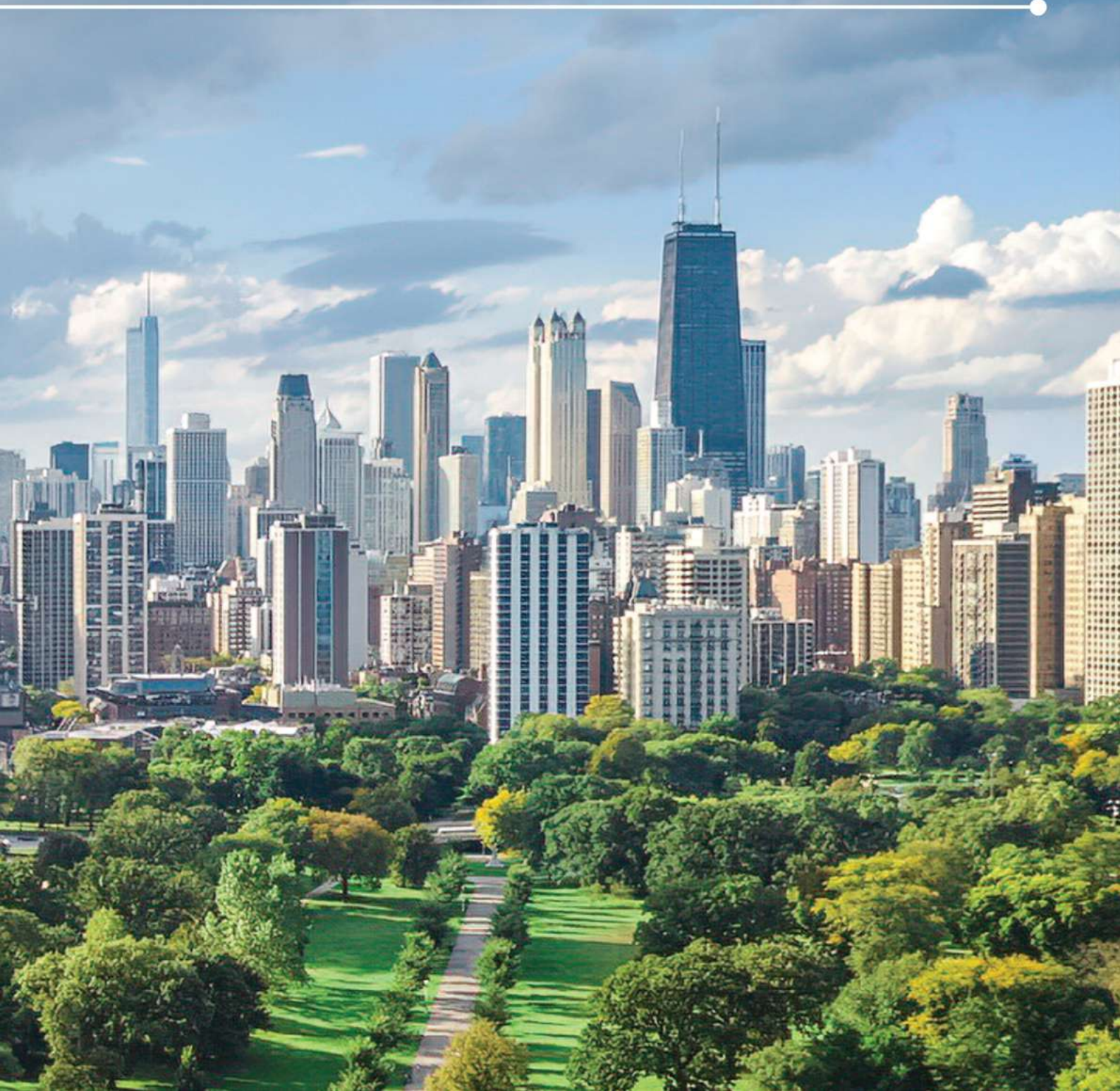


ფიზიკა  
ბიოლოგია  
გეოგრაფია  
ქიმია



მეცნიერება და  
ტექნოლოგიები

# საცხოვრებელი გარემო და აკოლოგია



სახელმძღვანელო მომზადებულია გაეროს განვითარების პროგრამისა (UNDP) და შვეიცარიის განვითარებისა და თანამშრომლობის სააგენტოს (SDC) მხარდაჭერით.

საქართველოს განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნულ ცენტრის და გაეროს განვითარების პროგრამის საგრანტო პროექტის „საქართველოში სოფლის მეურნეობასთან დაკავშირებული სისტემების გაფართოება და პროფესიული განათლების მოდერნიზაცია, ფაზა - II“ ფარგლებში.

წინამდებარე გამოცემაში გამოთქმული მოსაზრებები ავტორისეულია და შეიძლება არ ასახავდეს გაეროს განვითარების პროგრამის, შვეიცარიის განვითარებისა და თანამშრომლობის სააგენტოს და სსიპ განათლების ხარისხის განვითარების ეროვნული ცენტრის თვალსაზრისს.

სახელმძღვანელო წარმოადგენს განათლებისა და მეცნიერების სამინისტროს საკუთრებას და განკუთვნილია პროფესიული განათლების სტუდენტებისთვის, რომლებიც პროფესიული საგანმანათლებლო პროგრამის ფარგლებში გაივლიან საშუალო განათლების კომპონენტსაც.

სახელმძღვანელოზე მუშაობდა ავტორთა ჯგუფი:

- ზურაბ ბერია;
- ნანა ზაალიშვილი;
- მაია ბლიაძე;
- ნათია არაბული

მადლობას ვუხდით ქალბატონებს დინა ქიმერიძეს, ნათელა ჩაჩავას და ბატონებს მალხაზ შატბერაშვილს, გიორგი ლომიძეს, ოლეგ გაბრიაძეს და ლევან აბაშიძეს სახელმძღვანელოს ფიზიკის ნაწილის შექმნაში შეტანილი წვლილისთვის.

რედაქტორი: **ლია თოფურია**

გრაფიკული დიზაინერები: **ვერა პაპასკირი, ირინა ქიტუაშვილი**

საავტორო უფლებები დაცულია



საქართველო, თბილისი, 2021

# სარჩევი

## 4. ფიზიკა. თემა IV

1. ნივთიერება	
1.1. ნივთიერების შედგენილობა	7
1.2. მოლეკულურ-კინეტიკური თეორია	9
1.3. დიფუზია	13
1.4. ბროუნის მოძრაობა	15
1.5. ტემპერატურა	16
1.6. ნივთიერების რაოდენობა	17
2. იდეალური აირი	
2.1. აირების კვლევის ისტორია	18
2.2. იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება	20
3. იზოპროცესები	21
4. თერმოდინამიკის პირველი და მეორე კანონი	24
5. სითბური ძრავები და შიგაწვის ძრავა	27
6. კაპილარული მოვლენები	
6.1. ზედაპირული დაჭიმულობა	29
6.2. კაპილარული მოვლენები	33
7. რადიაქტიურობა	
7.1. $\alpha$ , $\beta$ და $\gamma$ გამოსხივება	35
7.2. ატომის აგებულება	37
7.3. ბორის პოსტულატები. ნახევარდაშლის პერიოდი	39
8. ბირთვის ბმის ენერგია. მასის დეფექტი	41
9. ჯაჭვური რეაქციები. ბირთვული რეაქტორი	43

## 4. ბიოლოგია. თემა I

1. ეკოსისტემა. აბიოტური ფაქტორები, სინათლე	49
2. აბიოტური ფაქტორები. ტემპერატურა. ტენიანობა	53
3. ნიადაგის სტრუქტურა. ნიადაგის მნიშვნელობა ორგანიზმებისათვის	57
4. ურთიერთობანი ორგანიზმებს შორის თანასაზოგადოებაში	62
5. კვებითი ჯაჭვი. კვებითი ქსელი	66
6. ნივთიერებათა წრებრუნვა და ენერჯის გადაცემა ეკოსისტემაში	70
7. ბიომრავალფეროვნება და ადამიანის საქმიანობის გავლენა გარემოზე	74



**4. გეოგრაფია. თემა I**

4.1. გეოგრაფიული გარემო ..... 83

4.2. სტიქიური მოვლენები და ბუნებრივი კატასტროფები ..... 93

4.3. ბუნებრივი კატასტროფები

4.3.1 გეოლოგიურ-ტექტონიკური, მეტეოროლოგიურ-კლიმატური და ჰიდროლოგიური კატასტროფები (მიწისძვრა, ცუნამი, მეწყერი, ზვავი) ..... 102

4.3.2 მეტეოროლოგიურ-კლიმატური კატასტროფები (ქარები – შტორმი, ტორნადო, ტროპიკული ციკლონები. გვალვა, სეტყვა) ..... 113

4.3.3 ჰიდროლოგიური კატასტროფები (წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, დვარცოფი); ..... 120

4.3.4 ანთროპოგენური (ტექნოგენური) კატასტროფები (ავარიები და აფეთქებები თბო, ჰიდრო და ატომურ ელექტროსადგურებზე; ნავთობის ჩაღვრა ზღვებსა და ოკეანეებში; ქიმიური ნივთიერებების გაჟონვა) ..... 126

4.4. დაცული ტერიტორიები ..... 136

**4. ჭიშია. თემა I**

4.1. ნავთობი და ნავთობპროდუქტები ..... 149

4.2. ეკოლოგია ..... 166

4.3. მწვანე ქიშია ..... 183

# მეცნიერება და ტექნოლოგიები



## თემა IV

### საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია

#### ნივთიერებები

ამ თავში განვიხილავთ ნივთიერებებს, მათ აგებულებას, შედგენილობას; გავარკვევთ რატომ და რითი განსხვავდებიან ნივთიერებები ერთმანეთისგან და როგორ დამოკიდებულებაში არიან ერთმანეთთან ნივთიერების შემადგენელი ნაწილები.

# ფიზიკა IV თემა

## ძირითადი საკითხი:

### ნივთიერებები

#### 1. ნივთიერება

1.1. ნივთიერების შედგენილობა.

1.2. მოლეკულურ-კინეტიკური თეორია

1.3. დიფუზია

1.4. ბროუნის მოძრაობა

1.5. ტემპერატურა

1.6. ნივთიერების რაოდენობა

#### 2. იდეალური აირი

2.1. აირების კვლევის ისტორია

2.2. იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება

3. იზოპროცესები

4. თერმოდინამიკის პირველი და მეორე კანონი

5. სითბური ძრავები და შიგაწვის ძრავა

#### 6. კაპილარული მოვლენები

6.1. ზედაპირული დაჭიმულობა

6.2. კაპილარული მოვლენები

#### 7. რადიაქტიურობა

7.1.  $\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  გამოსხივება

7.2. ატომის აგებულება

7.3. ბორის პოსტულატები. ნახევარდაშლის პერიოდი

8. ბირთვის ბმის ენერგია. მასის დეფექტი

9. ჯაჭვური რეაქციები. ბირთვული რეაქტორი

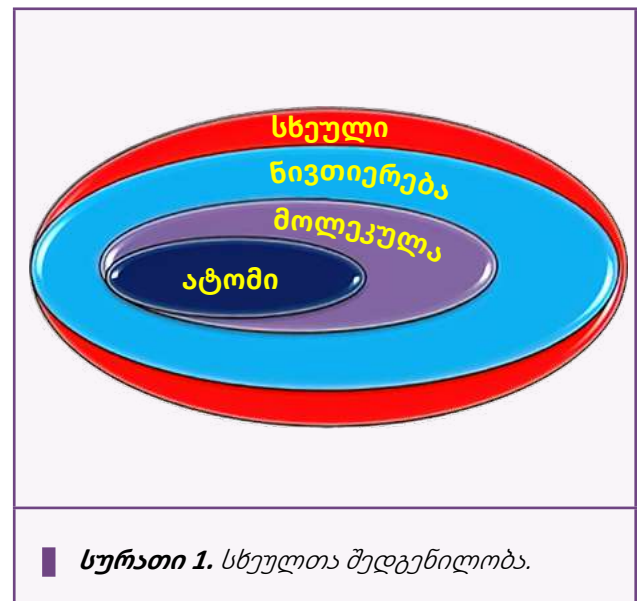
# 1. ნივთიერება

## 1.1. ნივთიერების შედგენილობა

ჩვენ გარშემო ძალიან ბევრი საგანია და ეს საგნები განსხვავდებიან ერთმანეთისგან ზომით, ფორმით, თვისებებით. ზომა და ფორმა გეომეტრიული მახასიათებლებია, მაგრამ თუ ავიღებთ რკინისა და ყინულის სხეულს, ადვილი შესამჩნევია, რომ ისინი თვისებებითაც განსხვავდებიან. ასევე ერთმანეთისგან თვისებებით განსხვავდებიან წყალი და ყინული. რკინისა და ყინულის სხეულები სხვადასხვა ნივთიერებისგან შედგებიან, წყალი და ყინული – ერთი და იმავე ნივთიერებისგან, მაგრამ განსხვავებულები არიან. ამის ახსნა რომ შევძლოთ, უნდა გავერკვეთ, რისგან შედგება თვითონ ნივთიერება და რა განაპირობებს სხვადასხვა ნივთიერების განსხვავებულობას ან ერთი და იმავე ნივთიერების სხვადასხვა მდგომარეობას.

ადამიანი დასაბამიდან ცდილობდა აეხსნა, რისგან შედგება ნივთიერება. ძველ საბერძნეთში არსებობდა ვარაუდი, რომ ნებისმიერი ნივთიერება ოთხი სტიქიისგან შედგება. ესენია: ცეცხლი, ჰაერი, წყალი და მიწა. ამ თეორიის ერთ-ერთი ფუძემდებელი თვით არისტოტელე იყო. ამ ვარაუდს თითქმის მე-18 საუკუნემდე იზიარებდნენ. ძველ ბერძნებს მიაჩნდათ, რომ ფილოსოფიური ქვის საშუალებით შეძლებდნენ სხვადასხვა ნივთის ოქროდ გადაქცევას, ასევე მომდევნო საუკუნეებში ალქიმიკოსები იყვნენ დაკავებული სხვადასხვა ნივთიერების ოქროდ გადაქცევის მცდელობით. თუმცა იმავე ეპოქაში, 460-370 წელს ჩვენს წელთაღრიცხვამდე ბერძენმა ფილოსოფოსმა დემოკრიტემ გამოთქვა მოსაზრება, რომ ნივთიერება მცირე ნაწილაკებისგან – ატომებისგან („ატომი“ – ბერძნულად „განუყოფელი“) შედგება. მან ეს ასე ახსნა: ავიღოთ ნებისმიერი სხეული და გავყოთ ორ ნაწილად, შემდეგ ის ნახევარი ისევ გავყოთ, და ასე გავაგრძელოთ; ბოლოს მივალთ ისეთ ნაწილაკამდე, რომელიც აღარ გაიყოფა. ამ ნაწილაკს უწოდა ატომი ანუ განუყოფელი. აღნიშნული ჰიპოთეზის სისწორე დადგინდა მე-18 საუკუნეში. თუმცა დღეისათვის

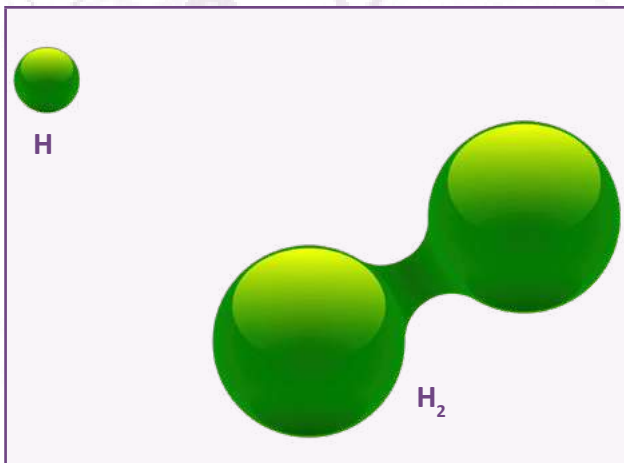
დადასტურებულია, რომ ატომიც რთული შემადგენლობისაა და მისი დაყოფა შესაძლებელია. ამის შესახებ დაწვრილებით იხილეთ სახელმძღვანელოს პირველ თავში და ასევე ქიმიის ნაწილში. *(იხ. ქიმია)*



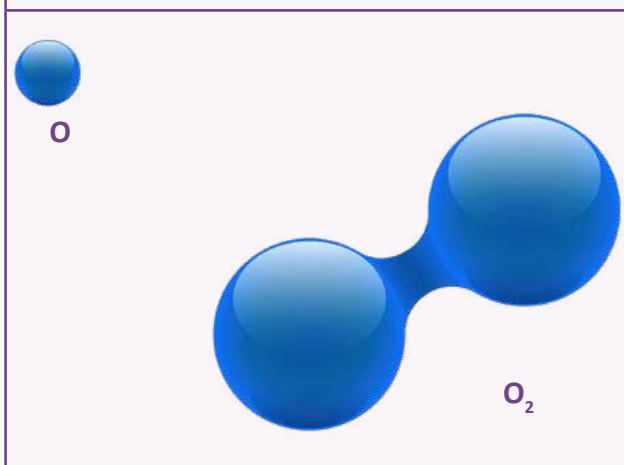
სურათი 1. სხეულთა შედგენილობა.

როგორც სურათზე სქემატურადაა ნაჩვენები, სხეული შედგება ნივთიერებისგან, ნივთიერება – მოლეკულებისგან და მოლეკულა – ატომებისგან. დღეს ვიცით, რომ სხვადასხვა ნივთიერების თვისებებს ის მოლეკულები განსაზღვრავენ, რომლისგანაც ეს ნივთიერება შედგება. მოლეკულა ერთმანეთთან მიერთებული ატომებია. მაგალითად, ოზონის  $O_3$  და ჟანგბადის  $O_2$  მოლეკულები შედგებიან ჟანგბადის ატომებისგან, მაგრამ განსხვავებული რაოდენობით. ჟანგბადის მოლეკულაში ორი ატომია შეერთებული, ოზონი კი ჟანგბადის სამი ატომის ერთობაა. ასევე, მოლეკულა შეიძლება იყოს სხვადასხვა ატომის ერთობლიობა. მაგალითად, წყალი წარმოადგენს წყალბადისა და ჟანგბადის ატომების ერთობას. ისინი ერთმანეთს ქიმიური ბმით უკავშირდებიან *(იხ. ქიმია)*.

