027806	0,018983
0,000734933	0,038716	0,018983
0,000524525	0,022967	0,022842
0,000150471	0,015022	0,010016
7,72887·10 <sup>-5</sup>	0,007338	0,010532
0,000177453	0,019274	0,009207
0,000623956	0,036565	0,017064

0,000852652	0,017183	0,049619
0,000929333	0,056294	0,016508
9,96492·10 <sup>-5</sup>	0,042359	0,002352
9,05715 10 <sup>-5</sup>	0,016054	0,005641
0,00051532	0,084417	0,006104
0,000280104	0,050654	0,00538
0,000384734	0,034270	0,011226
0,000960338	0,150326	0,006358
2,85647 10 <sup>-5</sup>	0,005555	0,005142
0,000258426	0,020992	0,01231
4,10509 10 <sup>-5</sup>	0,005853	0,007013
0,000168791	0,047171	0,003578
0,022222222	0,066643	0,333448

ნახ. 33-ზე. ნაჩვენებია საშუალო ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება.

ნახ. 34-ზე. ნაჩვენებია საშუალო ქსელების მტყუნებების საფრთხის სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება. აბსცისთა ღერძზე ანალოგიურია ნახ.33-ზე.

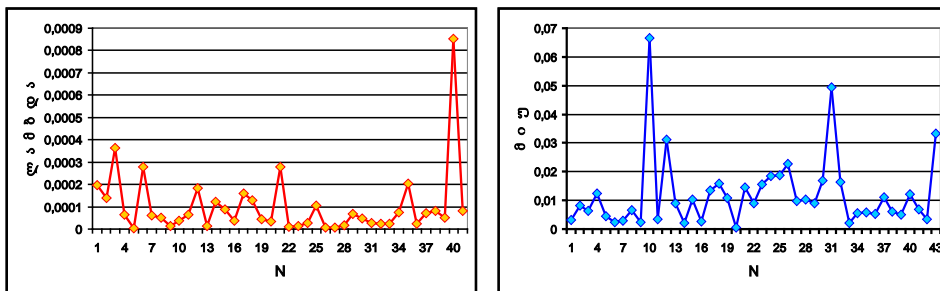


ნახ.33. საშუალო წნევის ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის: 1. სს „წყალტუბო -გაზი“; 2. სს „ბაღდათიგაზი“; 3. სს „ხესტაფონიგაზი“; 4. შპს „ვერსალი“ (სოფ. ბოდბე); 5. სს „ქუთაისიგაზი“; 6. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - იმერეთი (ჭაითურა); 7. სს „სიდნალიგაზი“; 8. შპს „ვანიგაზი“; 9. სს „სანხერეგაზი“; 10. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (სურამი); 11. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (ქარელი); 12. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (დუშეთი); 13. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (ყაზბეგი); 14. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (გარდაბანი); 15. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (დმანისი); 16. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი – კრებსითი; 17. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - სამეგრელო – ზუგდიდი; 18. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - სამეგრელო (აბაშა); 19. შპს „ლანჩხუთიგაზი“; 20. შპს „ყაზტრანგაზ-თბილისი“; 21. სს „ჩოხატაურგაზი“; 22. შპს „გასკო“ (სენაკი); 23. სს „ბორჯომიგაზი“; 24. სს „დედოფლისწყაროგაზი“; 25. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“-კახეთი (ლაგოდეხი); 26. სს „რუსთავიგაზი“; 27. შპს „სამტრედი-გაზი“; 28. შპს „აჭარა ბუნებრივი აირი“ (ბათუმი,

ქობულეთი); 29. შპს „თერჯოლა ბუნებრივი აირი“; 30. შპს „ვარკეთილიაირი“ (თბილისი); 31. სს „ახმეტაგაზი“; 32. სს „საგარეჯოგაზი“; 33. სს „გურჯაანიგაზი“; 34. სს „ვეარელიგაზი“; 35. სს „ბოლნისიგაზი“; 36. სს „ხაშურიგაზი“; 37. სს „ქარელიგაზი“; 38. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (მცხეთა); 39. შპს „სოკარ ჯორჯია მარნეული“; 40. სს „თეთრიწყაროგაზი“; 41. სს „კასპიგაზი“; 42. შპს „ლიხაურიგაზი“

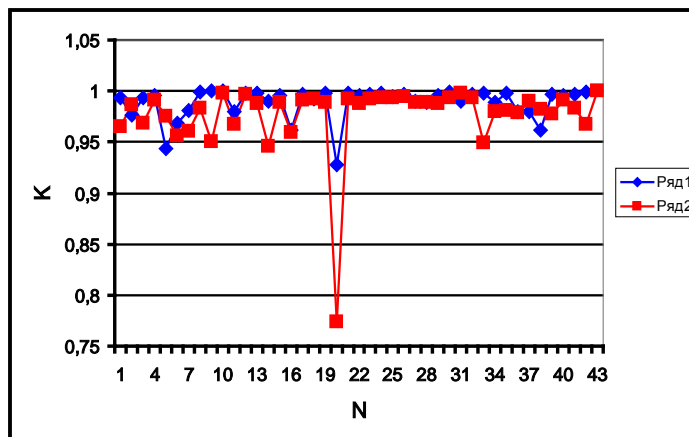
ნახ.34. დაბალი ქსელების მტყუნების საფრთხე სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე, ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

ნახ.35 და ნახ.36-ზე. ნაჩვენებია დაბალი ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები და საფრთხის მტყუნებები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება.



ნახ.35. დაბალი წნევის ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე, ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

ნახ.36. დაბალი ქსელების მტყუნების საფრთხეების სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე, ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

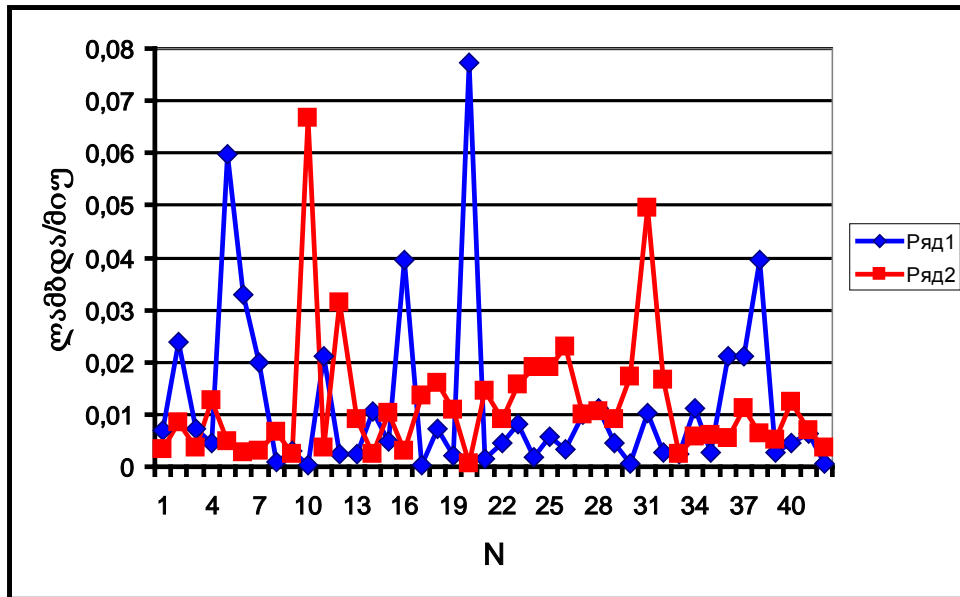


ნახ.37. საშუალო და დაბალი წნევის ქსელების მზადყოფნის კოეფიციენტები სხვადასხვა მეურნეობისათვის. აბსცისთა ღერძზე (ღურჯაღ საშუალო წნევა; 2. წითლად - დაბალი წნევა). ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება.

ნახ.38-ზე ნაჩვენებია შესაბამისად საშუალო და დაბალი წნევის ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება, აღდგენის ინტენსივობასთან.



აბსცისთა ღერძზე, ნახ.33-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება



ნახ.38. საშუალო და დაბალი წნევის ქსელების შესაბამისად მტყუნების საფრთხის შეფარდება ალდგენის ინტენსივობასთან (1. საშუალო ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება ალდგენის ინტენსივობასთან; 2. დაბალი ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება ალდგენის ინტენსივობასთან). აბსცისთა ღერძზე, ნახ.1-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

კუთრი მახასიათებლების, როგორც საშუალო და დაბალი ქსელებისათვის, და მეურნეობის მიხედვით, გასაშუალოების შემდეგ მივიღებთ: საშუალო ქსელებისათვის-  $\bar{\mu}_0 = 0,005045$  1/სთ.კმ;  $\bar{\lambda}_0 = 0,00001091$  1/სთ.კმ. დაბალი ქსელებისათვის -  $\bar{\mu}_0 = 0,000001242$  1/სთ.კმ;  $\bar{\lambda}_0 = 0,0002991$  1/სთ.კმ.