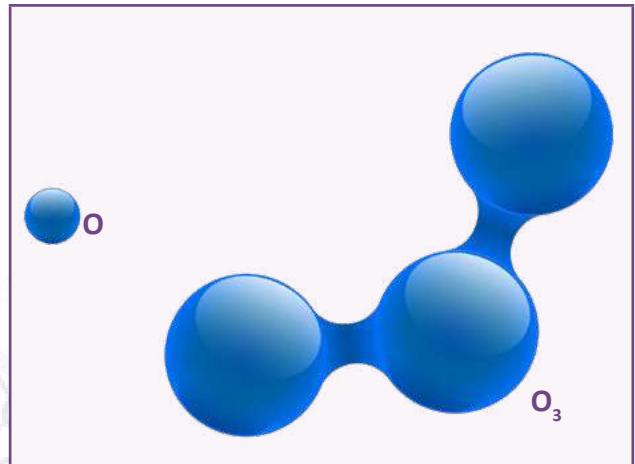
შეიძლება გვქონდეს მარტივი ანუ ერთი და იმავე ატომების შეერთებით შემდგარი მოლეკულები და რთული ანუ განსხვავებული ატომების შეერთებით მიღებული ნივთიერებები, ასევე დიდი და მცირე მოლეკულები. არსებობენ აგრეთვე ერთატომიანი ნივთიერებები, სადაც ნივთიერება შედგება მხოლოდ ერთატომიანი მოლეკულებისგან, მაგალითად, ლითონები – ალუმინი, სპილენძი, ინერტული აირები – არგონი, ნეონი, ჰელიუმი და ა.შ. ქვემოთ მოყვანილ სურათებზე ნაჩვენებია სხვადასხვა მოლეკულის მოდელები.



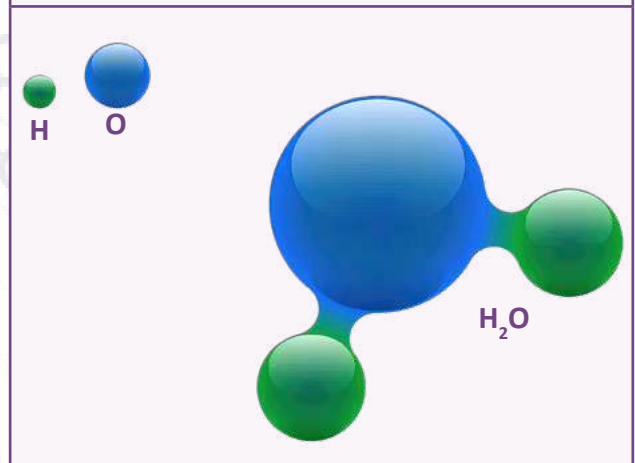
სურათი 2. წყალბადის მოლეკულა.



სურათი 3. ჟანგბადის მოლეკულა.



სურათი 4. ოზონის მოლეკულა.



სურათი 5. წყლის მოლეკულა.

**? კითხვები:**

1. როგორი წარმოდგენა ჰქონდათ ადრეულ საუკუნეებში ნივთიერების აგებულების შესახებ?
2. რა მოსაზრება გამოთქვა დემოკრიტემ?
3. რა განსხვავებაა ატომსა და მოლეკულას შორის?
4. შესაძლებელია თუ არა ერთი და იმავე ატომებით განსხვავებული ნივთიერებების მიღება?
5. დაასახელეთ ასეთი ნივთიერებები.

## 1.2. მოლეკულურ-კინეტიკური თეორია

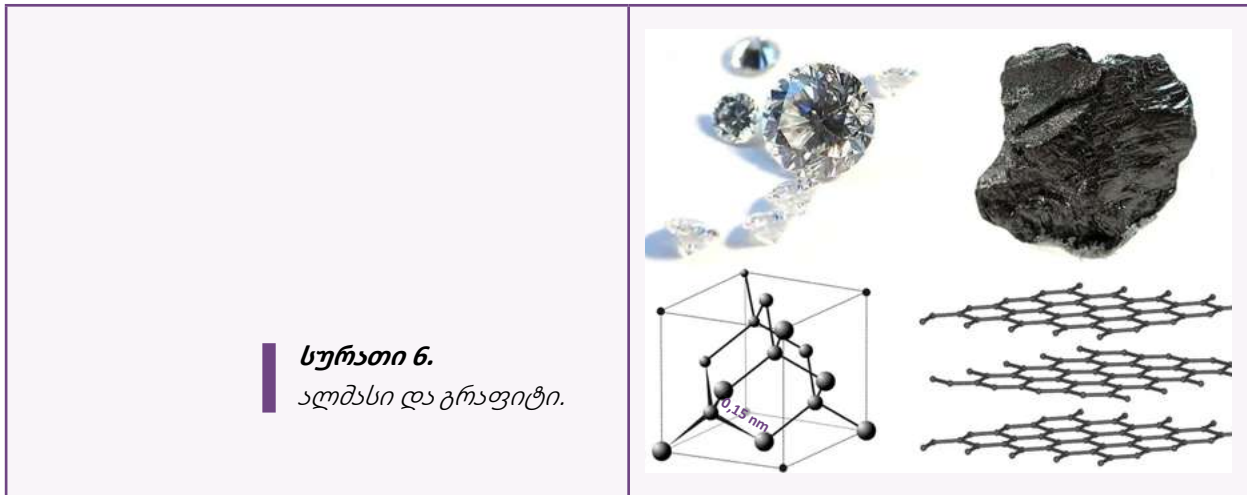
XVIII-XIX საუკუნეებში ნივთიერების აგებულების შესახებ ჩამოყალიბდა მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი დებულებები:

1. ყველა ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან – ატომებისგან ან მოლეკულებისგან, რომელთა შორის შუალედებია;
2. ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები განუწყვეტლივ ქაოსურად მოძრაობენ;
3. ეს ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან.

მოლეკულურ-კინეტიკური თეორია ერთ-ერთი მიდგომაა, რომლითაც შესაძლებელია სითბური მოვლენების რაოდენობრივი და თვისობრივი ახსნა. იგი ითვალისწინებს ნივთიერების მოლეკულურ ან ატომურ აგებულებას და იყენებს მიკრო-პარამეტრებს, როგორებიცაა მოლეკულების სიჩქარე, ატომის ან მოლეკულის მასა და ა.შ. თუმცა ასეთ მიდგომას სითბური მოვლენების რაოდენობრივი აღწერისას თავისი სირთულეები ახლავს. მეორე მიდგომა გახლავთ თერმოდინამიკა, რომელიც სითბური მოვლენების აღწერას ცდილობს მაკროსკოპული მახასიათებლების საშუალებით, როგორებიცაა წნევა, მოცულობა, ტემპერატურა და ა.შ. ამიტომ ამ ორ მიდგომას პირობითად

მიკრო და მაკრო მიდგომა შეიძლება ვუწოდოთ. საუკეთესო გამოსავალი იქნება ამ ორი მიდგომის გაერთიანება, რასაც ამ თავში შევეცდებით.

დავუბრუნდეთ ისევ ნივთიერების შედგენილობასა და აგებულებას, მსგავსებასა და განსხვავებას მათ შორის. პირველი, რაც ყველაზე შესამჩნევი განმასხვავებელი თვისებაა ნივთიერებებში, ეს მათი აგრეგატული მდგომარეობაა. ბუნებაში არსებობს ოთხი აგრეგატული მდგომარეობა: მყარი, თხევადი, აირადი და პლაზმური. პლაზმურ მდგომარეობას ამ პროგრამის ფარგლებში ვრცლად არ შევისწავლით, მხოლოდ ვიტყვი, რომ იგი წარმოადგენს სრულად ან ნაწილობრივ იონიზირებულ აირს. საერთოდ, ნივთიერების აგრეგატული მდგომარეობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ როგორი ურთიერთგანლაგება და მოძრაობის ხასიათი აქვთ ნივთიერების შემადგენელ ნაწილაკებს. მყარ ნივთიერებაში ნაწილაკები მჭიდროდ არიან ჩალაგებულნი და ისინი ერთმანეთთან ქმნიან კრისტალურ მესერს. კრისტალური მესერი ნივთიერების თვისებებს განსაზღვრავს. მაგალითად, გრაფიტი და ალმასი – ორივე შედგება მხოლოდ ნახშირბადის ატომებისგან და მათი განსხვავებული თვისებები დამოკიდებულია მხოლოდ მათ განსხვავებულ კრისტალურ მესერზე. **(იხ. სურათი 6)**



**სურათი 6.**  
ალმასი და გრაფიტი.



განსაკუთრებით აღსანიშნავია წყლის აგრეგატული მდგომარეობები (იხ. სურათი 8). ეს ნივთიერება ჩვენს გარემო პირობებში სამივე მდგომარეობაში გვხვდება. მისი განსაკუთრებულობა იმაში მდგომარეობს, რომ თუ სხვა ნივთიერების მოლეკულები მყარ მდგომარეობაში უფრო მჭიდროდ არიან განლაგებულნი, ვიდრე თხევადში, წყალი

ამ მხრივ ანომალურ თვისებას ამჟღავნებს, მისი მოლეკულები თხევად მდგომარეობაში უფრო მჭიდროდ არიან განლაგებულნი, ვიდრე მყარში ანუ ყინულში. შესაბამისად, ყინულის სიმკვრივე უფრო ნაკლებია, ვიდრე წყლის და ამიტომაც არის, რომ ყინული წყალში ტივტივებს.

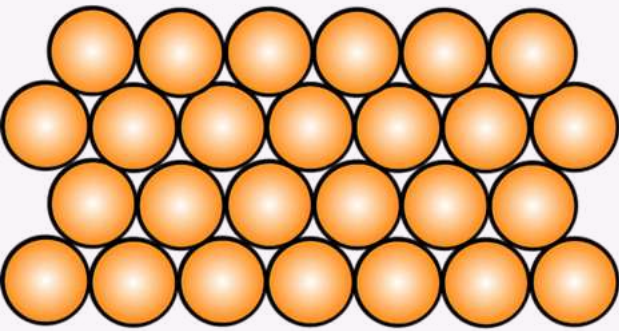
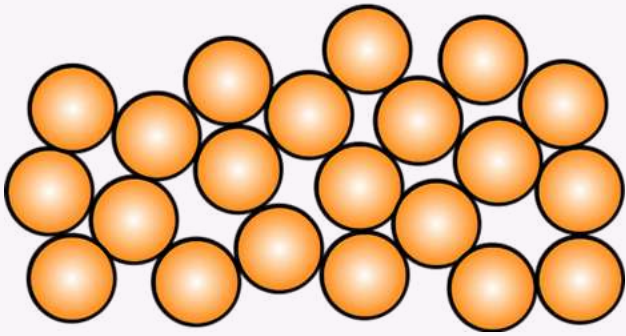


სურათი 8. წყლის სამი აგრეგატული მდგომარეობა.

ბუნებაში გვხვდება ნივთიერებები, რომელთაც გააჩნიათ როგორც მყარი, ასევე თხევადი ნივთიერების თვისებები; ასეთ ნივთიერებას ამორფული სხეული ეწოდება. ამორფულ სხეულებზე გარე ზემოქმედებისას აღმოაჩენენ ერთდროულად დრეკად თვისებებს, როგორც კრისტალურ მყარ სხეულებში, და დენადობას, როგორც სითხეებში. ხანმოკლე ზემოქმედებისას (დარტყმები) ისინი იქცევიან, როგორც მყარი სხეულები და ძლიერი დარტყმისას ნაწილებად იმსხვრევიან. ხოლო ხანგრძლივი ზემოქმედებისას (მაგალითად,

გაწელვა, გაჭიმვა) ამორფული სხეულები მიედინებიან. მათ არ გააჩნიათ დნობის ტემპერატურა, გათბობისას ისინი ნელ-ნელა რბილდებიან და გადადიან თხევად მდგომარეობაში. ამორფული ნივთიერებებისა და სხეულების მაგალითებია მინა, პარაფინი, სანთელი.

**9 სურათზე** მოცემულია კრისტალური და ამორფული ნივთიერებების მოლეკულათა ურთიერთგანლაგების მაგალითები.

კრისტალური	ამორფული
	
<p><b>სურათი 9.</b> კრისტალური და ამორფული ნივთიერებები.</p>	

**? კითხვები:**

- ჩამოაყალიბეთ და განმარტეთ მოლეკულურ-კინეტიკური თეორიის ძირითადი დებულებები;
- რომელი აგრეგატული მდგომარეობები იცით?
- დაახასიათეთ აგრეგატული მდგომარეობები და მოიყვანეთ მაგალითები;
- რაში მდგომარეობს წყლის ანომალია?
- დაახასიათეთ კრისტალური და ამორფული ნივთიერებები.

### 1.3. დიფუზია

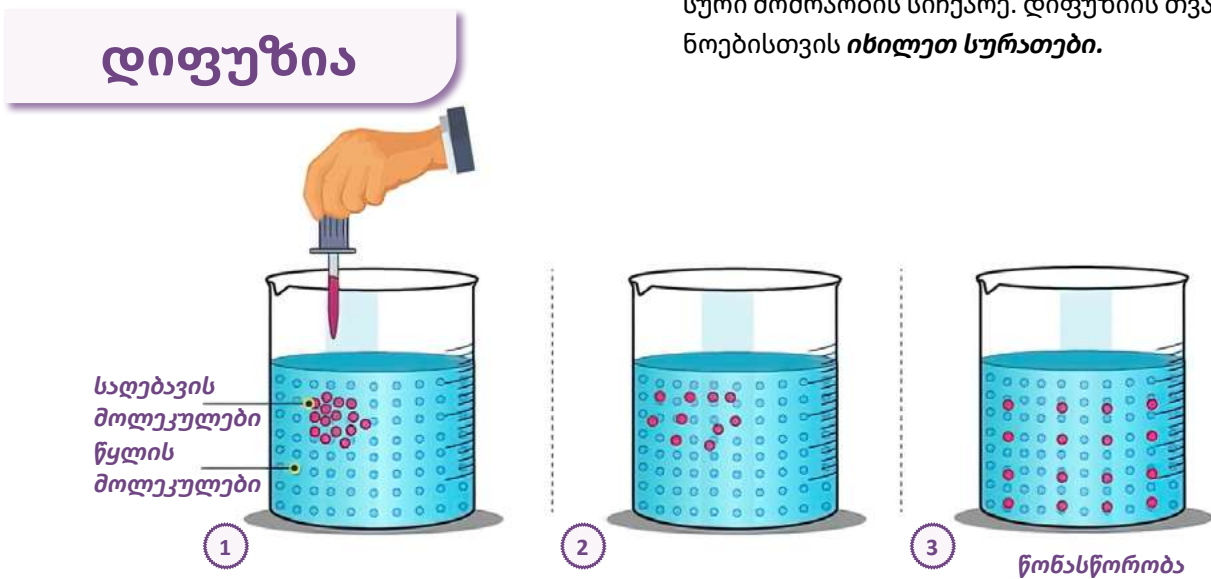
ახლა დავბრუნდეთ ისევ ნივთიერების აგებულების შემეცნების ისტორიასთან და განვიხილოთ მოვლენა, რომელმაც პირველი სერიოზული დარტყმა მიაყენა არისტოტელეს მიმდევრების თეორიას ნივთიერების აგებულების შესახებ – თეორიას, რომ ყველა ნივთიერება ოთხი სტიქიისაგან შედგებოდა. ეს განზავთ დიფუზიის მოვლენა. მისი ახსნა ვერ ხერხდებოდა არისტოტელესა და მისი თეორიის სხვადასხვა მიმდინარეობით თუმცა კარგად იხსნებოდა დემოკრიტეს წარმოდგენებით ნივთიერების აგებულების შესახებ, რომლის მიხედვითაც ნივთიერება შედგება უმცირესი ნაწილაკებისგან, მათ შორის არსებული შუალედებისგან და ეს ნაწილაკები ქაოსურად მოძრაობენ.

რა არის დიფუზია?

როგორ აიხსნება დიფუზიის მოვლენა?

უფრო დაწვრილებით შევჩერდეთ ამ საკითხზე. თქვენ ალბათ შეგიძინებიათ, რომ თუ ოთახში ვინმეს სუნამო ასხია და თქვენგან მოშორებით იმყოფება, მიუხედავად მანძილისა, სუნამოს სუნს იგრძნობთ, ეს ნიშნავს, რომ სუნამოს მოლეკულებმა თქვენი ყნოსვის რეცეპტორებამდე

მიაღწია. ასევე, თუ ჩაიში ჩაყრით შაქარს და არ მოურევთ, შაქრის სიტკბოს მაინც იგრძნობთ. ამ მოვლენის მიზეზი მოლეკულების ქაოსური მოძრაობაა. როგორც ჰაერის, ასევე სუნამოს მოლეკულები ქაოსურად მოძრაობენ და მათი შერევა ხდება ანუ დროის განმავლობაში ისინი იცვლიან ადგილს და აღწევენ თქვენამდე. ასევე ხდება შაქრის მოლეკულების შეღწევა წყლის მოლეკულებს შორის შუალედებში და ხდება მათი ადგილმონაცვლეობა. მოვლენას, როდესაც ორი ნივთიერების მოლეკულები თავისთავად ერევა ერთმანეთს, დიფუზია ეწოდება. დიფუზია აირებში სწრაფად მიმდინარეობს, სითხეებში – შედარებით ნელა. ამ მოვლენას მყარ სხეულებშიც აქვს ადგილი, მაგრამ იქ კიდე უფრო ნელა მიმდინარეობს. მაგალითად, ჩაატარეს ექსპერიმენტი: ერთმანეთს მჭიდროდ მიადეს ტყვიისა და ოქროს გლუვზედაპირიანი ფირფიტები და დატოვეს ასე. რამდენიმე წლის შემდეგ შეამოწმეს და აღმოჩნდა, რომ, მართლაც, ტყვიაში გადასულიყო ოქროს მოლეკულები და ოქროში კი – ტყვიის, თუმცა მცირე რაოდენობით. დიფუზიის მიმდინარეობას აჩქარებს ტემპერატურის მომატება, რადგან ამ დროს იზრდება მოლეკულების ქაოსური მოძრაობის სიჩქარე. დიფუზიის თვალსაჩინოებისთვის *ინილეთ სურათები*.



სურათი 10. დიფუზიის მოვლენა.



სურათი 11. საღებავის დიფუზია წყალში.



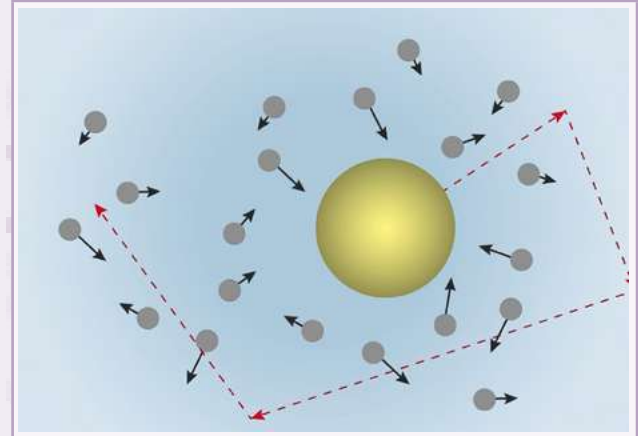
კითხვები:

1. რა არის დიფუზია?
2. როგორ აიხსნება დიფუზია?
3. როგორ არის დამოკიდებული დიფუზიის სიჩქარე ტემპერატურაზე?

## 1.4. ბროუნის მოძრაობა

გარდა დიფუზიისა, ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკების მოძრაობით აიხსნება ისეთი მოვლენა, როგორიცაა ბროუნის მოძრაობა. ამ მოვლენაზე ყურადღება პირველად შოტლანდიელმა ბოტანიკოსმა რობერტ ბროუნმა 1827 წელს გაამახვილა. ერთ-ერთი ცდის ჩატარებისას მან მიკროსკოპის სასაგნე დაფაზე წყალი დააწვეთა და ზევიდან ყვავილის მტვრიანა მოაბნია. დაკვირვების დროს მან შენიშნა, რომ მტვრიანის ნაწილაკები განუწყვეტლივ და ქაოსურად მოძრაობდნენ. შემდეგ მან იგივე ცდა სხვადასხვა ყვავილის მტვრიანებზე გაიმეორა. შედეგი იგივე მიიღო. ამან ბროუნს საფიქრალი გაუჩინა: რა თვისება ექნება მკვდარი მცენარის მტვრიანას? ამ მიზნით მან ერთი წლის წინათ შენახული ჰერბარიუმის ყვავილი ამოიღო და მისი მტვრიანა ანალოგიურ პირობებში მოათავსა. შედეგი კვლავ იგივე იყო. ბროუნმა ცდები ჩაატარა ნახშირის, მინის, სხვადასხვა მინერალისა და ლითონის ფქვილზე. ყველა შემთხვევაში ეს ნაწილაკები სითხის ზედაპირზე განუწყვეტლივ და ქაოსურად მოძრაობდნენ. სითხეში ან აირში შეტივტივებული მცირე ნაწილაკების მოძრაობას ბროუნის მოძრაობა ეწოდება, თვითონ ამ შეტივტივებულ ნაწილაკს კი – ბროუნის ნაწილაკი. ამ მოვლენის ახსნაში დიდი წვლილი ალბერტ აინშტაინსაც მიუძღვის.

ბროუნის მოძრაობის მექანიზმი ასეთია: ბროუნის ნაწილაკი ზომით მცირეა, მაგრამ გაცილებით დიდია ამ სითხის ან აირის მოლეკულასთან შედარებით. ნივთიერების მოლეკულები მოძრაობენ ქაოსურად და სხვადასხვა მხრიდან ეჯახებიან შეტივტივებულ ბროუნის ნაწილაკს, რის შედეგადაც მოლეკულები მას იმპულსს გადასცემენ. რადგან ბროუნის ნაწილაკს სხვადასხვა მიმართულების ჯამური იმპულსები გადაეცემა, ეს ნაწილაკი არათანაბრად იმოძრაავს ტუხილ ტრაექტორიაზე. **(იხილეთ სურათი 12)**



**სურათი 12.** ბროუნის მოძრაობა.



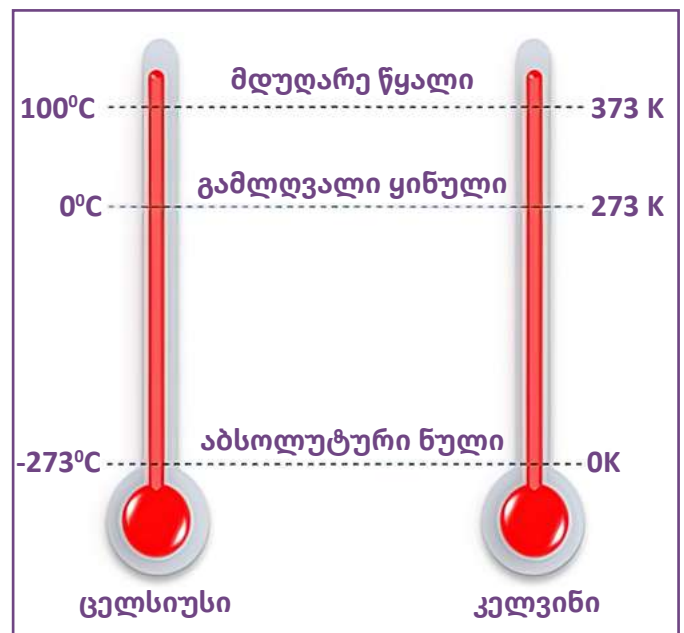
### კითხვები:

1. რა არის ბროუნის მოძრაობა?
2. როგორ აიხსნება ბროუნის მოძრაობა?
3. რომელი თეორიის სასარგებლოდ მეტყველებს ბროუნის მოძრაობა?

## 1.5. თემპერატურა

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, სხეულები ნივთიერებებისგან შედგებიან, ასევე ვიცით, რომ ნივთიერების შემადგენელი ნაწილაკები მოძრაობენ და ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან. ამიტომ შეგვიძლია ვთქვათ, რომ თითოეულ ნაწილაკს გააჩნია ურთიერთქმედების პოტენციური და მოძრაობის კინეტიკური ენერჯია. ნებისმიერი სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების კინეტიკური და პოტენციური ენერჯიების ჯამს სხეულის შინაგანი ენერჯია უწოდეს. სხეული, რა მცირეც არ უნდა იყოს იგი, უამრავი რაოდენობის მოლეკულისგან შედგება. სხეულის შინაგანი ენერჯიის განსასაზღვრად თითოეული მოლეკულის ენერჯიის გამოთვლა და შემდეგ შეკრება მოუხერხებელი და, ფაქტობრივად, შეუძლებელია. ამიტომ შეეცადნენ, ენერჯია ისეთი პარამეტრებით გამოეხატათ, რომლის გაზომვაც ადვილი შესაძლებელი იქნებოდა. პირველი, რაც შეგვიძლია ვთქვათ: რაც უფრო ღიძია მოლეკულების მოძრაობის სიჩქარე, მით მეტია სხეულის ტემპერატურა, ანუ სხეულის ტემპერატურის გაზრდა ნიშნავს მისი შინაგანი ენერჯიის გაზრდას. ტემპერატურის გასაზომად ჩვენ ვიყენებთ ხელსაწყოს, რომელსაც თერმომეტრი ეწოდება. ტემპერატურის შესახებ ჩვენ პირველ თავში ვისაუბრეთ, თუმცა ახლა ორიოდ სიტყვით კიდევ ერთხელ გავიხსენებთ ამ თემას და მას ენერჯიის კუთხით განვიხილავთ. ტემპერატურის საზომად ყოფა-ცხოვრებაში ცელსიუსის სკალას ვიყენებთ.  $0^{\circ}\text{C}$  (ცელსიუსის სკალის 0 გრადუსი) შეესაბამება ყინულის დნობის ტემპერატურას, ხოლო  $100^{\circ}\text{C}$  – წყლის დუღილის ტემპერატურას ნორმალური ატმოსფერული წნევის დროს. ცელსიუსის სკალა მოსახერხებელია ყოფა-ცხოვრებაში გამოსაყენებლად, მაგრამ გამოუსადეგარია სხეულის შინაგანი ენერჯიის გამოსახვისთვის.  $0^{\circ}\text{C}$  ტემპერატურაზე ნებისმიერი სხეულის შემადგენელი ნაწილაკები მოძრაობენ ან ირხვიან და გააჩნიათ ენერჯია. ამიტომ სხეულის შინაგანი ენერჯია ამ დროს ნული ვერ იქნება. სხეულის შინაგანი ენერჯია გახდება ნულის ტოლი, როდესაც მისი შემადგენელი

ნაწილაკების მექანიკური ენერჯია იქნება ნული. ასეთ ტემპერატურაზე მოლეკულები მოძრაობას წყვეტენ, ცელსიუსის სკალით ეს ტემპერატურაა  $-273,16^{\circ}\text{C}$ , ხოლო კელვინის სკალით –  $0\text{K}$ . მას აბსოლუტურ ნოლს უწოდებენ, ხოლო კელვინის სკალით გამოხატულ ტემპერატურას – აბსოლუტურ ტემპერატურას.



**სურათი 13.** ტემპერატურის ცელსიუსის და კელვინის სკალები.

### ? კითხვები:

1. რისი დახასიათება შეგვიძლია ტემპერატურით?
2. რის ცვლილებაზეა დამოკიდებული ტემპერატურის ცვლილება?
3. ტემპერატურის გასაზომი რომელი ერთეულები იცით?

## 1.6. ნივთიერების რაოდენობა

მოლეკულის ძალიან მცირე ზომებისა და მასის გათვალისწინებით, მათი ძალიან დიდი რაოდენობიდან გამომდინარე, მოხერხებულია გამოვიყენოთ არა აბსოლუტური საზომი ერთეულები, არამედ ფარდობითი ერთეულები. მოლეკულის მასის გამოსახვა კილოგრამობით მოუხერხებელია, ამიტომ შემოიღეს ახალი სიდიდე – ფარდობითი ატომური ან მოლეკულური მასა, რომელიც ტოლია მოლეკულის მასის  $m_0$  შეფარდებისა ნახშირბადის ატომის მასის  $m_{oc}$  ერთ მეთორმეტედ ნაწილთან. აღვნიშნოთ მოლეკულური მასა  $M_r$ -ით, მაშინ

$$M_r = \frac{m_0}{\frac{1}{12} m_{oc}} \quad (1)$$

ნივთიერებაში მოლეკულების რაოდენობის ფარდობით ერთეულად მიიღეს მოლი. ერთი მოლი ნივთიერება შეიცავს იმდენსავე ატომს ან მოლეკულას, რამდენსაც შეიცავს 12 გრამი ნახშირბადის  $^{12}C$  სუფთა იზოტოპი და მას ავოგადროს რიცხვი ეწოდება. ავოგადროს რიცხვი ტოლია:

$$N_A = 6,022... \times 10^{23} \text{ მოლი}^{-1}. \quad (2)$$

სიდიდეს, რომელიც იზომება მოლებში, ნივთიერების რაოდენობა ეწოდება და აღინიშნება ბერძნული ასოთი –  $\nu$ . იგი ასე განისაზღვრება:

$$\nu = N/N_A, \quad (3)$$

სადაც  $N$  არის მოლეკულების ან ატომების რაოდენობა ნივთიერებაში. მოლი რაოდენობრივი ერთეულია ანუ გვიჩვენებს მოლეკულების ფარდობით რაოდენობას ნივთიერებაში. მაგალითისთვის, ვთქვათ, მარცვლოვანი კულტურის მარცვლების რაოდენობის დასათვლელად მოსახერხებელი იქნება, შესადარებლად გამოვიყენოთ მარცვლების რაოდენობა ერთ კგ ბრინჯში; ამ ერთეულის ერთეულოვან რაოდენობაში ამდენივე მარცვალი ხორბალი და სიმინდი იქნება, მაგრამ მასები ბრინჯის მასისგან განსხვავებული იქნებათ. მასის დასახასიათებლად კი შემოღებულია ნივთიერების მოლური მასა, რომელიც არის ერთი მოლი ნივთიერების მასა. მაგალითად, ჰაერის მოლური

მასა არის 29 გრამი. ეს ნიშნავს, რომ 29 გრამ ჰაერში ნაწილაკების რაოდენობა ტოლია ავოგადროს რიცხვის. სხვადასხვა ნივთიერების მოლური მასები განსხვავებულია ერთმანეთისგან, რადგან სხვადასხვა ნივთიერების მოლეკულების მასები განსხვავდებიან ერთმანეთისგან. მოლური მასა ტოლია ნივთიერების მოლეკულის მასის და ავოგადროს რიცხვის ნამრავლის:

$$M = m_0 N_A. \quad (4)$$



### კითხვები:

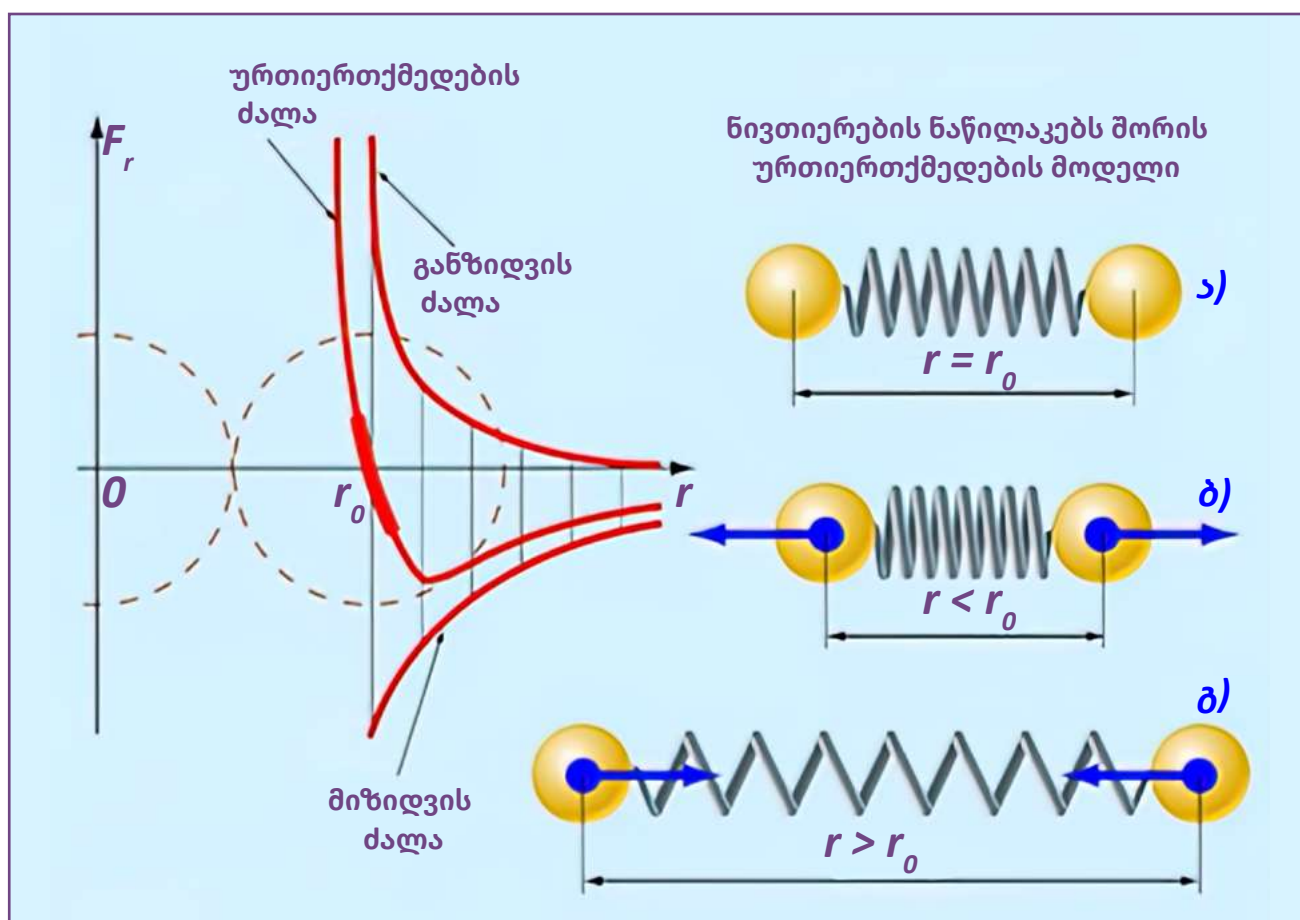
1. როგორ განისაზღვრება ფარდობითი ატომური მასა?
2. რომელი სიდიდით შეგვიძლია დავახასიათოთ ნივთიერებაში მოლეკულების რაოდენობა?
3. რა ერთეულებით იზომება ნივთიერების რაოდენობა?
4. რა არის მოლური მასა?

## 2. იდეალური აირი

### 2.1. აირების კვლევის ისტორია

ჩვენ აღვნიშნეთ, რომ ნივთიერების შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია მისი შემადგენელი ნაწილაკების პოტენციური და კინეტიკური ენერგიების ჯამზე. პოტენციური ენერგია, ძირითადად, ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედებით არის გამოწვეული, რადგან მასთან შედარებით გრავიტაციული ურთიერთქმედება იმდენად მცირეა, რომ არ ვითვალისწინებთ; კინეტიკური ენერგია კი, როგორც ვიცით, დამოკიდებულია სიჩქარეზე. მყარ და თხევად ნივთიერებებში ურთიერთქმედების ძალები საკმაოდ დიდია და ამიტომ ისინი ინარჩუნებენ

მოცულობას და თითქმის არ იკუმშებიან. ორი სითხის ან მყარი სხეულის მოლეკულების ურთიერთქმედება ზამბარით გადაბმულ ორ ბურთულას შეიძლება შევადაროთ; მიახლოებისას მათ შორისაც ისევე წარმოიქმნება განზიდვის ძალა, ხოლო დაშორებისას – მიზიდვის. სურათზე ნაჩვენებია, თუ როგორ იცვლება გრაფიკულად ნივთიერების ნაწილაკებს შორის ურთიერთქმედების ძალა; იქვე მოცემულია ზამბარით გადაბმული სხეულებისთვის შესაბამისი მდგომარეობები.



**სურათი 14.**

მოლეკულებს შორის ურთიერთქმედების ძალის და ზამბარის დრეკადობის ძალთა შედარება.

რაც შეეხება აირებს, მათში მოლეკულებს შორის მანძილი იმდენად დიდია, რომ ნაწილაკების კინეტიკური ენერგია ბევრად აღემატება პოტენციურ ენერგიას. თუ კიდევ უფრო გავაუხშობთ აირს და, შესაბამისად, მოლეკულებს შორის მანძილს გავზრდით, მაშინ მათ შორის პოტენციური ძალების მოქმედება შეიძლება არ გავითვალისწინოთ. ამ დროს მოლეკულების თავისუფალი განარბენი იზრდება და ისინი ერთმანეთთან ურთიერთქმედებენ მხოლოდ შეჯახების დროს. ასეთი აირის შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია მხოლოდ მოლეკულების კინეტიკურ ენერგიაზე და იგი შეგვიძლია ჩავთვალოთ **იდეალურ აირად**.

**იდეალური აირი ეწოდება ისეთ აირს, რომლის ნაწილაკები არ ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან, არამედ ურთიერთქმედებენ მხოლოდ ჭურჭლის კედლებთან.** ამ ნაწილაკებს შორის არ გვაქვს ელექტრული და გრავიტაციული ურთიერთქმედება.