მაღალი წნევის ქსელის მახასიათებლების დასადგენად, გვაქვს მხოლოდ ექვსი მეურნეობა: 1. შპს „ვანიგაზი“; 2. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი“ - ქართლი (დმანისი); 3. შპს „ლანჩხუთიგაზი“; 4. შპს „ყაზტრანგაზ-თბილისი“; 5. სს „რუსთავიგაზი“; 6. შპს „აჭარა ბუნებრივი აირი“ (ბათუმი, ქობულეთი). მიუხედავად იმისა, რომ სტატისტიკა მწირია, მაინც შესაძლოა საორიენტაციო სიდიდეების დადგენა. ცხრილ 24-ში მოყვანილია მაღალი წნევის ქსელის მახასიათებლების დადგენა.

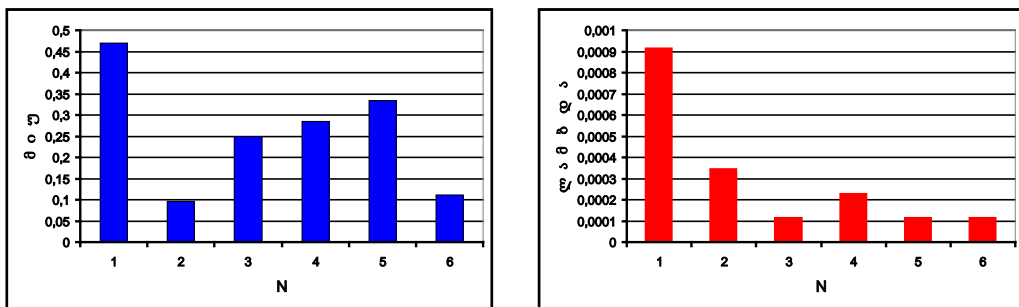
გაზგამანაწილებელი მაღალი წნევის ქსელების მონაცემები დაზიანების შესახებ

მეურნეობის დასახელება	ქსელის სიგრძე, კმ	ავარიების რაოდენობა, N	რემონტის დრო T, სთ	აღდგენის ინტენსივობა $\mu = \frac{I}{\Delta t}$ , 1/სთ
შპს „ვაზტრანგაზ-თბილისი“	200,278	8	17	0,470588
შპს „ვანიგაზი“	25,5	3	31	0,096774
შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი - ქართლი“ (დმანისი)	0,901	1	4	0,25
შპს „ლანჩხუთიგაზი“	0,81	2	7	0,285714
სს „რუსთავეიგაზი“	3,065	1	3	0,333333
შპს „აჭარა ბუნებრივი აირი“	30,322	1	9	0,111111

ცხრილი 24-ის გაგრძელება

მტყუნების საფრთხე $\lambda = \frac{I}{\Delta t}$ , 1/სთ	მზადყოფნის კოეფიციენტი $K = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$	$\mu_0 = \frac{I}{L\Delta t}$ , 1/სთ კმ	$\lambda_0 = \frac{I}{L\Delta t}$ , 1/სთ კმ	$\lambda_0 / \mu_0$
0,000915	0,998059	0,00235	4,56874·10 <sup>-6</sup>	0,001944
0,000344	0,996461	0,003795	1,34777·10 <sup>-5</sup>	0,003551
0,000114	0,999543	0,277469	0,000126756	0,000457
0,000228	0,999201	0,352734	0,00028209	0,0008
0,000114	0,999658	0,0,108755	3,72575·10 <sup>-6</sup>	0,000343
0,000114	0,998973	0,003664	3,76864·10 <sup>-6</sup>	0,001028

ნახ. 39 და 40-ზე ნაჩვენებია მაღალი წნევის ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. 1. შპს „ვაზტრანგაზ-თბილისი“; 2. შპს „ვანიგაზი“; 3. შპს „სოკარ ჯორჯია გაზი - ქართლი“ (დმანისი); 4. შპს „ლანჩხუთიგაზი“; 5. სს „რუსთავეიგაზი“; 6. შპს „აჭარა ბუნებრივი აირი“



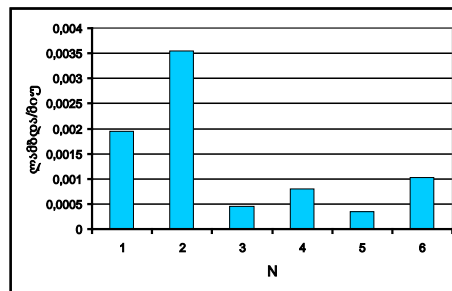
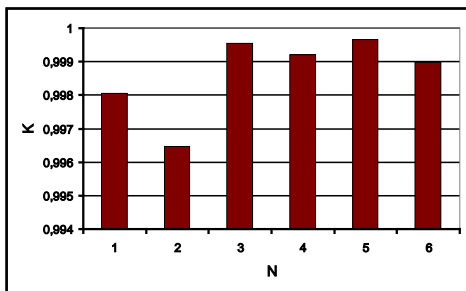
ნახ. 39. მაღალი წნევის ქსელების აღდგენის ინტენსივობის სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. 1. შპს „ვაზტრანგაზ-თბილისი“; 2. შპს „ვანიგაზი“; 3. შპს

„სოკარ ჯორჯია გაზი - ქართლი“ (დმანისი); 4. შპს „ლანჩხუთიგაზი“; 5. სს „რუსთაიგაზი“; 6. შპს „აჭარა ბუნებრივი აირი“

ნახ.40. მაღალი ქსელების მტყუნების საფრთხეების სიდიდეები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. ნახ.7-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება.

ნახ.41-ზე ნაჩვენებია მაღალი წნევის ქსელების მზადყოფნის კოეფიციენტები სხვადასხვა მეურნეობისათვის.

ნახ.42-ზე ნაჩვენებია მაღალი წნევის ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება აღდგენის ინტენსივობასთან.



ნახ.41. მაღალი ქსელების მზადყოფნის კოეფიციენტები, სხვადასხვა მეურნეობისათვის. ნახ.39-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება.

ნახ.42. მაღალი ქსელების მტყუნების საფრთხის შეფარდება, აღდგენის ინტენსივობასთან. აბსცისთა ღერძზე, ნახ.39-ის ანალოგიურად, ნაჩვენებია გაზის მეურნეობის დასახელება

კუთრი მახასიათებლები როგორც მაღალი ქსელებისათვის, და მეურნეობის მიხედვით, გასაშუალოების შემდეგ მივიღებთ:  $\bar{\mu}_0 = 0,124795$  1/სთ.კმ;  $\bar{\lambda}_0 = 7,79865 \cdot 10^{-5}$  1/სთ.კმ.

მიღებული შედეგების ანალიზის შემდეგ, შესაძლებელია გაკეთდეს გარკვეული დასკვნები:

ცნობილია, რომ მზადყოფნის კოეფიციენტის ნორმატიული მნიშვნელობა (ნებისმიერი წნევის ქსელისათვის), ტოლია 0,9995. მრავალი მეურნეობა უახლოვდება აღნიშნულ ნორმატიულ მნიშვნელობას, თუმცა არსებობს საკმაოდ დაბალი მნიშვნელობებიც. მაღალი წნევისათვის მზადყოფნის კოეფიციენტი ნორმაშია. საშუალო წნევისათვის არსებობს საკმაოდ დაბალი მზადყოფნის კოეფიციენტის მნიშვნელობები: 0,9281 („ყაზტრანსგაზ-თბილისი“), 0,9436 („ქუთაისგაზი“). დაბალი წნევისას გვაქვს: 0,92 („ყაზტრანსგაზ-თბილისი“), 0,9482 („გარდაბანიგაზი“), 0,9488 („გურჯაანიგაზი“), 0,9504 („საჩხერიგაზი“), 0,9554 („ჭიათურაგაზი“), 0,9601

(„სიღნაღიგაზი“). ცხადია, რომ ამ მეურნეობებმა უნდა გააუმჯობესონ მათი მახასიათებლები.

მიღებული საიმედოობის მნიშვნელობების მახასიათებლები, შესაძლოა იყვნენ საორიენტაციო ბაზისური მნიშვნელობები.

#### 4.5. მტყუნების ანალიზი მაგისტრალურ გაზსადენისთვის

##### 4.5.1. საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის რეაბილიტაცია

2007 წლიდან დღემდე აშშ მთავრობის დახმარებით ფონდის „ათასწლეულის გამოწვევა საქართველოს“ პროგრამით და საქართველოს ნავთობისა და გაზის კორპორაციის სახსრებით ჩატარებულ იქნა მაგისტრალური გაზსადენების სისტემის მასშტაბური სარეაბილიტაციო სამუშაოები. კერძოდ: აშენდა ახალი 20,08 კმ-ის სიგრძის სხვადასხვა გაზსადენები, 1200 მმ, 1020 მმ და 720 მმ დიამეტრებისათვის (მათ შორის უბნებია სოფ. ზოტიკიაანთკართან, მდ. არყალას გადაკვეთა, სოფ. მენესოსთან, მდ. გლდანულას გადაკვეთა, ვლადიკავკაზ-თბილისის II ხაზი ჯვრის მონასტერთან, ყაზახ-საგურამოსა და ყარადაღ-თბილისის მაგისტრალურ გაზსადენებს შორის არსებული კოროზირებული შემკრავი ხაზი).