ბუნებაში იდეალური აირი არ არსებობს. იდეალურ აირთან მიახლოებულია აირი, რომლითაც საჰაერო ბურთს ავსებენ. საჰაერო ბურთი რომ აფრინდეს, მისი მასა უნდა იყოს ნაკლები, ვიდრე იმავე მოცულობის ჰაერი. ამიტომ აირი, რომლითაც ბურთს ავსებენ, ჰაერზე გაცილებით ნაკლები სიმკვრივის უნდა იყოს, ვინაიდან ამ აირის მასისა და ბურთის მასის ჯამი ერთად ნაკლები უნდა იყოს ბურთის მოცულობის მქონე ჰაერის მასაზე. ამისათვის ბურთს ავსებენ ცხელი ჰელიუმით; ჰელიუმი ისედაც მსუბუქია ჰაერზე და გაცხელებული კი კიდევ უფრო გაუხშობულია; ასეთი გაუხშობული გამთბარი ჰელიუმი ახლოა იდეალურ აირთან. ცხელი აირით ავსებულ გარსს მონგოლფიერი უწოდეს ძმები მონგოლფიერების პატივსაცემად, რადგან პირველად სწორედ მათ მოახერხეს ასეთი საჰაერო ბურთის აგება და გაფრენა 1783 წლის 5 ივნისს. საჰაერო ბურთის შემავსებელი აირის შესწავლით დაინტერესებული იყო ცნობილი ფრანგი მეცნიერი ჟოზეფ ლუი გეი-ლუსაკი. მან თავისი დროისათვის გასაოცარი საქმე ჩაიდინა — დაახლოებით იმ პერიოდში, როდესაც გაფრინდნენ ძმები მონგოლფიერები, იგი გაფრინდა საჰაერო ბურთით და 4000 მეტრ სიმაღლეს მიაღწია. ამ ფრენის დროს მან ბევრი მნიშვნელოვანი ფიზიკური დაკვირვება

განახორციელა. გეი-ლუსაკის მიერ აღმოჩენილი და გამოკვლეული აირის კანონი დღეს მის სახელს ატარებს. აირების ფიზიკურ გარდაქმნებზე გამოკვლევების ჩატარებისას ფრანგი მეცნიერი დაინტერესდა ქიმიური რეაქციების ზეგავლენით აირების მოცულობით თანაფარდობაზე. ასევე მნიშვნელოვანი წვლილი მიუძღვის აირების კვლევაში ფრანგ მეცნიერს, ჟაკ შარლის, რომელიც იმავე პერიოდში მოღვაწეობდა, იკვლევდა საჰაერო ბურთებს და საკმაოდ თამამი ფრენები განახორციელა. მან საჰაერო ბურთების ასავსებად პირველმა გამოიყენა წყალბადი, ამიტომ ასეთ ბურთებს **შარლიერები** ეწოდა.

აქვე უნდა ვთქვათ ქართულ-კახეთის მეფის, ერეკლე II-ის ინტერესის შესახებ საჰაერო ბურთებით ფრენისადმი, რაშიც იგი ქვეყნის თავდაცვის საშუალებას ხედავდა. 1784 წელს პარიზში გამოცემული მონგოლფიერებისა და შარლის აფრენის ისტორია იმავე წელს ქართულ ენაზე ითარგმნა და ერეკლე მეფის სამუშაო მაგიდაზე იდო. ქართული თარგმანის ყდაზე დახატული იყო აეროსტატის მოდელი, ტექნიკური დეტალები და პირველი გაფრენის მარშრუტი [ქიქოძე გ., „ერეკლე მეორე“, თბ., 1941, გვ. 113]. ერეკლე მეორეს საჰაერო ბურთით აფრენა წმინდა სამხედრო-სტრატეგიული თვალსაზრისით აინტერესებდა: მზერავს დიდი სიმღლიდან მტრის ჯარის განლაგების დანახვა და შემდეგ სარდლობისთვის შეტყობინება შეეძლო.

**კითხვები:**

1. რა არის ნივთიერების შინაგანი ენერგია?
2. როგორ იცვლება ნივთიერების შინაგანი ენერგია სხვადასხვა აგრეგატულ მდგომარეობაში?
3. რას წარმოადგენს იდეალური აირი?
4. როგორ ვითარდებოდა აირების კვლევის ისტორია?

## 2.2. იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება

ახლა განვიხილოთ, რა კანონზომიერებით არიან დაკავშირებული ერთმანეთთან იდეალური აირის მახასიათებელი სიდიდეები: აირის წნევა – P, ჭურჭლის მოცულობა – V, რომელიც უკავია აირს და აირის აბსოლუტური ტემპერატურა – T.

ცნობილია, რომ აირის წნევასა და ტემპერატურას შორის ასეთი დამოკიდებულება არსებობს

$$P=nkT, \quad (5)$$

სადაც k ბოლცმანის მუდმივაა და ტოლია  $k=1.38 \cdot 10^{-23}$  ჯ/კ. მცირე გარდაქმნებით ამ განტოლებას ასეთი სახე შეიძლება მივცეთ:

$$P=\frac{N}{V}kT=\frac{\nu N_A}{V}kT. \quad (6)$$

შემოვიტანოთ ახალი აღნიშვნა  $N_A k= R=8,31$  ჯ/(მოლი·K). R-ს აირის უნივერსალური მუდმივა ეწოდება. საბოლოოდ განტოლება ასეთ სახეს მიიღებს:

$$PV=\nu RT=\frac{m}{M}RT. \quad (7)$$

ამ განტოლებას **იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება** ეწოდება.

თუ აირი მოთავსებულია ჰერმეტიკულ ჭურჭელში და მისი მასა უცვლელია, მაშინ ამ განტოლებიდან მივიღებთ:

$$\frac{PV}{T}=\text{const} \quad (8)$$

პროცესებს, რომელთა დროსაც იდეალური აირის თერმოდინამიკური მახასიათებლებიდან (P,V,T) ერთ-ერთი მუდმივაა, **იზოპროცესები** ეწოდება. განვიხილოთ სამივე შემთხვევა ცალ-ცალკე.

### ? კითხვები:

1. რომელ სიდიდეებს აკავშირებს ერთმანეთთან იდეალური აირის მდგომარეობის განტოლება?
2. რომელ პროცესებს უწოდებენ იზოპროცესებს?

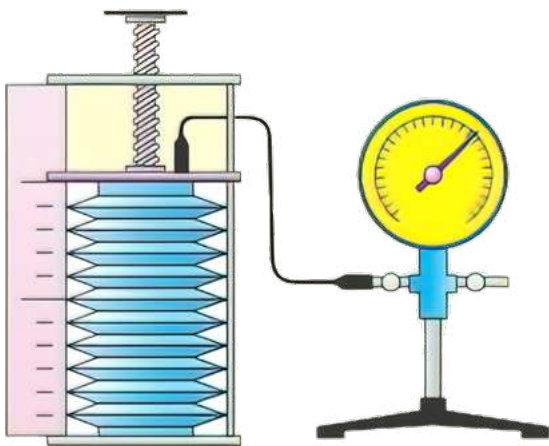
### 3. იზოპროცესები

პირველად განვიხილოთ პროცესი, რომელიც მიმდინარეობს მუდმივი ტემპერატურის პირობებში. ამ პროცესს **იზოთერმული** პროცესი ეწოდება. თუ (8) განტოლებაში ტემპერატურა უცვლელია, მაშინ გვექნება

$$T = \text{const} \text{ და } PV = \text{const} \quad (9)$$

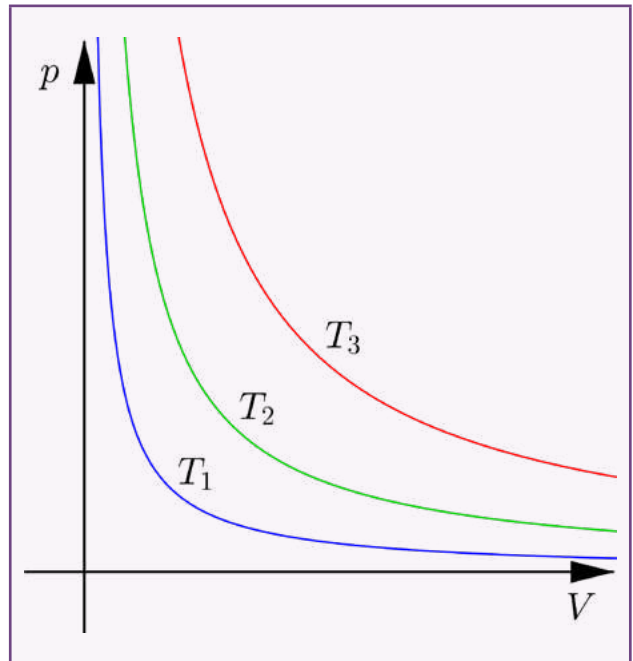
ან სხვანაირად

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (10)$$



**სურათი 15.**

კავშირი წნევასა და მოცულობას შორის უცვლელი ტემპერატურის დროს ექსპერიმენტულად ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად შეისწავლეს ბრიტანელმა ფიზიკოსმა რობერტ ბოილმა და ფრანგმა ფიზიკოსმა ედმ მარიოტმა. ამიტომ ამ კანონს ბოილ-მარიოტის კანონი ეწოდა. **სურათი 15-ზე** ნაჩვენებია ბოილ-მარიოტის ცდის ჩასატარებელი მოწყობილობა: ხრახნიანი წნეხის ქვეშ მოთავსებულია აირი, რომელიც მიერთებულია ბარომეტრზე. ამ ხელსაწყოთი ჩატარებული ცდიდან თვალნათლივ გამოჩნდა, რომ რამდენჯერაც ვამცირებთ მოცულობას, იმდენჯერ იზრდება აირის წნევა და პირიქით, მოცულობის გაზრდა იწვევს წნევის შესაბამისად შემცირებას. გრაფიკულად გამოხატულ დამოკიდებულებას წნევასა და მოცულობას შორის იზოთერმა ეწოდება. **იხილეთ გრაფიკი სურათზე.**



**სურათი 16. იზოთერმები.**

გრაფიკზე მოცემული იზოთერმები სამ სხვადასხვა ტემპერატურას შეესაბამება. რაც უფრო მაღლაა იზოთერმა, მით უფრო მეტია მისი შესაბამისი ტემპერატურა  $T_1 < T_2 < T_3$ .

შემდეგ უნდა განვიხილოთ პროცესი, რომელიც მუდმივი წნევის პირობებში მიმდინარეობს. მას იზობარული პროცესი ეწოდება. **იზობარული** პროცესის დროს ჩვენ ვაკვირდებით მოცულობისა და ტემპერატურის ურთიერდამოკიდებულებას უცვლელი წნევის პირობებში. ეს პროცესი ფრანგმა მეცნიერმა, ლუი გეი-ლუსაკმა შეისწავლა და მას გეი-ლუსაკის კანონი ეწოდება. ამ კანონის თანახმად, თუ აირის წნევა არ იცვლება, მაშინ (8) განტოლებიდან მივიღებთ:

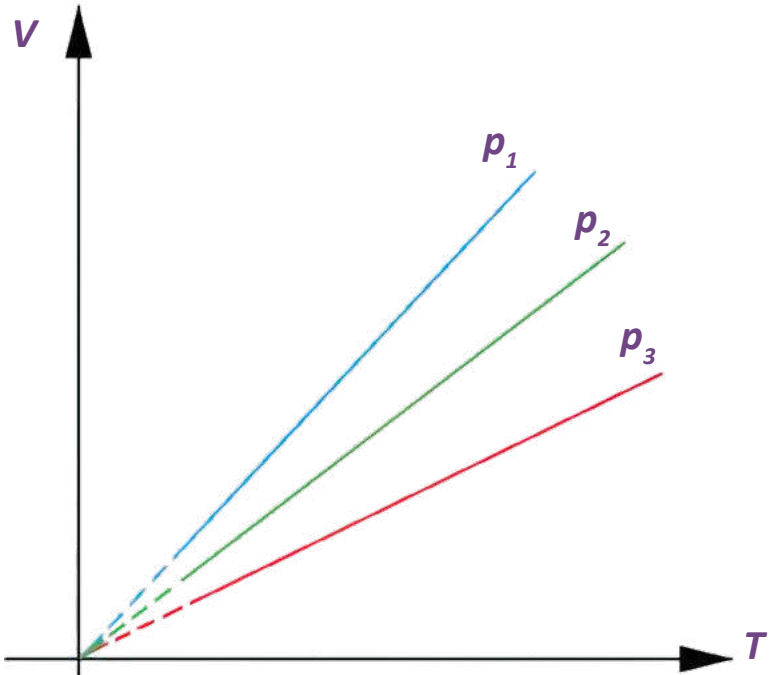
$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \quad (11)$$

ამრიგად, მუდმივი წნევის პირობებში რამდენჯერაც იზრდება ან მცირდება ტემპერატურა, იმდენჯერ გაიზრდება ან შემცირდება მოცულობა. ამ პროცესს თვალსაჩინოდ შეიძლება დავაკვირ-

დეთ, თუ ავიღებთ პლასტიკის ბოთლებს. ერთი ბოთლი ოთახის ტემპერატურაზე დავხუროთ ჰერმეტიკულად და შევდგათ საყინულეში; მეორე ბოთლი თავლია შევდგათ საყინულეში, ხოლო როდესაც ბოთლში არსებული ჰაერი გაცივდება, დავხუროთ მჭიდროდ და დავდგათ თბილ ოთახში. გარკვეული დროის შემდეგ ვნახავთ, რომ ის ბოთლი, რომელსაც თავსახური თბილ ოთახში დავახურეთ და შემდეგ გავაცივეთ, დაიჭმუჭნება ანუ მოცულობაში შემცირდება. როგორც კი თავსახურს მოვხსნით, ბოთლში კიდევ შევა ჰაერი

და იგი პირვანდელ ფორმას დაიბრუნებს. ე.ი. გაცივებისას ჰაერის მოცულობა შემცირდა და ბოთლიც ამიტომ შეჭმუჭნა. მეორე ბოთლს კი, რომელსაც თავსახური საყინულეში დავახურეთ და მერე გავათბეთ, თავსახურს თუ მოვხსნით, ვნახავთ, რომ მისგან ჰაერი გამოვა, ე.ი. გათბობის გამო ჰაერი გაფართოვდა და ბოთლში წნევა გაიზარდა, ამიტომ გარეთ გამოვიდა. მოცულობისა და ტემპერატურის დამოკიდებულების გრაფიკს იზობარა ეწოდება.

**სურათი 17.**  
იზობარები.



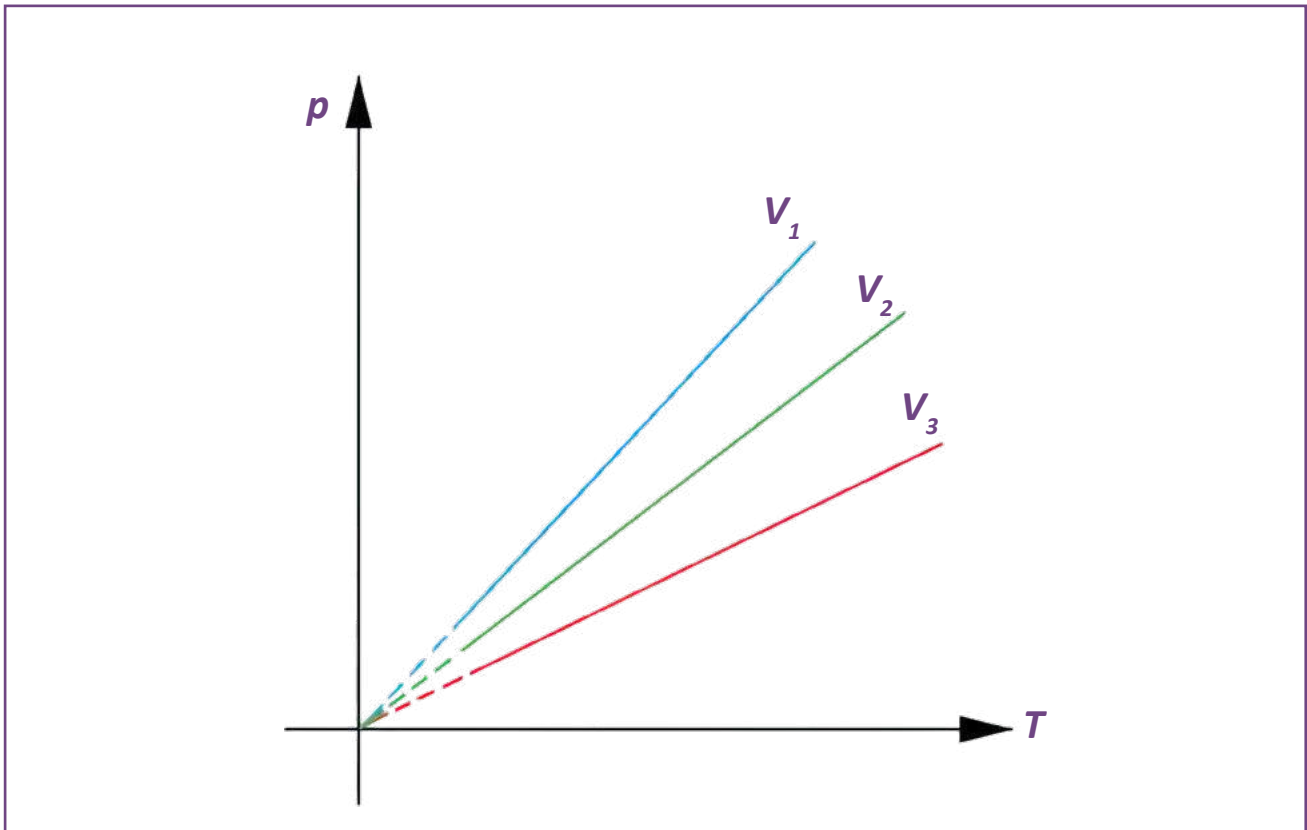
**სურათი 16-ზე მოცემულია იზობარები. თუ 12 ტოლობას ასე გამოვსახავთ**

$$V = \frac{\text{const}}{p} T, \quad (12)$$

მაშინ მარტივად მივიღებთ, რომ  $P_1 < P_2 < P_3$ . ბოლოს განვიხილოთ შემთხვევა, როდესაც თერმოდინამიკური პროცესი მიმდინარეობს მუდმივი მოცულობის შემთხვევაში. ასეთ პროცესს **იზოქორული** პროცესი ეწოდება.  $PV/T = \text{const}$  განტოლებიდან მივიღებთ თანაფარდობას იზოქორული პროცესისთვის მუდმივი მასის აირის შემთხვევაში:

$$P_1/P_2 = T_1/T_2. \quad (13)$$

ერთი და იმავე მასის აირისთვის ორ სხვადასხვა მდგომარეობაში წნევათა შეფარდება მუდმივი მოცულობის პირობებში მათი აბსოლუტური ტემპერატურების შეფარდების ტოლია. ეს დამოკიდებულება ექსპერიმენტულად დაადგინა ფრანგმა მეცნიერმა ჟაკ შარლმა და მას შარლის კანონი ეწოდება. წნევისა და ტემპერატურის ურთიერთდამოკიდებულების გრაფიკს იზოქორა ეწოდება.



**სურათი 18.** იზოქორები.

ნახაზზე მოცემულია იზოქორები სამი სხვადასხვა მოცულობის შემთხვევაში. იზობარული პროცესების მსგავსად აქაც მივიღებთ, რომ

$$p = \frac{\text{const}}{V} T, \quad (14)$$

საიდანაც  $V_1 < V_2 < V_3$ . აბსოლუტურ ნულთან მიახლოებული ტემპერატურების დროს რეალური აირები უფრო მეტად განსხვავდებიან იდეალური აირისგან, ამიტომ იზობარების და იზოქორების გრაფიკებზე ამ ნაწილს წყვეტილი ხაზებით გამოსახვენ.

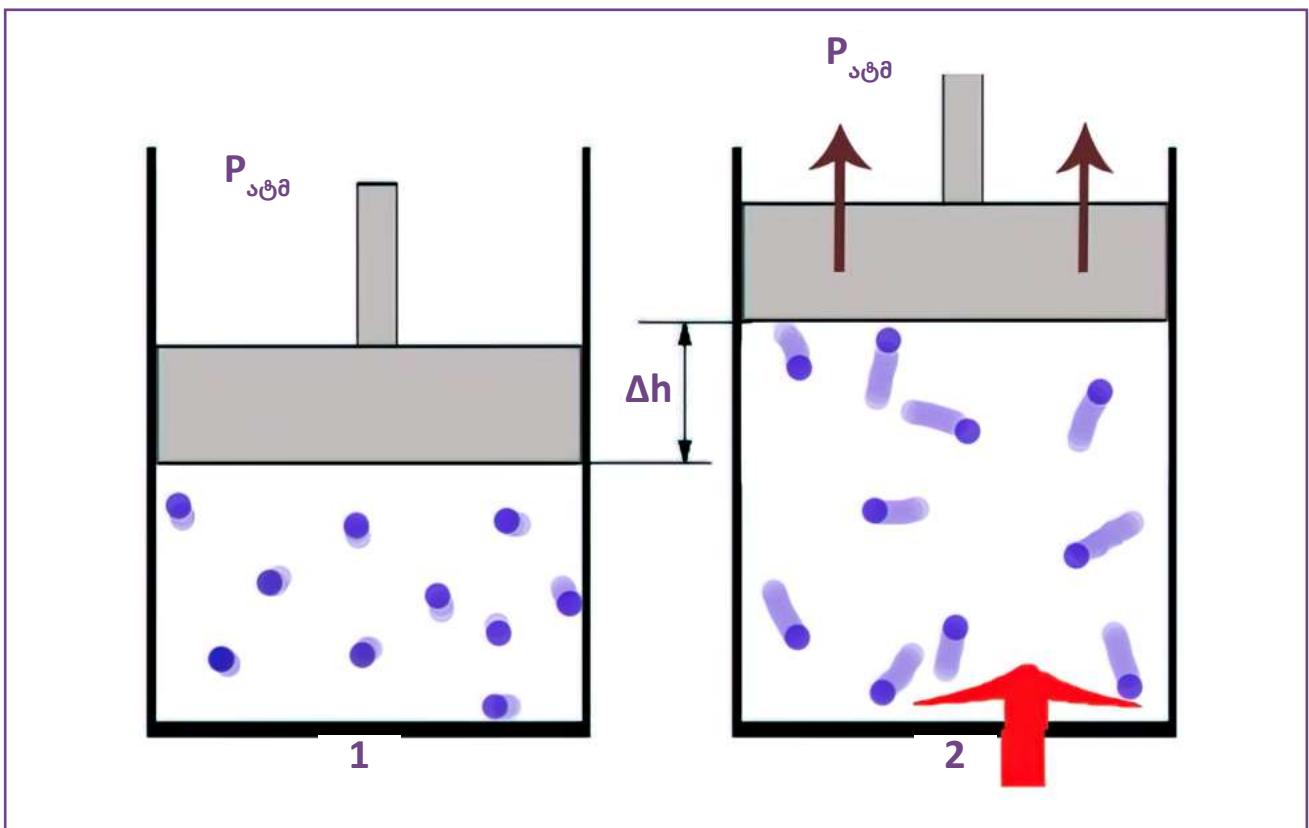
**? კითხვები:**

1. დაახასიათეთ იზოთერმული პროცესი;
2. დაახასიათეთ იზობარული პროცესი;
3. დაახასიათეთ იზოქორული პროცესი.

## 4. თერმოდინამიკის პირველი და მეორე კანონი

ცნობილია, რომ თერმოდინამიკაში განიხილება სითბური პროცესების დამოკიდებულება სხეულის მაკროსკოპულ პარამეტრებზე – წნევაზე, მოცულობასა და ტემპერატურაზე. სხეულის შინაგანი ენერჯია, რომელიც წარმოადგენს ამ სხეულის შემადგენელი ნაწილაკების კინეტიკური და პოტენციური ენერჯიების ჯამს, გამოვსახოთ

მაკროსკოპული პარამეტრებით. ვნახოთ, რისი ტოლი იქნება მუშაობა, რომელსაც შეასრულებს იდეალური აირი. წარმოვიდგინოთ, რომ ცილინდრულ ჭურჭელში გვაქვს მოთავსებული იდეალური აირი, რომელიც გამიჯნულია გარემოსგან უწონო დგუშით (იხ. სურათი 18).



სურათი 19. აირის გაფართოება.

ვინაიდან დგუში უწონოა, აირის წნევა უნდა იყოს ატმოსფერული წნევის ტოლი; თუ აირს გავათბობთ, იგი გაფართოვდება და უწონო დგუშს ზევით ასწევს; რადგან დგუში მოძრავია, აირის წნევა დარჩება მუდმივი ანუ აირი იზობარულად გაფართოვდება. მოცულობა გაიზრდება იმდენჯერ, რამდენჯერაც გაიზრდება აბსოლუტური ტემპერატურა. ძალა, რომლითაც აირი აწევს

დგუშს, ტოლია აირის წნევისა და დგუშის ფართობის ნამრავლის:

$$F=PS. \quad (15)$$

რადგან წნევა და, შესაბამისად წნევის ძალა უცვლელია, შესრულებული მუშაობა ტოლი იქნება:

$$A=F\Delta h=PS\Delta h=PA\Delta V. \quad (16)$$

იზობარული პროცესის დროს იდეალური აირის მიერ შესრულებული მუშაობა ტოლია აირის წნევის ნამრავლისა აირის მოცულობის ცვლილებაზე. თუ აირი ფართოვდება და იგი ასრულებს დადებით მუშაობას, მისი შინაგანი ენერგია მცირდება, ხოლო თუ იკუმშება და ასრულებს უარყოფით მუშაობას, მისი შინაგანი ენერგია იზრდება...

ჩვენ აღვნიშნეთ, რომ ნივთიერების შინაგანი ენერგია ტოლია მისი შემადგენელი ნაწილაკების ენერგიების ჯამისა. ჩავთვალოთ ერთატომიანი აირი იდეალურ აირად. ამ შემთხვევაში მისი შინაგანი ენერგია იქნება ატომთა მხოლოდ კინეტიკური ენერგიების ჯამი. ერთი ნაწილაკის ენერგიას თუ გავამრავლებთ ატომების რაოდენობაზე, მივიღებთ აირის შინაგან ენერგიას და იგი გამოისახება ასე:

$$U = 3nRT/2. \quad (17)$$

ვხედავთ, რომ იდეალური აირის შინაგანი ენერგია დამოკიდებულია მის ტემპერატურაზე. ტემპერატურის ცვლილება დამოკიდებულია იმაზე, სითბოს რა რაოდენობას გადავცემთ აირს, თუ მუშაობის შესრულება არ ხდება. ასეთი სიტუოგადაცემის დროს აირის შინაგანი ენერგია იზრდება იმდენით, რა რაოდენობის სითბოც გადავცით აირს. სითბოს რაოდენობა, რომელიც გადავცემა ან რომელსაც გასცემს აირი სითბოცვლის დროს, შინაგანი ენერგიის ცვლილების ტოლია:

$$\Delta U = Q. \quad (18)$$

უკვე ვთქვით, რომ იდეალური აირის შინაგანი ენერგიის ცვლილება შესაძლებელია მუშაობის შესრულებითა და სითბოს გადაცემით. ახლა ენერგიის მუდმივობის კანონის ჩამოყალიბება სითბური მოვლენებისთვის შეიძლება ასე: ერთი მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლისას სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილება ტოლია გარე ძალების მიერ შესრულებული მუშაობისა და მასზე გადაცემული სითბოს რაოდენობის ჯამისა. ამას თერმოდინამიკის პირველი კანონი ეწოდება და ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$\Delta U = A_{\text{გარე}} + Q. \quad (19)$$

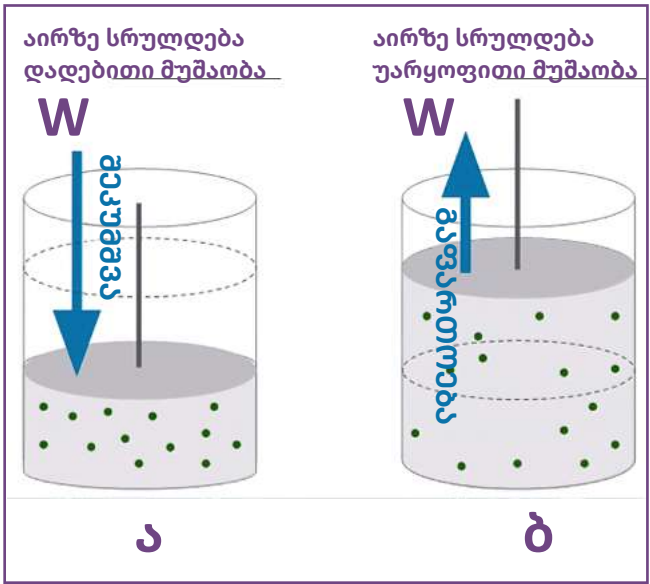
როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, როდესაც გარე ძალები დადებით მუშაობას ასრულებენ, მაშინ სისტემის შიგა ძალების შესრულებული მუშაობა უარყოფითია და სისტემის ენერგია იზრდება; ხოლო როდესაც დადებით მუშაობას სისტემის შიგა ძალები ასრულებენ, მაშინ სისტემის ენერგია მცირდება. გარე და შიგა ძალების ანუ აირის მიერ შესრულებული მუშაობები მოდულით ტოლია:

$$A_{\text{გარე}} = -A_{\text{შიგა}}. \quad (20)$$

მაშინ შესაძლებელია, თერმოდინამიკის პირველი კანონი ასე ჩამოვყალიბოთ: სისტემაზე გადაცემული სითბოს რაოდენობა ხმარდება სისტემის შინაგანი ენერგიის ცვლილებას და აირის მიერ მუშაობის შესრულებას:

$$Q = A_{\text{შიგა}} + \Delta U. \quad (21)$$

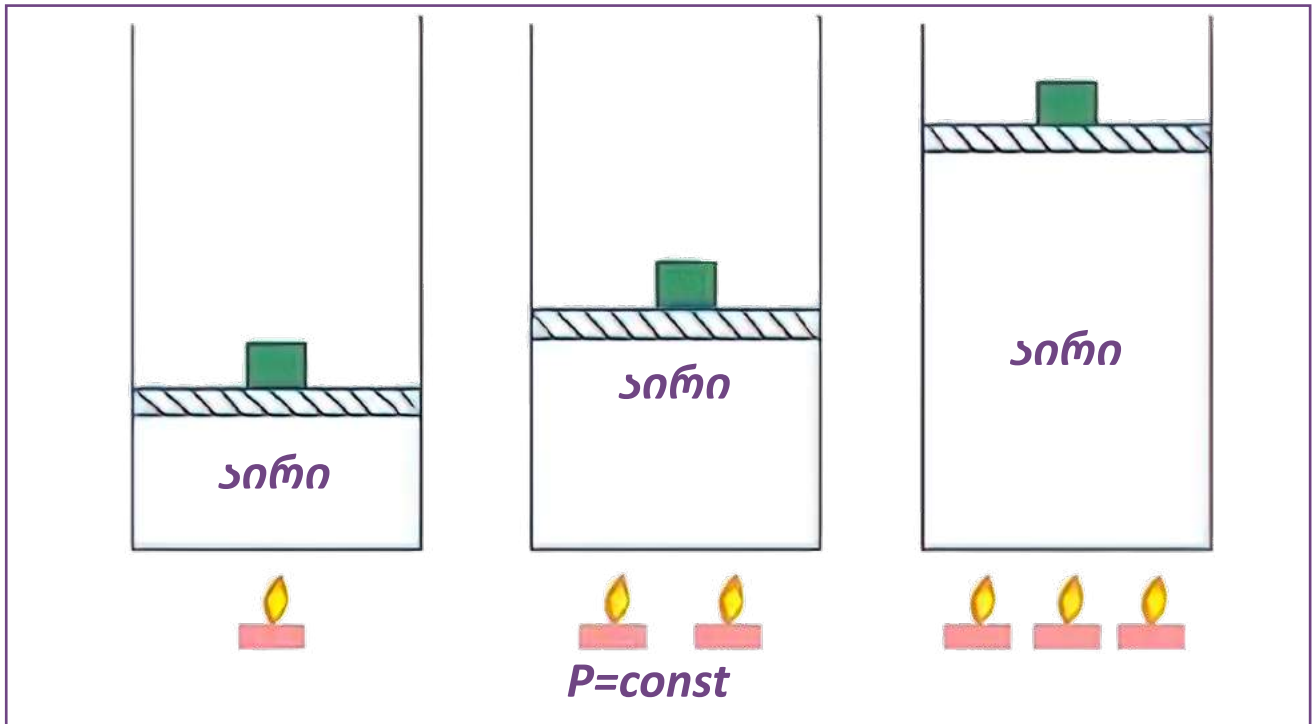
სურათებზე მოცემულია შემთხვევები, როდესაც აირზე ვასრულებთ დადებით (ა) და უარყოფით (ბ) მუშაობას. ამ დროს (ა) აირი ასრულებს უარყოფით მუშაობას, იკუმშება და მისი შინაგანი ენერგია იზრდება. გაფართოებისას (ბ) კი აირი შეასრულებს დადებით მუშაობას ანუ გარე ძალები შეასრულებენ უარყოფითს და აირის ენერგია შემცირდება.



**სურათი 20.** გარე ძალების მიერ შესრულებული დადებითი (ა) და უარყოფითი (ბ) მუშაობა.

მეორე სურათზე ვხედავთ, როგორ არის დამოკიდებული აირის მიერ შესრულებული მუშაობა მისთვის გადაცემულ სითბოზე. რაც მეტ სითბოს გადავცემთ აირს, მით მეტად აიწევს დგუში

მაღლა; ე.ი. რაც მეტი შინაგანი ენერგია გააჩნია აირს, მით მეტი მუშაობის შესრულების უნარი აქვს მას.



**სურათი 21.**

აირის მიერ შესრულებული მუშაობა გადაცემული სითბოს სხვადასხვა მნიშვნელობისთვის.

ბუნებაში ყველა მაკროსკოპული თერმოდინამიკური პროცესი ერთი მიმართულებით მიმდინარეობს ანუ ცხელი სხეულიდან ცივზე გადაცემული სითბო უკან ვეღარ დაუბრუნდება ცხელს ცივი სხეულიდან. მაშინ თერმოდინამიკის მეორე კანონი შეიძლება ჩამოვყალიბოთ ასე:

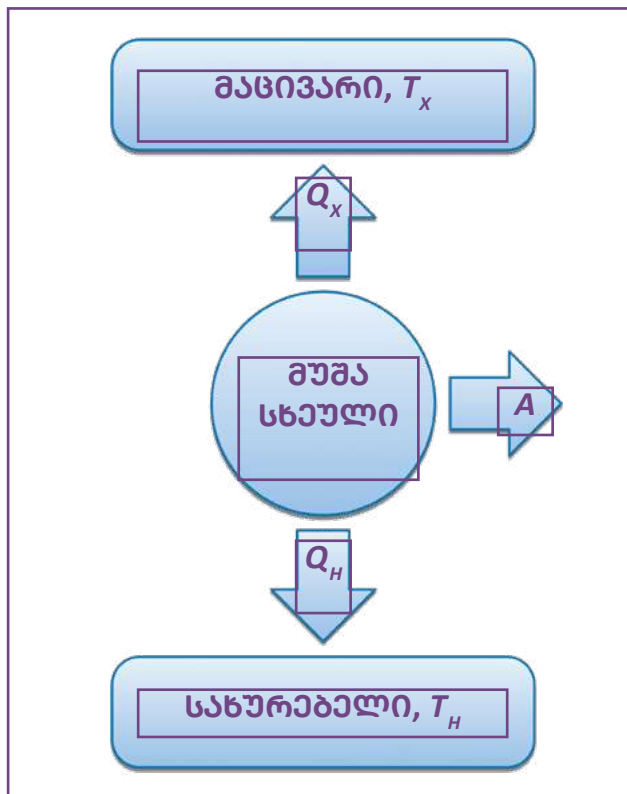
**ბუნებაში მიმდინარე ყველა მაკროსკოპული თერმოდინამიკური პროცესი შეუქცევადია და იქამდე მიმდინარეობს, სანამ თერმოდინამიკური წონასწორობა დამყარდება.** თერმოდინამიკური წონასწორობა ისეთი მდგომარეობაა, როდესაც სისტემის თერმოდინამიკური პარამეტრები (ტემპერატურა, წნევა, მოცულობა) დროში აღარ იცვლება, როდესაც სისტემა გარემოსგან იზოლირებულია.

**კითხვები:**

1. როგორ გამოისახება აირის მიერ შესრულებული მუშაობა იზობარული პროცესის დროს?
2. რა სიდიდეებზეა დამოკიდებული ერთატომიანი იდეალური აირის შინაგანი ენერგია?
3. როგორ ჩამოყალიბდება თერმოდინამიკის პირველი კანონი?
4. რაზე შეიძლება დაიხარჯოს აირისთვის გადაცემული სითბოს რაოდენობა?
5. როგორ მიმდინარეობს მაკროსკოპული თერმოდინამიკური პროცესები?

## 5. სითბური ძრავები და შიგნის ძრავა

ბუნებაში მიმდინარე პროცესების დროს მუდმივად ხდება ენერჯის ერთი სახის მეორედ გარდაქმნა. ასეთი გარდაქმნების განხორციელება ადამიანებმაც ვისწავლეთ და მათ ჩვენს სასარგებლოდ ვიყენებთ მას. მაგალითისთვის, სითბური ენერჯის გარდაქმნა მექანიკურ ენერჯად შესაძლებელია სითბური ძრავის საშუალებით. ვნახოთ, რას წამოადგენს სითბური ძრავა და როგორ მუშაობს იგი. სითბური ძრავების ძირითადი ნაწილებია სახურებელი, მუშა სხეული და მაცივარი.