მაგისტრალურ გაზსადენზე შესრულდა ეროზიის საწინააღმდეგო სამუშაოები. გასუფთავდა გაშიშვლებული მილი ძველი იზოლაციისგან და გაუკეთდა ახალი იზოლაცია (სოფ. ზოტიკიაანთკარი); გაზსადენების მთლიანობის შენარჩუნების მიზნით, დაბა ფასანაურთან ცხვედიეთის ხევის გადაკვეთაზე მოეწყო ქვაყრილი და ბეტონის ბლოკების მონტაჟი; გაზსადენის გადაკვეთაზე მოეწყო ბარაჯი ბეტონისა და ფლეთილი ქვების გამოყენებით (დუშეთის ხევი); გაზსადენების თაროს მდ.არაგვის მიერ ძლიერი ეროზიული მოქმედების შერბილების მიზნით განხორციელდა გაბიონის ქვაყრილისა და ბეტონის საინჟინრო ნაგებობების კომბინირებული კონსტრუქციები; დემონტირდა კოროზირებული სახაზო ონკანი (სეზონურად წყლით დაფარული) და მის ნაცვლად ჩაკერდა მილი (ჟინვალის წყალსაცავთან); მდ. გლდანულას გადაკვეთაზე შეიკვალა კოროზირებული მილი, მის ნაცვლად აშენდა ახალი მილი, რომელიც ჩაიმარხა მდინარის

ფსკერის გამორეცხვის დონის ქვემოთ, ხოლო ნაპირის ეროზიისგან დაცვის მიზნით მდინარის ნაპირას მოეწყო ქვაყრილის კონსტრუქცია; მთის ნაკადის გადაკვეთის შედეგად გაშიშვლებული მაგისტრალური გაზსადენის დასაცავად მოეწყო გაბიონების კონსტრუქცია; მაგისტრალური მილსადენისთვის მოეწყო ბეტონის და ქვაყრილის კომბინირებული კონსტრუქცია (ბარაჟი), ხოლო მილსადენი ჩაღრმავდა მდ. ბელაიას ფსკერის გარეცხვის დონის ქვემოთ; ეროზიული მოქმედების შერბილების მიზნით, მდ. ბაიდარას ხეობაში გაზსადენის დერეფანის რამოდენიმე მონაკვეთზე მოეწყო მოქნილი და მყარი ტიპის დამცავი ნაგებობები (გაბიონი, ქვაყრილი, ბეტონი); მდ. სნოსწყლის გადაკვეთაზე მაგისტრალურ მილსადენზე ბეტონის ფილებით აღსდგა არსებული დამბა, ამორტიზებული მილსადენი შეიცვალა ახალი მილით და ჩაღრმავდა მდინარის ფსკერის გარეცხვის დონის ქვემოთ; სხვადასხვა ადგილას გამოიცვალა 9 ცალი ამორტიზებული ონკანი; საქართველო-რუსეთის სახელმწიფო საზღვართან ახლოს დამონტაჟდა საონკანო კვანძი.

მათ პარალელურად საქართველოს გაზის ტრანსპორტირების კომპანიის დაფინანსებით და პრაქტიკული განხორციელებით შესრულებულ იქნა დამატებითი სამუშაოები მაგისტრალური გაზსადენების სისტემის გაჯანსაღებისათვის.

ჩატარდა სისტემაში არსებული გვირაბების სარეაბილიტაციო სამუშაოები მაგისტრალურ გაზსადენზე, კერძოდ წითელი ხიდი-წალკა-ახალქალაქი, საგურამო-ქუთაისი, ქუთაისი-სოხუმი, ვლადიკავკაზ-თბილისი, ჩრდილო კავკასია-ამიერკავკასიის მაგისტრალი, ყაზახ-საგურამო. ჩატარდა გარდაბნის გზების სარეკონსტრუქციო სამუშაოები. შეკეთდა ბურჯები, შეიცვალა წყლისგან დაზიანებული მუხლი, ჩატარდა პროფილაქტიკური სამუშაოები ჩამკეც ონკანებზე. მდინარე ჩხოუშიას მარჯვენა სანაპიროსთან გამოთლიანდა წყლის ნაკადის დარტყმისაგან გატეხილი 530 მმ მაგისტრალური გაზსადენი. აშენდა დამცავი კედლები. ხევებზე გაკეთდა საყრდენი კედლები, გაშიშვლებულ მილსადენზე გაკეთდა იზოლაცია და შეივსო მიწის საფარით. მოხდა ახალ აშენებული გაზსადენის შეჭრა მაგისტრალურ გაზსადენში. დამონტაჟდა სარეზერვო გაზსადენისათვის გარცმის მილები. კაპიტალურად შეკეთდა მდინარეების ვანტური ტიპის გადასასვლელები. სრულად განახლდა გაზის აღრიცხვის ხელსაწყოების

ბაზა. ყველა გაზის გამანაწილებელ სადგურში და გაზის ხარჯმზომ კვანძში მოეწყო ევროპული ქვეყნების თანამედროვე ტიპის აღმრიცხველი ხელსაწყოები.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის შედეგად მაგისტრალური გაზსადენების სისტემის მართვა გახდა უფრო მოქნილი, ეფექტური და რაც მთავარია უსაფრთხო. მნიშვნელოვნად შემცირდა გაზის დანაკარგები, რომლის დონეც გაუთანაბრდა მოწინავე, განვითარებული ქვეყნების მონაცემებს.

ნახ.43-ზე თვალსაჩინოებისათვის, ნაჩვენებია მაგისტრალური გაზსადენების რამოდენიმე ავარიული უბანი.



**ნახ. 43. მაგისტრალური გაზსადენების რამოდენიმე ავარიული უბნის ხედები**

მაგალისათვის ნახ.44-ზე, აგრეთვე ნაჩვენებია ტიპური დაზიანების ნიმუშები, ზუგდიდის გაზსადენზე.



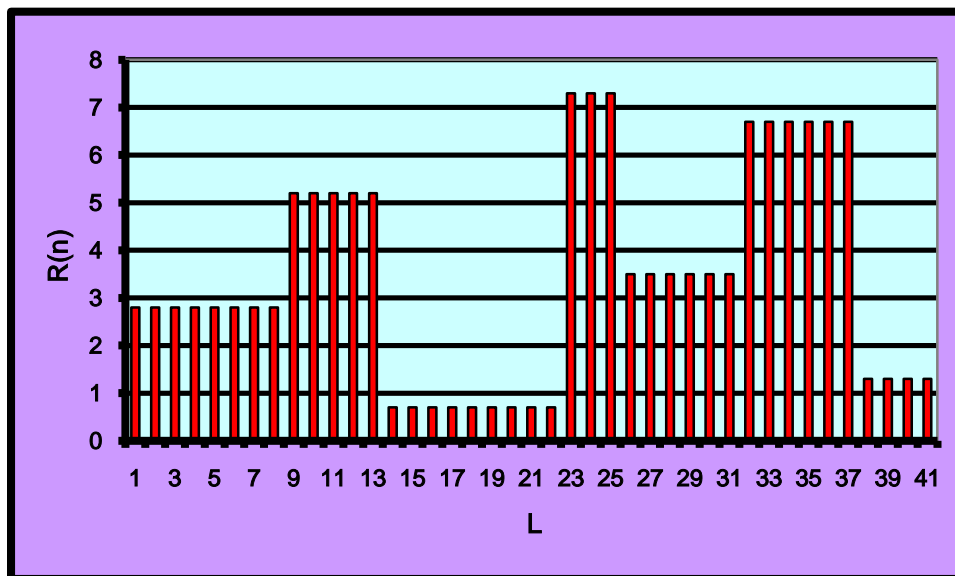
ნახ.44. ტიპური დაზიანების ნიმუშები, ზუგდიდის გაზსადენზე.

#### 4.5.2. მტყუნების ანალიზი და რისკები მაგისტრალურ გაზსადენზე

განვიხილოთ საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის მტყუნების ანალიზი და რისკების დადგენა.

განვიხილოთ აღნიშნული მაგისტრალური გაზსადენის ხაზოვანი რისკის ნაწილის შეფასება. რისკის შეფასება ხდება დაახლოებით ერთნაირი რისკის მაჩვენებლებით, განაწილებულები კუთრი უბნებით, სრული სიგრძის მიხედვით. ხდება გაზსადენის თითოეული  $n$ -ური უბნის რისკის შეფასება და უნდა აიგოს გრაფიკი  $R$ -ის რისკის მაჩვენებლები გაზსადენის სიგრძის მიხედვით.  $R(n)$ -ის მიხედვით უნდა დადგინდეს  $n$ -ური უბანი, სადაც  $L_n$  არის  $n$ -ური ტრასის უბნის სიგრძე.