**სურათი 22.** სითბური ძრავა.

სახურებელი გადასცემს  $Q_1$  სითბოს მუშა სხეულს, რომელიც ამ სითბური ენერჯის ხარჯზე გაფართოვდება, შეასრულებს მუშაობას და დარჩენილ სითბოს  $Q_2$  გადასცემს მაცივარს. შესრულებული მუშაობა ტოლი იქნება სახურებელიდან მიღებული და მაცივრისთვის გადაცემული სითბოს რაოდენობათა სხვაობის:

$$A = Q_1 - Q_2 \quad (22)$$

ე.ი. სითბური ძრავის მიერ შესრულებული მუშაობა ტოლია მუშა სხეულის შინაგანი ენერჯების სხვაობისა და დამოკიდებულია სახურებლის –  $T_1$  და მაცივრის –  $T_2$  ტემპერატურებზე.

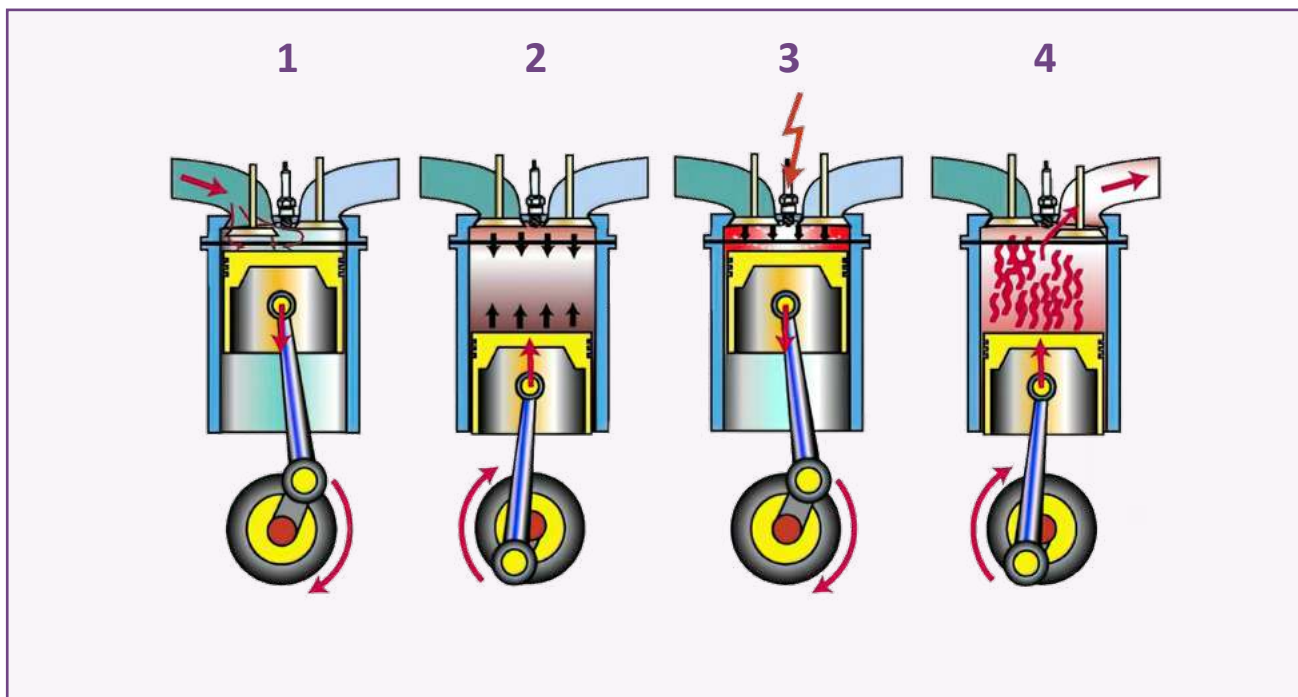
სითბურ ძრავას, ისევე როგორც ნებისმიერ სხვა ძრავას, გააჩნია მარგი ქმედების კოეფიციენტი. იგი ტოლია შესრულებული მუშაობის შეფარდებისა იმ სითბოს რაოდენობასთან, რომელიც გადასცა სახურებელმა მუშა სხეულს და გამოსახულია პროცენტებში:

$$\eta = \frac{A}{Q} \cdot 100\% \quad (23)$$

სითბური ძრავის მარგი ქმედების კოეფიციენტი ტემპერატურების საშუალებითაც გამოისახება:

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\% \quad (24)$$

სითბურ ძრავებს მიეკუთვნება ორთქლის ძრავა და შიდაწვის ძრავა. ახლა ვნახოთ, როგორ არის მოწყობილი და როგორ მუშაობს შიდაწვის ძრავა.



**სურათი 23.** შიდაწვის ძრავის მუშაობის ტაქტები.

მუშა სხეული სითბურ ძრავებში არის აირი. შიდაწვის ძრავის მუშაობისას ერთი სრული ციკლი სრულდება, რომელიც ოთხი ტაქტისგან შედგება: 1 – შიდაწვის ძრავაში ხდება საწვავისა და ჰაერის ნარევის შეშვება მარცხენა სარქველიდან ისეთი რაოდენობით, რომ მიიღონ მგრგვინავი ნარევი; 2 – როდესაც დგუში იმყოფება ისეთ მდგომარეობაში, რომ ცილინდრის თავისუფალი მოცულობა მინიმალურია, სპეციალური სანთლის საშუალებით ნარევი გაიელვებს ელექტრონაპერწკალი; 3 – აფეთქებული ნარევი გარდაიქმნება ცხელ აირად და გადაადგილებს დგუმს; აფეთქების დროს ორივე სარქველი დახშულია; 4 – გადაადგილებული დგუმის უკან დაბრუნების დროს იხსნება მარჯვენა სარქველი და გამოიღვენება გაცივებული ნამწვავი აირი. ასე მეორდება ციკლურად ძრავის მუშაობა.



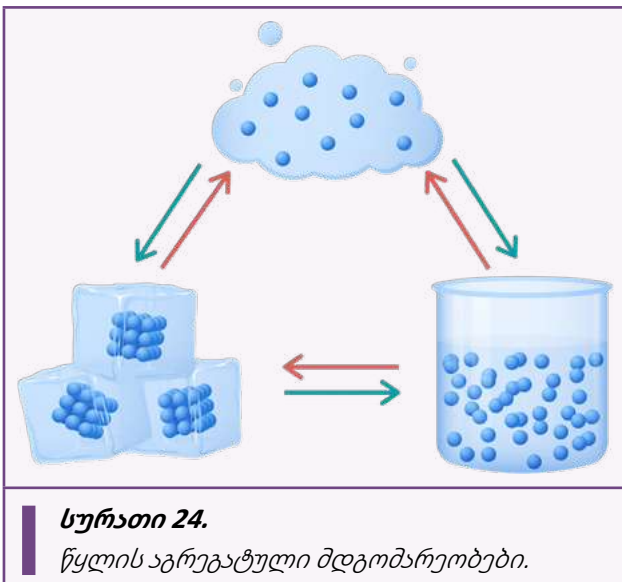
**კითხვები:**

1. რას წარმოადგენს სითბური ძრავა?
2. როგორ განისაზღვრება სითბური ძრავის მუშაობა?
3. რისი ტოლია სითბური ძრავის მარგი ქმედების კოეფიციენტი?
4. შეიძლება თუ არა, რომ მარგი ქმედების კოეფიციენტი 100%-ის ტოლი იყოს?
5. რას წარმოადგენს შიდაწვის ძრავა?
6. როგორ მუშაობს შიდაწვის ძრავა?

## 6. კაპილარული მოვლენები

### 6.1. ზედაპირული დაჭიმულობა

გავიხსენოთ, რომ ნივთიერება გვხვდება სამ ძირითად აგრეგატულ მდგომარეობაში, ესენია: მყარი, თხევადი და აირადი; ასევე, შეიძლება არსებობდეს პლაზმურ მდგომარეობაში. ამ თავში განვიხილავთ თხევადი ნივთიერების კიდევ ერთ მახასიათებელს და ამ მახასიათებელზე დამოკიდებულ სითხის თვისებებსა და მოვლენებს. პირველ რიგში, გავიხსენოთ განსხვავება სითხისა და მყარი ნივთიერების მოლეკულათა ურთიერთდამოკიდებულებას შორის.



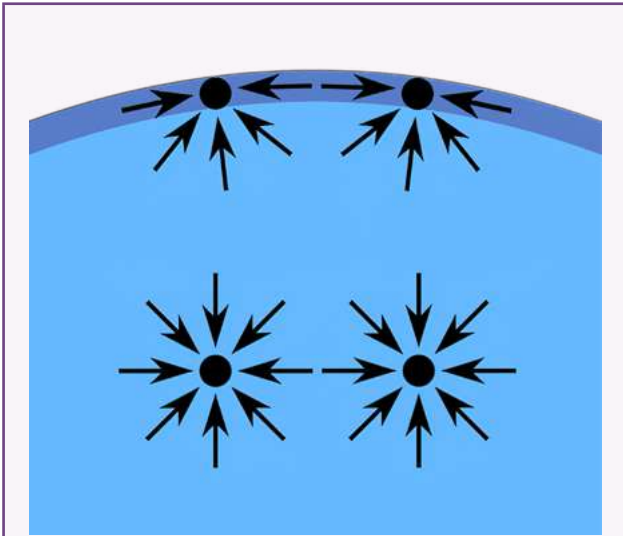
მყარი ნივთიერებისგან განსხვავებით, სითხის მოლეკულები ერთმანეთთან კრისტალური მესერიტ არ არიან დაკავშირებულნი და, მიუხედავად იმისა, რომ ისინი მჭიდროდ არიან განლაგებულნი, მათ შეუძლიათ ერთმანეთისთვის ადგილის გაცვლა. ამიტომ სითხეებს არ აქვთ უნარი, შეინარჩუნონ ფორმა. სითხე, რომელიც ასხია ჭურჭელში, ეხება მინიმუმ ორ გარემოს – ჭურჭლის კედლებსა და ჰაერს. სითხის იმ ზედაპირს, რომლითაც იგი ჰაერს ეხება, ვუწოდოთ თავისუფალი ზედაპირი.



**სურათი 25.**

სითხის თავისუფალი ზედაპირი.

თუ დავაკვირდებით, სითხის თავისუფალი ზედაპირი აკვს მოგვაგონებს, თითქოს სითხეს აკვი აქვს გადაკრული (*იხ.სურათი 25*). როგორ შეიძლება აიხსნას ასეთი გამყოფი ზედაპირის არსებობა და მისი ბუნება? თავისუფალ ზედაპირზე განლაგებულ მოლეკულებზე ერთი მხრიდან ურთიერთქმედებენ ჰაერისა და ამ სითხის ორთქლის მოლეკულები და მეორე მხრიდან – სითხის მოლეკულები. სითხის სიღრმეში განლაგებული მოლეკულები გარშემორტყმულია მასთან სიახლოვეში მყოფი ასევე სითხის მოლეკულებით, ნებისმიერ მათგანზე ყოველი მხრიდან მოქმედი ძალები ერთმანეთის ტოლია და ერთმანეთს აკომპენსირებენ, ხოლო თავისუფალ ზედაპირზე განლაგებულ მოლეკულებზე სითხის მხრიდან მოქმედი ძალა აღემატება ჰაერის მხრიდან მოქმედ ძალას და ამიტომ ზედაპირზე განლაგებული მოლეკულები გადაადგილდებიან სითხისკენ და უფრო მჭიდროდ განლაგდებიან ერთმანეთთან. ამის შედეგად, სითხის ზედაპირზე მიიღება უფრო მტკიცე შრე, ვიდრე დანარჩენი ფენებია სითხეში.



**სურათი 26.** სითხის სხვადასხვა ფენებში მოლეკულებზე მოქმედი შიდა ძალები.



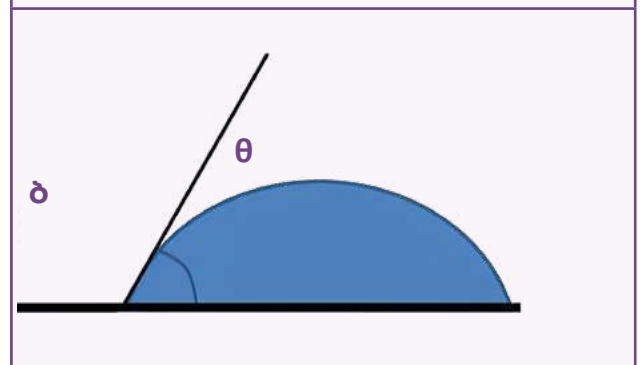
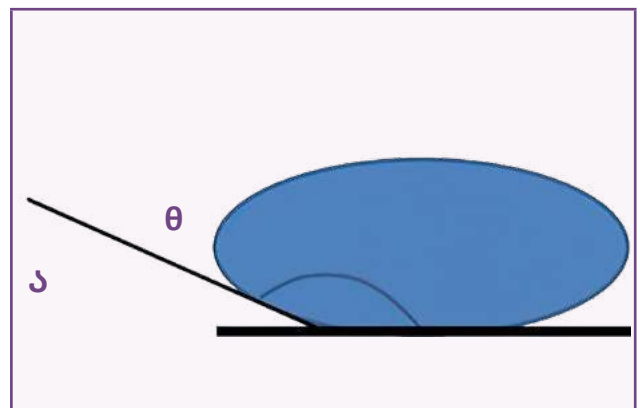
**სურათი 27.** წყლის წვეთი.

სითხის თავისუფალ ზედაპირზე მოქმედი ძალები მიმართულია სითხის სიღრმისკენ და ქმნიან ერთგვარად დაჭიმულ ზედაპირს. დაჭიმული ზედაპირი ცდილობს, მინიმალური ფართობი დაიკავოს, სწორედ ამიტომ ღებულობს სითხის წვეთი სფერულ ფორმას. ძალას, რომელიც ცდილობს, შეამჭიდროვოს სითხის ზედაპირზე განლაგებული მოლეკულები, **სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა** უწოდეს. ეს ძალა დამოკიდებულია ზედაპირის შემომსაზღვრელი წირის  $l$  სიგრძეზე და  $\sigma$  ზედაპირული დაჭიმულობის კოეფიციენტზე.

$$F = \sigma l, (N)$$

სადაც  $\sigma$  დაჭიმულობის კოეფიციენტი დამოკიდებულია სითხის გვარობაზე და მისი ერთეული არის ნ/მ ან ჯ/მ<sup>2</sup> ერთეულთა საერთაშორისო სისტემაში SI.

ახლა განვიხილოთ სითხისა და მყარი ნივთიერების ზედაპირების ურთიერთქმედება. ალბათ შეგიძინევიათ, რომ მყარ ზედაპირზე დაღვრილი სითხე ზოგ შემთხვევაში ამ ზედაპირზე წვეთების სახით განლაგდება (ა), ზოგჯერ კი მასზე განირთხმება (ბ).

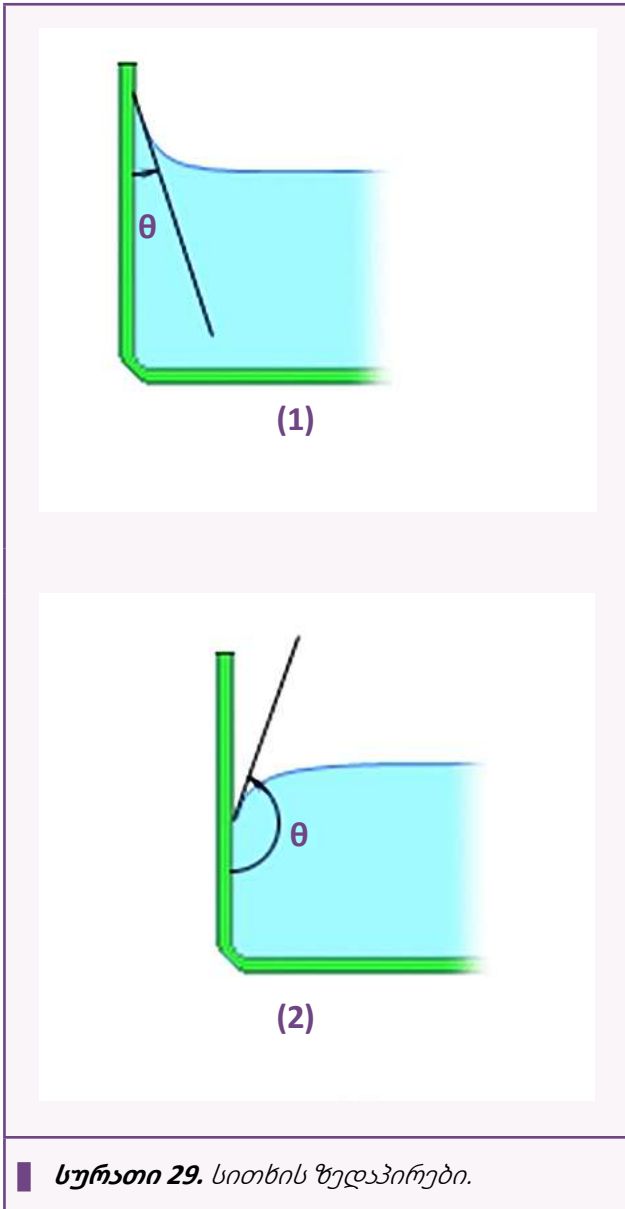


**სურ.28.**

სითხის და ზედაპირის ურთიერთქმედების ორი შემთხვევა

ეს შედეგები დამოკიდებულია სითხისა და მყარი სხეულის გვარობაზე. მაგალითად, წყლის წვეთი მინის ზედაპირზე ბ – სურათზე ნაჩვენებ ფორმას მიიღებს, ხოლო თუ წყალს დავაწვეთებთ გაქონილ ზედაპირს, მაშინ წვეთი მიიღებს ა – სურათზე გამოსახულ ფორმას. თუ მინაზე ზეთს დავასხამთ, იგი თითქმის მთლიანად განირთხმება ზედაპირზე.

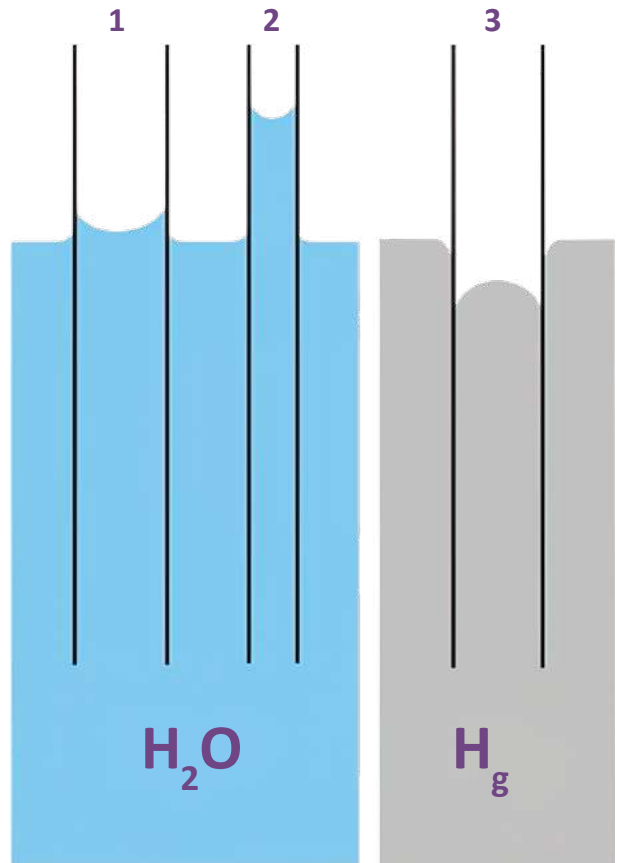
ჭურჭელში ჩასხმული სითხე შეიძლება ემნი-  
დეს ამოზნექილ (2) ან ჩაზნექილ (1) ზედაპირს  
(სურათი 29), ეს დამოკიდებულია იმაზე, თუ  
როგორ ურთიერთქმედებენ ერთმანეთთან ამ  
სითხისა და მყარი სხეულის მოლეკულები. თუ  
სითხის მოლეკულებს შორის



ურთიერთქმედების ძალა მეტია, ვიდრე სითხისა  
და მყარი სხეულის მოლეკულებს შორის არსე-  
ბული ურთიერთქმედების ძალა, მაშინ სითხე წვე-  
თის ფორმას მიიღებს, ამგვარ ჭურჭელში კი მისი  
ზედაპირი ამოზნექილი იქნება. ასეთ სითხეს ამ  
ზედაპირის არადამსველებელ სითხეს უწოდებენ

(სურათი 29 (2)); ხოლო თუ სითხის მოლეკულებს  
შორის მიზიდვის ძალა ნაკლებია სითხისა და  
მყარი სხეულის მოლეკულებს შორის არსებულ  
მიზიდვის ძალაზე, მაშინ სითხე ზედაპირზე  
განირთხმება, ასეთ ჭურჭელში კი იგი ჩაზნექილ  
ფორმას მიიღებს. ამგვარ სითხეს ამ ზედაპირის  
დამსველებელ სითხეს უწოდებენ (სურათი 29 (1)).

თუ სითხეში მცირე დიამეტრის მილს მოვათავ-  
სებთ, მასში სითხის დონემ შეიძლება აიწიოს ან  
დაიწიოს, იმის მიხედვით, დამსველებელადია თუ  
არა ეს სითხე. მაგალითად, თუ



**სურათი 30.** სითხე მილებში.

წყალში ჩავუშვებთ მცირე დიამეტრის მინის მილს, წყლის დონე მილში აიწევს უფრო მაღლა, ვიდრე წყლის დონეა ჭურჭელში და რაც უფრო მცირე იქნება მილის დიამეტრი, დონეთა სხვაობა იქნება უფრო მეტი (**სურათი 30 (1-2)**). ამასთან, მილის გარეთა კედელზეც წყალი მცირედ აიწევა. თუ იმავე მილს ვერცხლისწყალში მოვათავსებთ, მაშინ მილში ვერცხლისწყლის დონე დაბლა დაიწევს, ჭურჭელში არსებულ ვერცხლისწყლის დონესთან შედარებით, და მილის გარეთა ზედაპირთანაც სითხე მცირედ დაიწევა (**სურათი 30 (3)**). წყალი ასველებს მინის მილს ანუ მილის მოლეკულები უფრო დიდი ძალით იზიდავენ წყლის მოლეკულებს, ვიდრე წყლის მოლეკულები ერთმანეთს, ამიტომ აიწია მილში წყლის დონემ. ვერცხლისწყალი მინას არ ასველებს, რადგან ვერცხლისწყლის მოლეკულებს შორის მიზიდვის ძალა აღემატება მინისა და ვერცხლისწყლის მოლეკულებს შორის მიზიდვის ძალას.



**კითხვები:**

1. რა არის სითხის თავისუფალი ზედაპირი?
2. როგორ ჩნდება სითხის თავისუფალ ზედაპირზე ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა?
3. რატომ იღებს სფეროს ფორმას კოსმოსში გამხეფებული სითხის წვეთი?
4. თქვენი აზრით, როგორ ახერხებენ ჭაობის მწერები წყლის ზედაპირზე დაჯდომას?
5. როგორ გამოითვლება სითხის ზედაპირული დაჭიმულობის ძალა?
6. რას ეწოდება დამსველებელი და არადამსველებელი სითხეები?
7. რა მოხდება, თუ წვრილ მილს ჩავუშვებთ დამსველებელ სითხეში? არადამსველებელ სითხეში?

## 6.2. კაპილარული მოვლენები

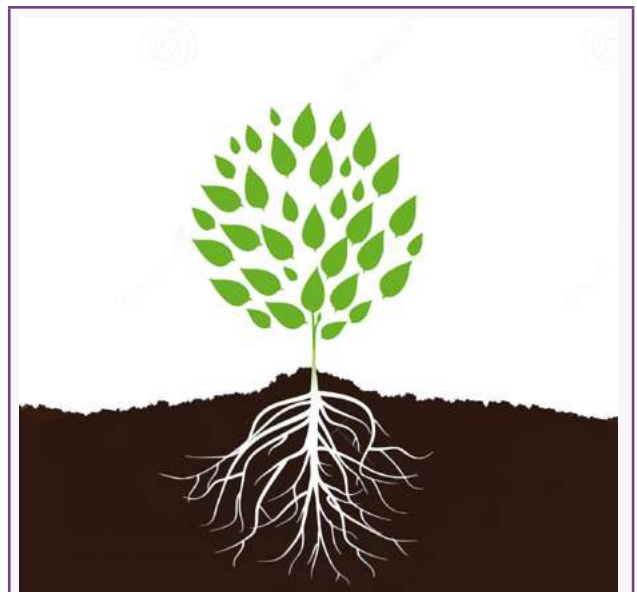
ჩვენ შეგვიძინევია ისეთი მოვლენები, როდესაც სითხეში ნაწილობრივ ჩაშვებული სხეული ამ სითხით იჟლინთება. მაგალითად, საშრობი ქაღალდის კუთხეს თუ წყალში ჩავუშვებთ, დავინახავთ, რომ ქაღალდის ის ნაწილიც დასველდება, რომელიც არ არის შეხებაში სითხესთან. ასევე გვინახავს ზეთში ან ნავთში ჩაშვებული ფითილი, რომელსაც უსველდება ის ნაწილიც, რომელიც ამ სითხეში ჩაშვებული არ არის. ალბათ შეგვიძინევია, რომ სველი ხელების გამშრალება საშრობი ქაღალდით ან ბამბის ქსოვილით უფრო მოსახერხებელია, ვიდრე შალის ან სინთეტიკური ქსოვილით; კანდელში ფითილად აუცილებლად ბამბის დაფს იყენებენ და არა შალისას, რადგან დანთებული კანდელიდან ბამბის დაფი მთლიანად ამოწოვს ზეთს კანდელიდან.



**სურათი 31.** კანდელი.

თუ სითხე, რომელსაც ქსოვილს შევახებთ, ამ ქსოვილის დამსველებელი სითხეა, მაშინ ქსოვილი შეიწოვს მას. ამის შედეგი არის ე.წ. კაპილარული მოვლენა. კაპილარი ძალიან მცირე დიამეტრის მილს წარმოადგენს. თუ წარმოვიდგენთ, რომ ეს ქსოვილები შედგება წაგრძელებული უჯრედ-

ბისგან, რომლებიც უწვრილეს მილებს წარმოადგენენ, მაშინ ადვილი ასახსნელია, რატომ შეიწოვება სითხე ამ ქსოვილის მიერ. ჩვენ ზემოთ აღვნიშნეთ, რომ რაც უფრო მცირეა მილის დიამეტრი, მით მალეა იწევს მილში სითხის დონე. რადგან ქსოვილებში უწვრილესი სიცარიელებია, ამ მილაკებში ხდება სითხის შეწოვა. ამისათვის აუცილებელია, რომ სითხე იყოს ამ ქსოვილის დამსველებელი სითხე.



**სურათი 32.**

*მცენარეთა კვება ნიადაგიდან ფესვებით.*

ასეთი კაპილარული მოვლენების შედეგად ხდება მცენარეთა მიერ ნიადაგიდან სითხის შეწოვა. მცენარეების ღეროვანი უჯრედები უწვრილეს მილებს წარმოადგენენ; სწორედ მათი საშუალებით შეიწოვება სითხე ნიადაგიდან. მცენარეთა კვება მთლიანად კაპილარულ მოვლენებზეა დამყარებული.



**სურათი 33.** სანთლები.

სწორედ კაპილარულ მოვლენებზე არის დამყარებული კანდელის ან სანთლის წვა, რომელიც ზევით ვახსენეთ. ფითილი იწოვს ზეთს, დამდნარ პარაფინს ან ცვილს და დანთებულ კანდელში ან სანთელში იწვის არა ფითილი, არამედ ზეთი, ცვილი ან გამდნარი პარაფინი.

**კითხვები:**

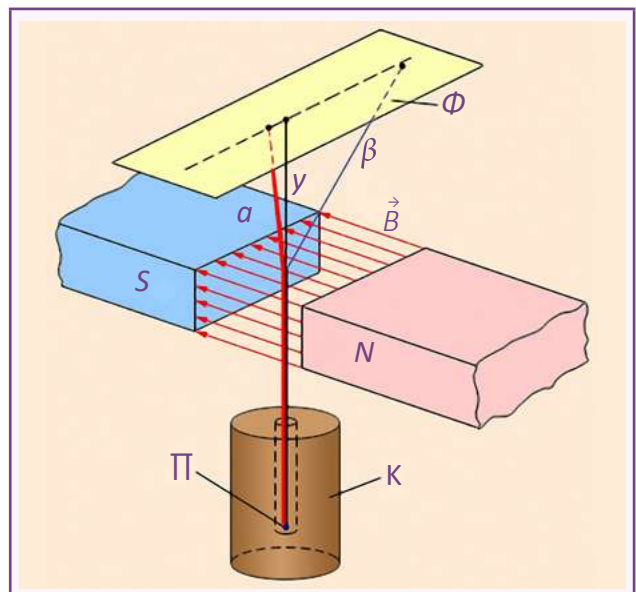
1. სანთლის ფითილი რატომ არის ბამბის ძაფის და არა შალის?
2. რას წარმოადგენს კაპილარი?
3. სითხის დონე როგორ მილში აიწევს უფრო მაღლა – წვრილში თუ მსხვილში?
4. როგორ იკვებებიან ნიადაგიდან მცენარეები?

## 7. რადიაქტიურობა

### 7.1. $\alpha$ , $\beta$ და $\gamma$ გამოსხივება

მეცხრამეტე საუკუნის მიწურულს და მეოცე საუკუნის დასაწყისში მეცნიერების ყურადღება ისეთმა მოვლენებმა მიიპყრო, რომელთა ახსნაც კლასიკური მექანიკისა და ელექტროდინამიკის კანონებით შეუძლებელი იყო. ფრანგმა მეცნიერმა ანტუან ანრი ბეკერელმა შეამჩნია, რომ ზოგიერთი ნივთიერება მზის სხივებით დასხივების შემდეგ თვითონ ანათებდა. ბეკერელი ცდებს ატარებდა ურანის მარილებზე. მას მიაჩნდა, რომ ნათება გამოწვეული იყო მზის დასხივებით. ერთხელაც, უამინდობის გამო, მან ცდა ვერ ჩაატარა, ურანის მარილით დაფარული ჯვარი შავ ქაღალდში შეფუთულ ფოტოფირფიტაზე მოათავსა და უჯრაში შეინახა. ფოტოფირფიტის გამჟღავნების შემდეგ ბეკერელმა მასზე ჯვრის მკაფიო გამოსახულება დაინახა. აღმოჩნდა, რომ ურანის მარილები თავისით ასხივებდა და ეს სხივი არ იყო ხილული სპექტრის სხივი; ბეკერელი თვლიდა, რომ ეს იყო რენტგენის გამოსხივება. ამ მოვლენას შემდგომში ცოლ-ქმარმა კიურებმა ბუნებრივი რადიაქტივობა უწოდეს. ურანის სხვადასხვა მარილზე დაკვირვებით დადგინდა, რომ რადიაქტივობა დამოკიდებული იყო შენაერთში ურანის რაოდენობაზე და არა შენაერთის გვარობაზე. რადიაქტიური ნივთიერებებით დაინტერესდნენ მარია სკლოდოვსკაია-კიური და მისი მეუღლე პიერ კიური. მარია სკლოდოვსკაია-კიურის შრომები რადიაქტიურ ნივთიერებათა შესწავლის შესახებ საფუძვლად დაედო ფიზიკისა და ქიმიის ახალ დარგებს. 1898 წლის ივლისში ცოლ-ქმარმა კიურებმა აღმოაჩინეს ახალი ქიმიური ელემენტი – პოლონიუმი. ასე უწოდეს ამ ელემენტს მარია კიურის პატივსაცემად – იგი წარმოშობით პოლონელი გახლდათ. ამავე წლის დეკემბერში აღმოაჩინეს რადიუმი, რომელიც ძალიან ძლიერი გამოსხივებით ხასიათდება. რადიაქტივობა – ეს არის გამოსხივება, რომელიც გამოწვეულია ქიმიური ელემენტის ატომგულის თავისთავადი დაშლით. მოგვიანებით დადგინდა, რომ რადიაქტიურია ქიმიური ელემენტების არამდგრადი იზოტოპები და ყველა ის ელემენტი, რომელსაც

მენდელეევის სისტემაში 83-ე ნომერზე მაღალი რიგითი ნომერი აქვს. მეცნიერები ცდილობდნენ, დაედგინათ ამ გამოსხივების ბუნება, გაეგოთ, რას წარმოადგენდა რადიაქტიური გამოსხივება. გამოითქვა ვარაუდი, რომ ამ გამოსხივების მიზეზი იყო თვითონ ატომის გარდაქმნის პროცესი. ერნესტ რეზერფორდმა ჩაატარა მარტივი ექსპერიმენტი: ტყვიის ნაჭერში ამოჭრილ ვიწრო ცილინდრის ფსკერზე მოათავსა რადიუმის ნიმუში, ხოლო ცილინდრის პირდაპირ – ფოტოფირფიტა. ფირფიტის გამჟღავნების შემდეგ ნახეს, რომ ზუსტად ცილინდრის პირდაპირ გამოჩნდა ერთი მუქი ლაქა. მას შემდეგ, რაც ცილინდრსა და ფირფიტას შორის შექმნეს ძლიერი ელექტრული ან მაგნიტური ველი, ფირფიტაზე მიიღეს სამი ლაქა ანუ საწყისი სხივი სამად გაიშალა; ერთი ისევ ცილინდრის პირდაპირ ეცემოდა ფირფიტას, ხოლო დანარჩენი ორი ურთიერთსაწინააღმდეგო მხარეს იყო გადახრილი. დადგინდა, რომ რადიაქტიურ ნივთიერებას ახასიათებს სამი სხვადასხვა ტიპის –  $\alpha$ ,  $\beta$  და  $\gamma$  გამოსხივება.



სურათი 34. რეზერფორდის ცდა.

რას წარმოადგენს თითოეული მათგანი?

$\gamma$  გამოსხივება წარმოადგენს ელექტრომაგნიტურ ტალღას. აღმოჩნდა, რომ მისი ტალღის სიგრძე რენტგენის სხივის ტალღის სიგრძეზე ნაკლებია, შესაბამისად, სიხშირე რენტგენის ტალღის სიხშირეზე მეტია. რაც შეეხება  $\alpha$  და  $\beta$  სხივებს, დადგინდა, რომ ისინი დამუხტული ნაწილაკებია.  $\beta$  სხივები წარმოადგენს ბირთვიდან ამოტყორცნილ ელექტრონების ან ანტიელექტრონების ნაკადს. მათი მასა ძალიან მცირეა და ისინი სინათლის სხივის სიჩქარესთან მიახლოებული სიჩქარით მოძრაობენ.  $\alpha$  ნაწილაკების მუხტი ორჯერ აღემატება ელემენტარულ მუხტს, ხოლო მასა ოთხჯერ მეტია პროტონის მასაზე. რადგან ცდამ აჩვენა, რომ ისინი გადაიხრებიან  $\beta$  ნაწილაკების საწინააღმდეგოდ, ამიტომ დადგინდა, რომ მათი მუხტი დადებითია. იმ დროისთვის ჯერ კიდევ არ ჰქონდათ ზუსტი წარმოდგენა ატომის აღნაგობის შესახებ.



### კითხვები:

1. რას დააკვირდა ბეკერელი?
2. რა მოვლენა აღმოაჩინეს კიურებმა?
3. რა სახის გამოსხივებები ახასიათებს რადიაქტიურ ნივთიერებებს?
4. დაახასიათეთ ეს გამოსხივებები.

## 7.2. ატომის აგებულება

მართალია, ჩვენ უკვე შევხვებოთ ატომის აღნაგობის საკითხს ამ სახელმძღვანელოს პირველ თავში, მაგრამ კიდევ ერთხელ გავიხსენოთ. ტომსონი მიიჩნევდა, რომ ატომი სფეროა, სადაც დაღე-

ბითი და უარყოფითი ნაწილაკები სიმეტრიულად არიან განლაგებულნი. რეზერფორდმა თავისი ცდით შეცვალა წარმოდგენა ატომის აღნაგობის შესახებ.