მაგისტრალური გაზსადენის ავარიების რისკის ხარისხის შეფასებისთვის მონაცემების მიხედვით, უნდა მოხდეს უბნების შერჩევა ყველაზე მაღალი რისკის მნიშვნელობებით. ამ უბნებისათვის, შესაბამისი და დაახლოებითი მაჩვენებლის მიხედვით (მაგალითად სისშირე ან მტყუნებები), იგება  $R(L_n)$ -ის ფუნქცია (ნახ.45).



ნახ.45. რისკის მაჩვენებლის განაწილების სახე, მაგისტრალური გაზსადენის ტრასის სახე

თუ რისკის მაჩვენებლის მნიშვნელობა ნორმატიულზე მეტია, მაშინ უნდა განისაზღვროს „მისაღები რისკის“ გარკვეული რიცხვი, რომლის შემდეგ უნდა ჩატარდეს დაწვრილებითი ანალიზი და რისკის მართვის ღონისძიების რეკომენდაციები უნდა შემუშავდეს.

მაგისტრალურ გაზსადენზე ავარიების დროს, ახასიათებენ ავარიების  $\bar{\lambda}$  სიხშირეს (მტყუნების საფრთხე), რომელიც სხვადასხვა უბნებისთვის განსხვავებულია. საჭიროა ავარიების ლოკალური გავლენის სიხშირის სისტემის კლასიფიკაცია და ფაქტორების დაჯგუფება, რაც უნდა მოხდეს ავარიების მტყუნების სტატისტიკური მონაცემებით. ჯგუფების ფარდობითი შენატანის ( $\Gamma_i, i=1,2,\dots,8$ ) მიხედვით, ჯამურ სტატისტიკაში ავარიული მტყუნებები ხდება წონითი  $p_i$  კოეფიციენტით (ცხრილი 25).

თვითეულ ჯგუფის  $\Gamma_i$ -ში, არსებობს ( $ji$ ) რაოდენობის ფაქტორების გავლენა. თვითეულ ფაქტორს გააჩნია სიმბოლო და ციფრულ გამოსახულება  $F_{ij}$ , სადაც  $i$  - არის ჯგუფის ნომერი,  $j$  - ჯგუფში ფაქტორის ნომერი.

$F_{ij}$ -ს ფაქტორის ფარდობით წილი (შენატანი) საკუთარი ჯგუფის შიგნით, ავარიული მტყუნების საფრთხეებისათვის, განიხილება გაზსადენის უბნის წონითი კოეფიციენტის საშუალებით ( $q_{ij}$ ).

#### ცხრილი 25

გაზსადენის უბნის ავარიული მტყუნების საფრთხეების წონითი კოეფიციენტები

	ჯგუფების აღნიშვნა და დასახელების ფაქტორები	ჯგუფის წილი, $p_i$
ჯგუფი 1	გარე ანთროპოგენური ზემოქმედება	0,12
ჯგუფი 2	კოროზია	0,18
ჯგუფი 3	მიღების ხარისხი	0,08
ჯგუფი 4	სამშენებლო-სამონტაჟო სამუშაოების ხარისხი	0,12
ჯგუფი 5	საკონსტრუქტორო-ტექნოლოგიური ფაქტორები	0,08
ჯგუფი 6	ბუნების ზემოქმედება	0,08
ჯგუფი 7	საექსპლუატაციო ფაქტორები	0,05
ჯგუფი 8	დეფექტები მილის ტანში და შედუღების ნაკერები	0,30

საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის ავარიების და მტყუნების სტატისტიკური მონაცემების მიხედვით, ჩვენს მიერ მიღებულია ცხრილი 1, იმის და მიხედვით, თუ როგორია სხვადასხვა ფაქტორების წვლილი



გაზსადენის განხილული უბნის ინტენსივობისთვის, განსხვავებული  $\bar{\lambda}$ -ს საშუალო სტატისტიკურისაგან (საშუალო სტატისტიკურის სიხშირე).

წარმოვადგინოთ, რომ გვაქვს ავარიების საშუალო სტატისტიკური პროცედურით უბნების დაყოფა, სადაც ხორციელდება თანმიმდევრობით და დამოუკიდებლად თვითეული  $F_{ij}$ -ს ფაქტორის გავლენა, ან  $F_i$ -ის ჯგუფების ფაქტორები. ნახტომის სიდიდე მოცემული ფაქტორებისათვის, განსაზღვრავს უბნების სიგრძეს და რიცხვს, რის შესაბამისად მიიღება დაზუსტებული შეფასების რისკი. ზოგადად, უბნების  $F_{ij}$ -ს ფაქტორისათვის, გვექნება ერთმანეთესიგან განსხვავებულ ფაქტორები.

ამგვარად, გაზსადენის განხილული უბნის ფაქტორებისათვის, გარკვეულად მიიღება განსხვავებული  $\bar{\lambda}$ -ს საშუალო სტატისტიკური სიდიდეები. ამიტომ ტრასის ნებისმიერ  $n$ -ურ უბანზე გვექნება განსხვავებული  $\lambda_n$ -ები:

$$\lambda_n = K_{MG} \bar{\lambda}. \quad (4.30)$$

სადაც  $\bar{\lambda}$  განისაზღვრება ავარიების სტატისტიკური მონაცემებით, მოცემული სრული მაგისტრალური გაზსადენისათვის [147,148].

კოეფიციენტი  $K_{MG}$  მიიღება, თვითეული  $F_{ij}$ -ის ფაქტორის გაანგარიშებით ამ საექსპერტო შეფასებით, ბალების რაოდენობით ( $B_{ij}$ ) - ათბალიანი შეფასებით, რომელიც ასახავს მისი გავლენის ინტენსივობას. კონკრეტული ტრასის  $n$  უბნისათვის, თანმიმდევრობით შეფასდება ინტენსივობის გავლენა თვითეული  $M = I \cdot J$  ფაქტორებისათვის. ბალების ყველა ფაქტორებისათვის ( $B_{ij}, i = 1, 2, \dots, I, j = 1, 2, \dots, J$ ), მიიღება ფორმულა  $K_{MG}$ -სათვის:

$$K_{MG} = \frac{F_n}{B^*}, \quad (4.31)$$

სადაც:

$$F_n = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^{J(i)} p_i q_{ij} B_{ij}; \quad (4.32)$$

$$B^* = \frac{I}{N} \sum_{n=1}^N \frac{F_n}{B}. \quad (4.33)$$

სადაც  $\bar{x}$  - არის ავარიების საშუალო სტატისტიკური მნიშვნელობები მოქმედ მაგისტრალურ გაზსადენზე (მინიმუმ 5 წელი);

$\bar{B}$  - საშუალო სტატისტიკური გაზსადენის ბალური (დაახლოებით 3 ბალი) რაოდენობა.

საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის ავარიების და მტყუნების სტატისტიკა ჩვენს მიერ მიღებულია ცხრილ 26-ის მიხედვით და შედგენილია მაგისტრალური გაზსადენის სხვადასხვა უბნებისათვის, ექსპლუატაციის ვადის მიხედვით,  $F_n$  ფაქტორებით, საექსპერტო გზით.

ცხრილი 26 მაგისტრალური გაზსადენის სხვადასხვა უბნის ექსპლუატაცია, საექსპერტო ფაქტორებით

$N_n/n$	მაგისტრალური გაზსადენის უბნის სახიათი	ექსპლუატაციის ვადა, წლები		
		$< 20$	$20 \div 30$	$> 30$
1	ტრასის უბნები, რომლებიც დაშორებულნი არიან დასახლებული პუნქტებიდან და სატრანსპორტო კომუნიკაციიდან, ჭაობებისა და მდინარეების გადასავლელების გარეშე	$2,7 \div 3,0$	$2,5 \div 2,7$	$2,3 \div 2,5$
2	ჭაობებისა და მდინარეების გადასასვლელები, მაღალი კოროზია, საიზოლაციის საფარის აღდგენის სიძნელეები	$4,6 \div 6,0$	$4,3 \div 5,9$	$4,1 \div 5,7$
3	საპაერო გადასასვლელები ხეებზე, მდინარეებზე, სატრანსპორტო კომუნიკაციები	$3,7 \div 4,3$	$3,5 \div 4,1$	$3,3 \div 4,0$
4	ჩამკეტი და დამხმარე არმატურა და განშტოებების (ღუპინგები) ადგილები	$4,3 \div 4,8$	$4,1 \div 4,6$	$3,9 \div 4,4$
5	ტრასის უბნები, რომლებიც გადიან მოსახლეობის მაღალი სიმჭიდროვის ადგილებში, ვანდალიზმი, მოქმედება მესამე პირების მიერ	$4,0 \div 5,0$	$3,8 \div 4,8$	$3,6 \div 4,6$
6	საკომპრესორო სადგურების ტრასის უბნები, რომლებიც წარმოადგენენ ციკლური დატვირთვის „წყაროებს“	$5,0 \div 7,0$	$4,8 \div 6,4$	$4,8 \div 6,1$
7	ტრასის უბნები მეწყერთ, გრუნტის მიიმე თვისებებით	$4,6 \div 6,0$	$4,3 \div 5,9$	$4,1 \div 5,1$

ყველაზე დიდი რისკი დაკავშირებულია მილის ძირითადი ლითონების და შედულების ნაკერის განივ რღვევასთან. კერძოდ, არსებობს კოროზიული ბზარები, სვიშები და გილიოტინური ხვრეტები.

საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის ავარიების და მტყუნების სტატისტიკისათვის, განივი ბზარის მახასიათებელი ზომა  $L_p$ , აპროქსიმირდება ვაიბულის განაწილებით [149,150,151]:

$$F(L_p) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{L_p}{0,7}\right)^{1,6}\right], \quad (4.34)$$

სადაც  $F(L_p)$  - წარმოადგენს  $L_p$ -ზე ნაკლებ სიდიდეს.

ერთ-ერთი დისკრეტული განაწილებისათვის დეფექტური ხვრეტის დროს, მიღებულია სამი მახასიათებელი ზომით  $L_p/D$ , ხოლო შესაბამისი ექვავილენტური ფართობისათვის  $S_{EF}$ , ნაჩვენებია ცხრილ 27-ში.  $S_{EF}$ -ის მნიშვნელობები მიღებულია დამახასიათებელი  $L_p/D$ -ს ზომა, რომელი ფორმისას შეფარდებით 8:1;  $D$  - მილსადენის პირობითი დიამეტრი;  $S_{0=} = \pi D^2 / 4$  - მილსადენის განივი კვეთის ფართობი [152,153,154]

ცხრილი 27

ფართობის ხვრეტების ( $S_{EF}$ ) დამახასიათებელი ზომები დეფექტური ხვრეტის პარამეტრები	ნახვრეტები $m = 1$	ბზარები $m = 2$	გილიოტინური გაგლეჯა $m = 3$
$L_p / D$	0,3	0,75	1,5
$S_{EF} / S_0$	0,0072	0,0448	0,179
გაგლეჯის წილი $f_m^{L_p}$	0,55	0,35	0,10

უბნების ავარიული ხვრეტის კუთრი სიხშირეები განისაზღვრება შემდეგი ფორმულით:

$$\lambda_m^c = \lambda_n f_m^{L_p}, \quad (4.35)$$

სადაც  $m = 1,2,3$  (ინდექსი), ხოლო  $\sum f_m^{L_p}$ .

მაგალითი: მაგისტრალური გაზსადენის ავარიების უბანი გვაქვს  $D = 100$  სმ და  $\lambda = 0,001$  ავარია/(კმწელი). მაშინ კოროზიული სვიშის კუთრი სიხშირე  $\lambda_1^c = 0,00055$  ავარია/(კმწელი). განივი მახასიათებელი  $L_p = 30,6$  სმ და  $S_{EF} = 117$  სმ<sup>2</sup>. შესაბამისად ბზარისათვის  $\lambda_2^c = 0,00035$  ავარია/(კმწელი),  $L_p = 76,5$  სმ,  $S_{EF} = 732$  სმ<sup>2</sup>. გილიოტინური გაგლეჯა:  $\lambda_3^c = 0,0001$  ავარია/(კმწელი),  $L_p = 153$  სმ,  $S_{EF} = 2813$  სმ<sup>2</sup>.

საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის ავარიების და მტყუნების სტატისტიკა ჩვენს მიერ საბოლოოდ მიღებულია ცხრილ 28-ის მიხედვით, რომელშიც ნაჩვენებია ინტეგრალური რისკის მაჩვენებლები.

### ცხრილი 28

საქართველოს მაგისტრალური გაზსადენის ავარიების და მტყუნების სტატისტიკა

რისკის მაჩვენებლების დასახელება	რისკის მაჩვენებლების მნიშვნელობა
ავარიის საშუალო მტყუნების საფრთხე $\bar{\lambda}$ , ავარია/1000 კმ წელი	0,16
ტრასაზე ავარიის შექმნის სისშირე (აღბათობა) წელიწადში	0,022

## დასკვნები

1. არსებული ლიტერატურის ანალიზის და მსოფლიოში გაზის სექტორის მიმოხილვის შედეგად შეიძლება დავასკვნათ, რომ დღეს საქართველოში გაზის სექტორში სუსტადაა შესწავლილი საიმედოობის, გარემოსდაცვითი ღონისძიების და გადაწყვეტილების მიღების პრინციპები, რაც მოითხოვს დამატებით კვლევას.

2. პირველად შემუშავებულია ატმოსფეროში ბუნებრივი გაზის გაფრქვევის დაბინძურების ამოცანა და მავნე ნივთიერებათა მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის დადგენის მოდიფიცირებული მეთოდიკა. პირველად შემუშავებულია პრინციპულად ახალი მიდგომა, კერძოდ შესრულებულია მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევისას მაქსიმალური კონცენტრაციების ველის დადგენა, ორგანიზებული და არაორგანიზებული გაფრქვევის შემთხვევაში.

3. პირველად წარმოდგენილია რეგულირების, ეკოლოგიური მენეჯმენტის და მონიტორინგის, უსაფრთხოებისა და რისკების ანალიზი ბუნებრივი გაზის სექტორში. კერძოდ, მიღებულია გაზმომარაგების ობიექტის მონიტორინგის გადაწყვეტილებების დანერგვის და განხორციელების სქემა, სოციალურ-ეკოლოგიური ფაქტორების გათვალისწინებით

4. შექმნილია გაზმომარაგების ობიექტების ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორების თვისობრივი მოდელის შეფასება. შესრულდა გაზმომარაგების ობიექტების ეკოლოგიური რისკ-ფაქტორის თვისობრივი მოდელის შეფასების ამოცანა.

5. შესწავლილია შემდეგი ამოცანების გადაწყვეტა: საკომპრესორო სადგურის საფრთხის ანალიზის თვისობრივი მეთოდი; მაგისტრალური გაზსადენების „მტყუნების და ხდომილებების ხეს“ მეთოდები და საკომპრესორო სადგურისათვის „მტყუნებების ხეს“ მეთოდი;

6. განსხვავებით არსებული მეთოდებისაგან, ჩატარებულია უბედური შემთხვევების სტატისტიკური განაწილება მძიმე კუდებით, მიღებულია

ცხადი ანალიზური გამოსახულება, რაც იძლევა პრაქტიკულ და ზუსტ შედეგს.

7. შესწავლილია გაზგამანაწილების ქსელის ტექნოლოგიური ნორმატიული დანაკარგის დადგენა და სხვადასხვა წნევის ქსელების ჯამური დანაკარგის გადანაწილების ანალიზური გამოსახულებები.

8. ნატურულმა და ექსპერიმენტულმა გამოკვლევებმა ცხადყო საქართველოს გაზგამანაწილების მეურნეობების საიმედოობის მაჩვენებლები, კერძოდ მტყუნების საფრთხეების და აღდგენების ინტენსივობების ინტეგრალური მახასიათებლების დადგენა, რომლებიც ქმნიან საორინტაციო საინფორმაციო ბაზას.

9. ნაშრომში შემუშავებულია რეკომენდაციები და კონკრეტული წინადადები საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების ეროვნულ კომისიისათვის და სხვა ორგანიზაციებისათვის. კვლევების შედეგების პრაქტიკაში დანერგვა საშუალებას იძლევა შემუშავებული იქნას მეცნიერულად დასაბუთებული გეგმა სემეკისათვის და სხვა ორგანიზაციებისათვის. კვლევების შედეგები გადაეცა საქართველოს ენერგეტიკისა და წყალმომარაგების მარეგულირებელ ეროვნულ კომისიას და მის მიერ მიღებულია დადგენილება №26, 2010 წლის 18 ნოემბერი, ქ. ქუთაისი. ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ნორმატიული დანაკარგის ოდენობის გაანგარიშების წესის“ დამტკიცების შესახებ (საქართველოს საკანონმდებლო მაცნე III, 24.11.2010 № 153 მუხ. 2182).

## ლიტერატურა

1. <http://www.oilandgasiq.com/glossary/natural-gas/>, ბუნებრივი გაზი, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 08.03.2012
2. Gas Engineers Handbook. New York: Industrial Press Inc. 2000. 2000, pp 8/1-10/1
3. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/stroitel/11584> - ვობეს რიცხვი, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 08.03.2012
4. [http://ec.europa.eu/competition/sectors/energy/overview\\_en.html](http://ec.europa.eu/competition/sectors/energy/overview_en.html) - Liberalisation of the electricity and gas markets - გაზომომარაგება ევროპაში, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 11.03.2012
5. Arentsen M.J., Kneke R.W. National reforms in European Gas. Amsterdam: Elsevier. 2003, 327
6. <http://iformatsiya.ru/tab1/728-razvedannye-zapasy-gaza-2011.html> - მსოფლიოში დაზვერილი გაზის მარაგები, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 11.03.2012
7. <http://www.gazprom.ru/about/marketing/europe/> - მსოფლიო ექსპორტი, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 11.03.2012
8. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BB%D0%B0%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%D1%8B%D0%B9%D0%B3%D0%B0%D0%B7> - ფიქალის გაზი, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 08.03.2012
9. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B6%D0%B8%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9%D0%B3%D0%B0%D0%B7> - გათხევადებული გაზი, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 08.03.2012
10. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%B7> - ბიოგაზი, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 08.03.2012
11. Баадар В., Доне Е. Биогаз. Теория и практика. М.: Брендерфер, 2000, 331 с
12. <http://www.konoplyanik.ru/ru/publications/articles/081204-Konopliank> - უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 11.03.2012
13. <http://mfd.ru/calendar/details/?id=56> – აშშ-ში დაზვერილი გაზის მარაგები, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 11.03.2012
14. <http://www.cdu.ru/articles/detail.php?ID=298850> – გაზის წარმოება აშშ-ში, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 11.03.2012
15. გოჩიტაშვილი თ. ევროპაში დამატებითი გაზის მიწოდების ალტერნატიული პროექტი. სნგკ. სტრატეგიული კვლევებისა და ანალიზის ჯგუფი. ბაკურიანი: 2009, 46 გვ
16. [http://www.opec.org/opec\\_web/en/about\\_us/25.htm](http://www.opec.org/opec_web/en/about_us/25.htm) – OPEC, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 12.03.2012
17. Global Insight Estimation of industrial buyers' potential demand response to short periods of high gas and electricity prices. Report for DTI and OFGEM. 20 May
18. <http://news.mail.ru/politics/8020996/>. Поставки природного газа в страны Европы, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 12.03.2012

19. Armstrong M., Govan S., Vickers J. Regulatory Reform. Economic, Analysis and British Experience. USA, Cambridge: The MIT Press. 1994, 224 p
20. <http://www.erranet.org/> - Energy Regulators Regional Associations, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 13.03.2012.
21. Sorenyi G. Changing Regulatory Focus of the Past 10 Years Changing Market Structures and the Regulatory Environment. *10<sup>th</sup> Energy Investment & Regulation International Conference ERRA*. Petersburg. Russia: May 16-17, 2012, pp 45-49.
22. Van der Linde, C.J., Stern, J. Correlje, A., de Jong D., Tonjes, C. (2004) The Future of Gas: Will Reality Meet Expectation? *Presented at the 9<sup>th</sup> International Energy Forum.*, Amsterdam: 22-24 May , 2004, pp 37-42.
23. Roberts A. and Harman J. Regulatory Principles for Competitive Market Outcomes for Pipeline Transportation Services. Canberra: Tourism and Resources, 2002, p 129;
24. Де Йонг Д. Рыночное влияние либерализации. Газовая неделя ЭРРА Венгрия, Будапешт: 2008, сс 47-53;
25. Кадерьяк П. Спрос: эволюция спроса во времени, глобально, *ЕС, ЭРРА конференция по регулированию газа и ЦО*. Венгрия, Будапешт: 2008, сс 76-83
26. <http://www.es.gov.lv/kak-dejstviet-es/agentstva> - ACER ენერჯეტიკის მარეგულირებელთა თანამშრომლობის სააგენტო. უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული -15.03.2012.
27. Dano J. Project Implementation and the Regulatory Implications of the North Stream Gas Pipeline. *10<sup>th</sup> Energy Investment & Regulation International Conference ERRA*. S.Petersburg. Russia: 2012, pp 112-120.
28. Янкаускас В. Эволюция институтов регулирования энергетики в ЕС. *Международная конференция ИНОГЕЙТ*. Бельгия. Брюссель. 2007, сс 36-41.
29. Янкаускас В. Регулирование энергетики в странах Балтии. *Международная конференция ИНОГЕЙТ*. Бельгия. Брюссель: 2007, сс 42-47.
30. Correlje A. F., J.G. van der Linde R. Snijder, J.J. de Jong C. Tonjes. The paradigm change in international natural gas markets and the impact on regulation. Netherland: Delta Institute. International Energy Press, 2006, pp 45-49.
31. ერისთავი ე., ჩომახიძე დ., ცინცაძე პ. ენერჯეტიკის რეგულირების საფუძვლები. წიგნი I. თბილისი: თერგი, 2000, 332 გვ.
32. ერისთავი ე., ჩომახიძე დ., ცინცაძე პ. ენერჯეტიკის რეგულირების საფუძვლები. წიგნი II. თბილისი: თერგი, 2001, 395 გვ.
33. Transmission. Book T-1. Pipelines/Planning and Economics. (Gas Engineering and Operating Practice Series). USA: American Gas Association. A.G.A., 1989, 56 p.
34. Transmission. Gas Control. Book T-4. (Gas Engineering and Operating Practice Series). USA: American Gas Association A.G.A., 1992, 149 p.
35. Transmission. Gas Control. Book T-4. Volume 2 (Gas Engineering and Operating Practice Series). USA: American Gas Association, A.G.A., 1992, 149 p.
36. Distribution. Book D-1. System Design. (Gas Engineering and Operating Practice Series). USA: American Gas Association, A.G.A., 1990, 356 p
37. Corrosion Control/System Protection. Book TS-1. (Gas Engineering and Operating Practice Series). USA: American Gas Association, A.G.A. 1986, 209 p.
38. [http://www.pravo.vuzlib.net/book\\_z1568\\_page\\_73.html](http://www.pravo.vuzlib.net/book_z1568_page_73.html). Понятие природной монополии. Субъект природной монополии и его обязанности, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული – 15.03.2012.



39. <http://encyclo.findlaw.com/5400book.pdf>. Regulation of Natural Monopoly. Ben W.F. Depoorter. Researcher Center for Advanced Studies in Law and Economics, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 15.03.2012.
40. Белова С.В. Охрана окружающей среды. М.: Высшая школа, 1983, 264 с
41. Путилов А.В., Копрев А.А., Петрухин Н.В. Охрана окружающей среды. М.: Химия, 1991, 224 с.
42. ნამგალაძე დ., ქავთარაძე ი., Модифицированный метод оценки экологической ситуации при выбросе метана из магистрального газопровода. Tbilisi: Georgian Engineering News. #4., 2009, გვ 88-91.
43. Tobin J. “Natural Gas Market Centers and Hubs”: Washington DC: Energy Information Administration., 2003, 117 p.
44. Stern J.P. Traditionalists versus the New Economy: Competing agendas for European gas markets to 2020., London: *Royal Institute of International Affairs, Energy and Environmental Programme. Briefing Paper No. 26.*, 2001, pp 38-46.
45. Natural Gas Wholesale Markets. *Training course on regulation of energy utilities. European University Institute.* Florence: Module 8., 2007, 28 p.
46. Белов С.В. и др. безопасность производственных процессов. М.: Машиностроение, 1983, 448 с.
47. Namgaladze D. Non-Traditional Tasks of Pressure Hydrodynamics. Tbilisi: “Isari”, 1994, 84 p.
48. Гурвич Е. Экологические последствия субсидирования энергетического сектора. Вопросы экономики. № 6, Москва: 1998, сс 57-64
49. Глухов В.В. и др. Экономические основы экологии. Москва : Специальная литература. 1995. 280 с
50. Erb E., Harvey B.. Political Risk. Economic Risk and Financial Risk. *Financial Analysts Journal.* November/December. 1995, pp 77-89
51. Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономические методы управления природопользованием. Москва: Наука, 1993. 136 с
52. Larrain G., Reimut H., Von Maltzan J..Emerging Market Risk and Sovereign Credit Ratings. OECD`s Technikal paper No. 124. 1997, pp 57-69.
53. Стефанишин Д.В. Оценка риска перелива воды через плотины. *Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. Ленинград:* 1991, т.224. сс 76-82.
54. Акимов В.А., Коноплев С.П., Авдотьин В.П. О стратегических рисках и их роли в обеспечении национальной безопасности. *Региональные риски ЧС и управление природной и техногенной безопасностью муниципальных образований. Материалы девятой Всероссийской научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 20-21 апреля 2004 г.* МЧС России. Москва: Триада, Лтд., 2004, с.262-270.
55. Derivatives and Risk Management in the Petroleum, Natural Gas, and Electricity Industries. Washington DC, 20585: Energy Information Administration, U.S. Department of Energy, October 2002, pp 56-84.
56. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. Москва: Машиностроение, 1990, 371 с.
57. Ивацинцев Д.А., Стефанишин Д.В., Векслер А.Б. Экологические и социально-демографические последствия гидротехнического строительства (проблемы безопасности и риска). Москва: Гидротехническое строительство, 1993, №12. сс 8-13.
58. Оралов С.В. Организационно-экономическое регулирование развития рынка газа. Специальность 08.00.05-Экономика и управление народным хозяйством.

- Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата экономических наук. Москва: 2008, 31 с.
59. Lyle C. Regional Gas Market Development. *10<sup>th</sup> Energy Investment & Regulation International Conference of ERRA*. May 16-17, 2012. S. Petersburg: 2012, pp 19-24.
60. Davis P.G., Groot M.B. Economic scour protection with adequate for structural safety. *Proc. of 20-th IAHR Congress*. Moscow: 1983, Vol.3. pp 547-555
61. Freudenthal A.M. Safety and probability of structural failure. *Proc. ASCE*. USA:1954, No. 408, 1854, pp 25-37
62. Rosenblueth E. Optimum reliability and optimum design. *Structural safety. Proc. ASCE*. USA: 1986, Vol.3, No.1. pp 69-83.
63. Хенді У., Кумамото Х. Надійсне проектування технічних систем і оцінка ризику. Київ: Вища школа, 1989, 56 с.
64. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология. Москва: МГУИЭ. 2000, 504 с.
65. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник. Т. 1-3. Калуга: Специальная литература, 2003, 1019 с.
66. [http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5\\_%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D1%8B](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%8F%D0%B7%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B0%D1%82%D0%BC%D0%BE%D1%81%D1%84%D0%B5%D1%80%D1%8B) –Загрязнение атмосферы Земли , უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 15.03.2012.
67. <http://www.velaspb.ru/05.html> - Промышленные выбросы в атмосферу, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 15.03.2012.
68. Телегин Л.Г., Ким Б.И., Зоненко В.И. Охрана окружающей среды при сооружении и эксплуатации газонефтепроводов. Москва: Недра, 1988, 354 с.
69. <http://unfccc.int/2860.php>. - United Nations Framework Convention on Climate Change, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული 20.04.2012.
70. Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: Справочник. Л.: Химия, 1985, 428 с.
71. Внуков А.К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов. Справочник. Москва: Энергоатомиздат, 1992, 176 с
72. [http://www.globalmethane.org/documents/methane\\_analysis\\_fs\\_rus.pdf](http://www.globalmethane.org/documents/methane_analysis_fs_rus.pdf) - Глобальные выбросы метана и возможности их снижения, უკანასკნელად იქნა გადამოწმებული - 15.03.2012.
73. Namgaladze D., Kavtaradze I. The qualitative model of assessing the ecological risk factor of a gas-main and some aspects of its reliability. Lithuania, Kaunas: *Energetika*. 2011, T. 57. # 1 p 11-19.
74. დებულება “მაგნე ნივთიერების წლიური გაფრქვევის ზღვრული მნიშვნელობისა და მაგნე ნივთიერების წლიური გაფრქვევის დროებით შეთანხმებული მნიშვნელობის გაანგარიშების მეთოდისა და ლიმიტის შევსების წესის შესახებ”. თბილისი: საქართველოს გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვის მინისტრის ბრძანება № 70. 11.12.2000, 18 გვ.
75. Методические указания по определению экономической эффективности природоохранных мероприятий в газовой промышленности. Москва: Изд. Стандартов, 1988, 34 с.
76. РД “Руководство по определению норм выбросов вредных веществ в атмосферу объектами транспортирования и хранения природного газа”. Тбилиси: Изд. Стандартов, 1985, 42 с.

77. РД 51-79-83. Методика определения загрязнения воздуха рабочей зоны при санитарно-технической паспортизации объектов мингазпрома. Оренбург: Изд. Стандартов, 1983, 53 с.
78. РД 51-100-85. Руководство по нормированию выбросов загрязняющих веществ в атмосферу на объектах транспорта и хранения газа. М.: Изд. Стандартов, 1985, 63 с.
79. Фомин Г.Ф., Астахов В.А. Контроль за воздухом на газоперерабатывающих комплексах. Москва: Недра, 1990, 180 с.
80. РД 51-131-87. Руководство по установлению нормативов санитарно-защитных зон для объектов транспорта и хранения газа. Москва: Изд. Стандартов, 1988, 44 с.
81. ატმოსფერულ ჰაერში მავნე ნივთიერებათა ზღვრულად დასაშვები ან/და დროებით შეთანხმებული გაფრქვევის ნორმების გაანგარიშების მეთოდის შესახებ დებულების დამტკიცების თაობაზე საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროს 2008 წლის 20 ოქტომბრის ბრძანება №705.
82. Инструкция по расчету предельно допустимых и фактических выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях газовой промышленности. Москва: ВНИИГАЗ, 1983, 67 с.
83. ნამგალაძე დ., ინგოროყვა დ. მაგისტრალური გაზსადენების დინამიკა. თბილისი: „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2006, 118 გვ.
84. ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირების და შენახვის ობიექტების მიერ ატმოსფეროში მავნე ნივთიერებათა გაფრქვევის ნორმების სახელმძღვანელო (სახელმძღვანელო-ნორმატიული დოკუმენტი), თბილისი: სტანდ. გამ., 1985, 47 გვ.
85. გურგენიძე დ., ნამგალაძე დ. ენერგეტიკული ობიექტების ეკოლოგიური დაცვა. თბილისი: „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2006, 178 გვ.
86. Скалкин Ф.В., Канаев А.А., Копп И.З. Энергетика и окружающая среда. Ленинград: Энергоиздату, 1981, 192 с.
87. Векслер А.Б., Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В. Надежность, социальная и экологическая безопасность гидротехнических объектов: оценка риска и принятия решения. Санкт-Петербург: Изд. ВНИИГ, 2002, 413 с.
88. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. Москва: Изд. стандартов, 1990. 54 с.
89. Белов П.Г. О стратегических рисках и их роли в обеспечении национальной безопасности. Управление риском. М.: 2003, №3. с 18-24
90. Мирцхулава Ц.Е. Прогнозирование общего размыва в мостовых переходах и в местах пересечения рек нефтегазопроводами с учетом времени. Тбилиси: Мецниереба, 2001, 39 с.
91. Мирцхулава Ц.Е. Экологические нарушения (предсказание риска нарушения, меры по снижению опасности). Тбилиси: Мецниереба, 1993, 437 с.
92. Archer R. Regulatory Progress and Future Challenges. *10<sup>th</sup> Energy Investment & Regulation International Conference ERRA*. May 16-17, S. Petersburg, Russia: 2012, pp 57-63.
93. Медведева В.Т. Инженерная экология. Учебник. Москва: Гардарики. 2002. 687 с.
94. Гермейер Ю.Б. Введение в теорию исследования операций. Москва: Наука, 1971, 277 с.
95. Беляев Л.С. Решение сложных оптимизационных задач в условиях неопределенности. Новосибирск. Наука, 1978, 398 с
96. Wald A. Statistical decision functions. N.Y.: J.Willey & Co., 1997, 211 p.

97. Кондратьев С.Ю., Суворова В.В., Мартынюк В.Ф. Идентификация признаков предаварийных ситуаций на опасных производственных объектах с помощью редуцированной декомпозиции угроз и логико-графического метода «дерево отказов». Нефть, газ и бизнес. М., 2006, № 6. с.47-51.
98. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования. Москва: Изд. Стандартов, 1991, 54 с.
99. Хенли Э., Кумамото Х. Надёжность технических систем и оценка риска. Москва: Машиностроение, 1984, 520 с.
100. Арнольд В.И. Теория катастроф. М.: Наука, 1990, 442 с.
101. Hassard B.D., Kazarinoff N.D. Wan Y.H. Theory and applications of Hopf bifurcation. UK: Cambridge University Press, 1981, 217 p.
102. Малинецкий Г.Г. Теория риска и безопасность с точки зрения нелинейной динамики и системного анализа//глобальные проблемы как источник чрезвычайных ситуаций. Москва: УРСС, 1998, с 216-241
103. Воробьев Ю.Л., Малинецкий Г.Г., Махутов Н.А. Теория риска и технология обеспечения безопасности. Подход с позицией нелинейной динамики. Часть I//Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуациях. Москва: Недра, 1998, №11. с 5-21.
104. Хэссард Б., Казаринов Н., Вэн И. Теория и приложения бифуркации рождения цикла. Москва: Мир, 1985, 198 с.
105. Хакен Г. Синергетика. Москва: Мир, 1980, 327 с.
106. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности. М.: СИНТЕГ, 2000, 332 с.
107. Арчegov В.Г., Парфутин М.А. К вопросу комплексной оценки ущерба от аварий и катастроф природного и техногенного характера. *Тезисы докладов и выступлений научно-практической конференции “Безопасность населения г. Москвы и меры снижения риска от чрезвычайных ситуаций”*. Москва: 1997, с 97-100.
108. Луман Н. Понятие риска. Москва: *THESIS*, 1994, #5. с 135-160.
109. Platt N., Spiegel E.A., Tressor C. On-off intermittency: A mechanism for bursting. *Phys. Rev. Lett.* USA: 1993. V.70. p 279-282.
110. Найт Ф. Понятие риска и неопределенности. Москва: *THESIS*, 1994, #5. с 12-28.
111. Reiss R.D., Thomas M. Statistical analysis of extreme values. Basel: Birkauer, 1997, 316 p.
112. Гражданкин А.И. Опасность и безопасность. *Безопасность труда в промышленности*. 2002, N9. с 41-43.
113. Гражданкин А.И., Дегтярев Д.В., Лисанов М.В., Печеркин А.С. Основные показатели риска аварии в терминах теории вероятностей. *Безопасность труда в промышленности*. М.: 2002, N7. – сс 35-39.
114. Григорьев А.И., Подгрушный А.В. Общий подход к оценке уровня безопасности объектов региона. *Безопасность труда в промышленности*. Москва: 2006, №04. сс 21-25.
115. Гражданкин А.И., Печеркин А.С. О влиянии “управления комплексным риском” на рост техногенного характера. *Безопасность труда в промышленности*. Москва: 2004, №03. сс 48-49.
116. Гражданкин А.И. Научно-технический семинар «Промышленная безопасность». *Безопасность труда в промышленности*. Москва: 2002, №6. сс.44-45.
117. Fujisaka H., Yamada T.A. A new intermittency in coupled dynamical systems. *Progr.Theor.Phys.* USA: 1985, V.74. pp 918-921.
118. Sornette D. Linear stochastic dynamics with nonlinear fractal properties. UK: *Physica A*. 1998, V.250. p 295.

119. Ивашинцов Д.А., Стефанишин Д.В., Векслер А.Б. Проблемы оптимизации инженерных решений в гидроэнергетике с учетом экологических и социальных требований. *Труды международной научной конференции “Стохастические модели гидрологических процессов в приложении к проблемам окружающей среды”*. Москва: ИВП РАН, 23-27 ноября. 1998, сс 27-36.
120. Клима И. Оптимизация энергетических систем. Москва: Высшая школа, 1991, 271 с.
121. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов, 1.01.2001, М.: Изд. Стандартов, 2001, 27 с.
122. Лаукс Д., Стединжер Дж., Хейт Д. Планирование и анализ водохозяйственных систем. Москва: Энергоатомиздат, 1984, 346 с.
123. ნამგალაძე დ., ქავთარაძე ი. О принятии и оптимизации решений внедрения энергообъектов с учетом социально-экологических факторов. *საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები”*. ქუთაისი. საქართველო: 21-22 მაისი 2010, გვ 105-109.
124. ქავთარაძე ი.. Экологический риск-фактор магистрального газопровода и качественная модель его оценки. *საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენცია “ენერგეტიკა: რეგიონული პრობლემები და განვითარების პერსპექტივები”*. ქუთაისი. საქართველო: 21-22 მაისი 2010, გვ 122-125.
125. Шаммазов А.М., Александров В.Н., Гольянов А.И. и др. Проектирование и эксплуатация насосных и компрессорных станций: Учебник для ВУЗов. М.: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2003, 404 с.
126. Березин В.Л., Бобрицкий Н.В. Сооружение насосных и компрессорных. М.: Недра. 1997, 237 с
42. Creti A., Villeneuve B. Long-term contracts and take-or-pay clauses in natural gas markets. *Energy Studies Review*, UK: 2004, Vol. 13, No. 1. pp. 75-94.
127. Davis J.D. Blue Gold: The Political Economy of Natural Gas. London: George Allen & Unwin, 1984, 219 p.
128. Estrada J. Moe, A. Martinsen K.D. (1995) The Development of European Gas Markets: Environmental, Economic and Political Perspectives Chichester. USA: John Wily & Sons., 1995, 337 p.
129. MacAvoy P.W. The Natural Gas Market: Sixty Years of Regulation and Deregulation. USA, New Haven, Connecticut: Yale University Press., 2000, 227 p.
130. Michot Foss M. Global Natural Gas Issues and Challenges: A Commentary. USA: *The Energy Journal*. 2005, Vol. 26, No. 2, pp. 111-128.
132. Методика определения и нормирование расходов газа на технические потери при эксплуатации магистральных газопроводов. Министерство газовой промышленности. Всесоюзное промышленное объединение по добыче газов УССР. Харьков: “УКРНИИГАЗ”, 1981, 49 с.
133. მაგისტრალური გაზსადენებით ბუნებრივი გაზის ტრანსპორტირებისას ტექნოლოგიური დანაკარგების ნორმატივი. დარგობრივი ნორმატივი ОД.3.04.97. თბილისი: სათბობ-ენერგეტიკის სამინისტრო, 1998, 18 გვ.
134. მესტირიძევილი, შ. გიორგობიანი ი. და სხვ. მაგისტრალურ გაზსადენებში აკუმულირებული გაზის რაოდენობით გამოწვეული ტექნოლოგიური დანაკარგები. თბილისი: *ენერჯია*, 2002., 1 (21). გვ 47-53
135. Багдасаров В.А. Потери газа в городском газовом хозяйстве. Л.: Недра. 1972, 264 с.

136. Белодворский Ю.М. Утечки газа, их причины и устранения. Москва: Недра, 1968, 259 с.
137. Методика определения расходов газа на технологические нужды предприятий газового хозяйства и потерь в системах распределения газа. РД 153-39.4-079-01. Саратов: Гипрониигаз, 2001, 55 с.
138. Методика определения производственно-технологических потерь природного газа во время его транспортировки газораспределительными сетями. Украина, Киев: Гипрониигаз., 2003, 48 с.
139. Методика расчета расхода природного газа на технологические нужды и технические потери в распределительных сетях. Молдова, Кишинев: Гипрониигаз, 2001, 47 с.
140. ნამგალაძე დ., ქავთარაძე ი., ლომიძე ი. ბუნებრივი გაზის გამანაწილებელ ქსელში ტექნიკური დანაკარგის წნევების მიხედვით გადანაწილების მეთოდი. თბილისი: *ენერჯია*, №1 (53), 2010, გვ 15-19.
141. Намгаладзе Д., Самхарадзе З., Данелия С. Определение параметров внутренней и внешней потери металла для нефтепроводов, находящихся в эксплуатации, на основании натурных исследований. Тбилиси: *Georgian Engineering News*. 2000, № 4. გვ 71-78.
142. Намგალაძე დ., სამხარაძე ზ., დანელია ს. Вплив агресивності ґрунту на імовіризовнішніх корозійних западин нафтопроводів, що експлуатуються. Київ: *Нафтова і газова промисловість*. №5. 2001, сс 56-62.
143. Уалкер Э. Эффективность систем. Справочник по надежности. Москва: Мир, 1969 (Т.1). 1992, 226 с
144. ნამგალაძე დ. ენერგეტიკული ობიექტების მექანიკური მოწყობილობის საიმედოობის სპეციალური ამოცანები. თბილისი: „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2008, 106 გვ.
145. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справлчник по математике. М., Лейпциг: Наука. Тойбнер, 1981, 687 p.
146. Shooman M.L. Probabilistic Reliability: an Engineering Approach. New York: McGraw-Hill, 1968, 341 p.
147. РД. Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах. РД 153-39.4-114-01. 20.02.2002. М.: Izd. standartov, 2002, 73 p.
148. ქავთარაძე ი. საიმედოობის მაჩვენებლების განსაზღვრა გაზგამანაწილებელი მეურნეობების ნატურული მონაცემების მიხედვით. „*ინტელექტი*“: თბილისი: 2011, №3 (41). გვ. 102-105.
149. Капур К., Ламберсон Л. Надежность и проектирование систем. Москва: Мир, 1980, 604 с
150. ВРД 39-1.10-043-2001. Положение о порядке продления ресурса магистральных газопроводов ОАО Газпром, 21.07.2001. Москва: Изд. Стандартов, 2001, 78 с
151. Бородавкин П.П., Березин В.Л. Сооружение магистральных трубопроводов. М.: Недра, 1987, 471 с
152. Чирсков В.Г., Березин В.Л., Телегин Л.Г. и др.Строительство магистральных трубопроводов: Справочник. Москва: Недра, 1991, 475 с
153. ВРД 39-1.10-004-99. Методические рекомендации по количественной оценке состояния магистральных газопроводов с коррозионными дефектами, их ранжирования по степени опасности и определения остаточного ресурса.05.03.2000. Москва: Изд. Стандартов, 2000, 57 с.
154. СНиП 2.05.06-85. Магистральные трубопроводы. Госстрой России. М.: ГУП ЦПП, 2001, 60 с.