ტომსონის მოდელი

რეზერფორდის მოდელი

ტყვიის ყუთი

ნაწილაკების წყარო

ოქროს ფირფიტა

მოსალოდნელი შედეგი

ტყვიის ყუთი

ნაწილაკების წყარო

ოქროს ფირფიტა

საღიან გადახრილი სხივები

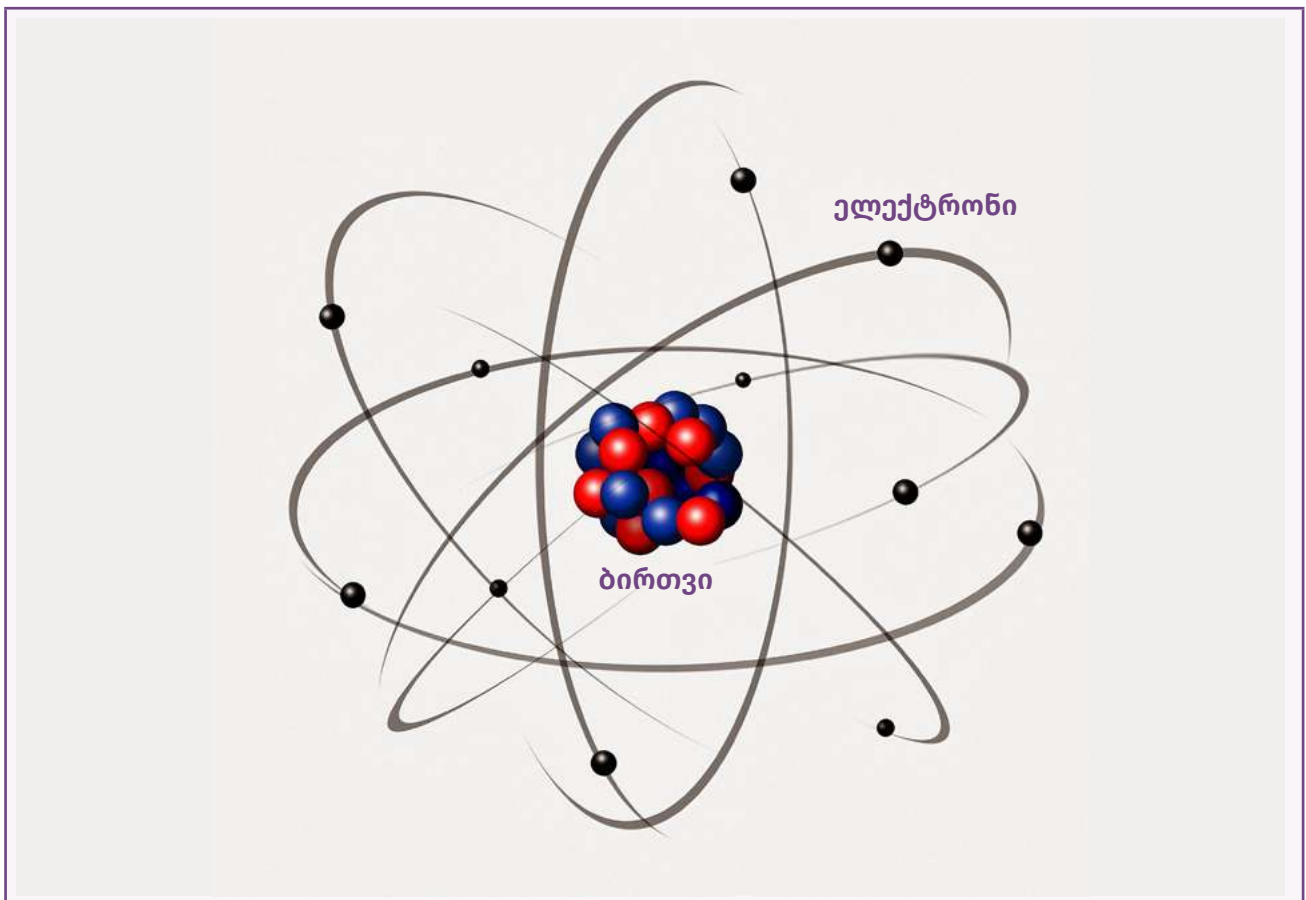
ოდნავ გადახრილი სხივები

მიღებული შედეგი

**სურათი 35.** ატომის მოდელები და რეზერფორდის ცდა.

იგი აკვირდებოდა ალფა  $\alpha$  ნაწილაკებს, რომლებიც ასხივებდა თხელ ოქროს ფირფიტას. მან შეამჩნია, რომ ნაწილაკების ნაწილი იშვიათად, მაგრამ მაინც უკუიქცეოდა, ნაწილი კი მცირედ გადაიხრებოდა. აქედან გამომდინარე, მან დაასკვნა, რომ ატომი შედგება ატომის ბირთვისა და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონებისგან. ახლა ცნობილია, რომ ატომბირთვი დადებითად დამუხტული პროტონებისა და ნეიტრალური ნეიტრონებისგან შედგება, ხოლო მის გარშემო

მოძრაობენ უარყოფითად დამუხტული ელექტრონები. ბირთვის მასა ატომის მასის 99,98% – ია, ხოლო ბირთვის მოცულობა ატომის მოცულობის  $1/1000000000000000$  ნაწილია. რეზერფორდის ექსპერიმენტების შედეგები ატომის ასეთი აღნაგობის შემთხვევაში ლოგიკურია. ატომის ბირთვის აღმოჩენის შემდეგ დადგინდა, რომ  $\alpha$  ნაწილაკი წარმოადგენს ჰელიუმის ატომის ბირთვს. სურათზე ნაჩვენებია ატომის პლანეტარული მოდელი.



■ სურათი 36. ატომის პლანეტარული მოდელი.

**? კითხვები:**

1. დაასახელეთ ატომის მოდელები;
2. დაახასიათეთ ისინი;
3. აღწერეთ რეზერფორდის ცდა.

### 7.3. ბორის პოსტულატები. ნახევარდაშლის პერიოდი

პლანეტარული მოდელის თანახმად, ელექტრონები მოძრაობენ ბირთვის გარშემო. დამუხტული ნაწილაკი მოძრაობისას უნდა ასხივებდეს ელექტრომაგნიტურ ტალღას, გამოსხივების შედეგად მისი ენერგია უნდა შემცირდეს და ამიტომ ელექტრონი უნდა დაეცეს ბირთვს. გამოდის, რომ ატომმა ძალიან ცოტა ხანს უნდა იცოცხლოს. სინამდვილეში ატომი განუსაზღვრელად დიდხანს არსებობს. დანიელმა მეცნიერმა ნილს ბორმა ჩამოაყალიბა თეორია, რომლითაც აიხსნება ატომის პლანეტარული მოდელის არსებობა. მან თავისი თეორია ჩამოაყალიბა პოსტულატების სახით:

- ატომი შეიძლება იმყოფებოდეს მხოლოდ განსაკუთრებულ სტაციონარულ მდგომარეობაში, რომელსაც შეესაბამება რაღაც ენერგია; სტაციონარულ მდგომარეობაში ატომი არ ასხივებს;
- ერთი ენერგეტიკული მდგომარეობიდან მეორეში გადასვლის შემთხვევაში გამოსხივდება ან შთანთქმდება ელექტრომაგნიტური ენერგიის ულუფა ანუ კვანტი;
- გამოსხივება ხდება მაღალი ენერგეტიკული მდგომარეობიდან დაბალში გადასვლისას;

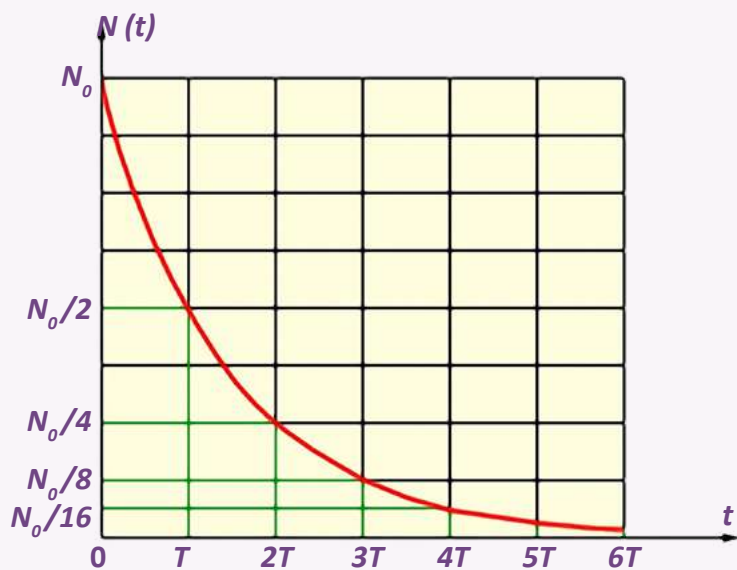
- დაბალი ენერგიის მდგომარეობიდან მაღალში გადასვლისას ხდება შთანთქმა.

რეზერვორდმა დაკვირვებებისას შეამჩნია, რომ რადიაქტიური ნივთიერების აქტივობა დროის მიხედვით მცირდებოდა. შემცირება ხდებოდა საინტერესო კანონზომიერებით: რა დროც იხარჯებოდა ნივთიერების აქტივობის 2-ჯერ შესამცირებლად, ზუსტად იგივე დრო იყო საჭირო დარჩენილი ნახევრის კიდევ 2-ჯერ შესამცირებლად, მეოთხედი აქტივობის გასანახევრებლად იგივე დრო იყო საჭირო და ა.შ. ანუ რა დროშიც იშლებოდა ნივთიერების ნახევარი, დარჩენილი ნახევარი იმავე დროში არ დაიშლებოდა, დაიშლებოდა დარჩენილი ნახევრის ნახევარი. დროს, რომლის განმავლობაში ნახევრდება რადიაქტიური ნივთიერება, ნახევარდაშლის პერიოდი უწოდეს. სხვადასხვა რადიაქტიურ ნივთიერებას სხვადასხვა ნახევარდაშლის პერიოდი გააჩნია. იგი ზოგი ნივთიერებისთვის წამის მემილიონედია, ზოგისთვის – მილიარდი წელი.

ქვემოთ გრაფიკზე ნაჩვენებია, თუ როგორ მცირდება რადიაქტიური ნივთიერების ატომების რაოდენობა დროის მიხედვით. აქ  $N$  – ატომების რიცხვია, ხოლო  $T$  – ნახევარდაშლის პერიოდი.

**სურათი 37.**

რადიაქტიური ნივთიერების ატომების რაოდენობის ცვლილება დროის მიხედვით რადიაქტიური დაშლისას.



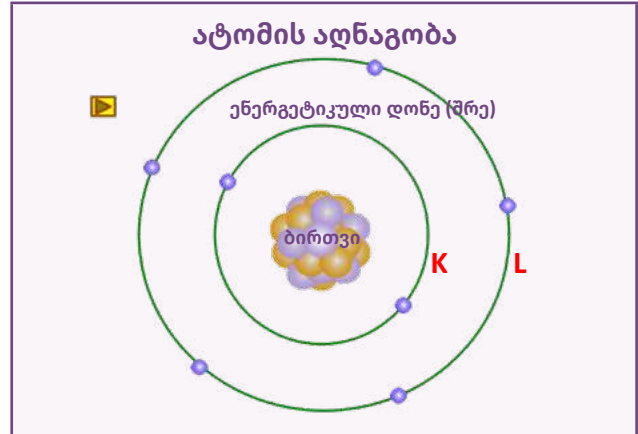
რადიექტიური იზოტოპების ნახევრად დაშლის პერიოდის ცოდნა საშუალებას გვაძლევს, დავადგინოთ არქეოლოგიური გათხრებისას ნაპოვნი ნივთებისა და ძვლების ასაკი. მოქმედების პრინციპი მდგომარეობს შემდეგში:  $^{14}\text{C}$  ნახშირბადის რადიექტიური იზოტოპი მუდმივად წარმოიქმნება ატმოსფეროში კოსმოსური სხივების აირად აზოტზე ზემოქმედებით; შემდგომში ეს ნახშირბადი წარმოქმნის სხვა ნივთიერებებს, რომლებიც შეიწოვება მცენარეებისა და ცხოველების მიერ, ხოლო როდესაც ისინი დაიხოციებიან, ორგანიზმსა და გარემოს შორის ნახშირბადის ამ კონკრეტული იზოტოპის ცვლა წყდება, რის შემდეგაც ნახშირბადი ორგანიზმში რჩება და იწყებს რადიექტიურ დაშლას. როდესაც მეცნიერები ძველი მცენარის ნაშთს ან ცხოველის ძვალს აღმოაჩენენ, შეუძლიათ დაადგინონ მათი დაახლოებითი ასაკი, იმის მიხედვით, თუ რა რაოდენობის  $^{14}\text{C}$  დაიშალა მისი გარდაცვალებიდან დღემდე. ნახშირბად  $^{14}\text{C}$ -ს ნახევარდაშლის პერიოდია 5 730 წელი. ამ დროში ნახევრდება რადიექტიური ატომების რაოდენობა.

? კითხვები:

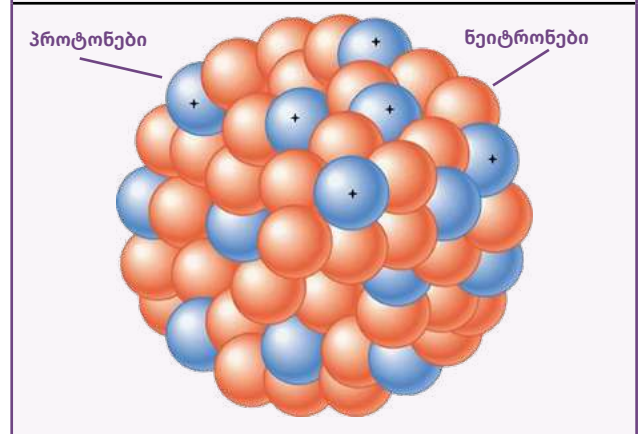
1. ჩამოაყალიბეთ ბორის პოსტულატები;
2. რა არის რადიექტიური ნახევარდაშლის პერიოდი?
3. რა გამოყენება აქვს რადიექტიური ნახევარდაშლის პერიოდს?

## 8. ბირთვის ბმის ენერგია. მასის დეფიციტი

ვიციტ, რომ რეზერვორდის პლანეტარული მოდელის თანახმად, ატომი ატომბირთვისა და მის გარშემო მოძრავი ელექტრონებისგან შედგება. ატომის ცენტრალურ ნაწილში – ბირთვში თავმოყრილია ატომის მთელი დადებითი მუხტი და თითქმის მთელი მასა. ატომის ბირთვის (ან, მოკლედ, ბირთვის) არსებობა ექსპერიმენტულად დაადგინა ერნესტ რეზერვორდმა 1911 წელს. მართალია, ბირთვი ატომში უმნიშვნელო მოცულობას იკავებს, მაგრამ ატომის თითქმის მთელი მასა მის ბირთვშია თავმოყრილი. ამიტომ ამ უკანასკნელის სიმკვრივე ძალზე დიდია. ბირთვული ნივთიერების 1 სმ<sup>3</sup> დაახლოებით ას მილიონ ტონას აიწონიდა. ატომის ბირთვი შედგება პროტონებისა და ნეიტრონებისაგან. ამ ნაწილაკებს ნუკლონებს უწოდებენ. ატომური ერთეულებით გამოსახული პროტონისა (1,00758) და ნეიტრონის (1,00897) მასა ახლოსაა ერთთან, მაშინ, როდესაც ელექტრონის მასა იმავე ერთეულებით 0,000548-ს უდრის. ამიტომ ელექტრონული გარსის სრული მასა, ატომის ბირთვის მასასთან შედარებით, უმნიშვნელოა. ბირთვის მასა განსაზღვრავს ატომის თითქმის მთლიან მასას და ატომურ ერთეულებში ახლოსაა მთელ რიცხვთან. ამ მთელ რიცხვს (A) ატომის ბირთვის მასურ რიცხვს უწოდებენ. ატომის ბირთვში შემავალი პროტონების რიცხვს (Z) კი – ბირთვის ატომურ ნომერს. ბუნებაში გვხვდება სტაბილური ნივთიერების იზოტოპები. ნივთიერების იზოტოპი არის იმ ატომთა ერთობლიობა, რომელთა ბირთვი შეიცავს პროტონების ერთნაირ და ნეიტრონების განსხვავებულ რაოდენობას, ამიტომ იზოტოპების ელექტრონული გარსი ელექტრონების ერთნაირ რაოდენობას შეიცავს. შედეგად, იზოტოპებს იდენტური ქიმიური თვისებები ახასიათებთ და უკავიათ ერთი და იგივე ადგილი ელემენტთა მენდელეევის პერიოდულ სისტემაში.



სურათი 38. ატომი.



სურათი 39. ატომის ბირთვი.

ბირთვში თავმოყრილი პროტონები დადებითად დამუხტული ნაწილაკებია, ბუნებრივია, ისინი განიზიდავენ ერთმანეთს ელექტრონული ძალებით. ჩნდება კითხვა: რატომ არ იშლება ბირთვი? სავარაუდოდ, ბირთვის ნაწილაკებს შორის უნდა მოქმედებდეს მიზიდულობის ძალები, რომელებიც ელექტრონულ ძალებს აღემატება. ძალებს, რომელთა მოქმედების შედეგად, ბირთვის ნაწილაკები ერთად არის თავმოყრილი, ბირთვული ძალები უწოდეს. ეს ძალები 100-ჯერ აღემატება ელექტრომაგნიტური ურთიერთქმედების ძალებს და ბუნებაში არსებულ ყველა ურთიერთქმედებაზე ძლიერია, ამიტომ ბირთვული ნაწილაკების

ურთიერთქმედებას ძლიერი ურთიერთქმედება უწოდეს. ძლიერი ურთიერთქმედების ძალებს ახლოქმედება ახასიათებს, ისინი  $10^{-15}$ - $10^{-14}$  სმ მანძილზე ავლენენ ურთიერთქმედებას. უფრო მეტ მანძილზე ისინი ძალზედ სუსტდებიან. ბირთვული ძალების სიდიდე არ არის დამოკიდებული ნაწილაკების მუხტზე. პროტონებს შორის მიზიდვის ძალა ტოლია ნეიტრონებს შორის მიზიდვის ძალისა. ასევე, ბირთვულ ძალებს ახასიათებს ნაჯერობის თვისება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ბირთვში არსებული ნუკლონი ურთიერთქმედებს მის მეზობლად არსებულ არა ყველა ნუკლონთან, არამედ გარკვეულ რაოდენობასთან. ამით შეიძლება ავხსნათ მძიმე ელემენტების ნაკლებად მდგრადობა. იმის გამო, რომ ბირთვში ნუკლონებს შორის მოქმედებს ძალიან დიდი მიზიდვის ძალები, ბირთვის ნუკლონებად დასაშლელად საჭიროა საკმაოდ დიდი მუშაობის შესრულება. იმ მინიმალურ ენერგიას, რომელიც უნდა დავხარჯოთ ბირთვის ნუკლონებად დასაშლელად, ბირთვის ბმის ენერგია უწოდეს. ასევე, ცალკეული ნაწილაკებისგან ბირთვის წარმოქმ-

ნისას გამოიყოფა ბმის ენერგიის ტოლი ენერგია. ატომის ბირთვის თითოეულ ნუკლონზე მოსულ ბმის ენერგიას უწოდეს ბირთვის ბმის კუთრი ენერგია. ზუსტი გაზომვებით დადგინდა, რომ ჰელიუმის ბირთვის მასა (ჰელიუმის ბირთვი ორი პროტონისა და ორი ნეიტრონისგან შედგება) ნაკლებია ორი პროტონისა და ორი ნეიტრონის მასათა ჯამზე.

○ **ბირთვის მასა ყოველთვის ნაკლებია მისი შემადგენელი პროტონებისა და ნეიტრონების მასათა ჯამზე; მასათა ამ სხვაობას მასის დეფექტი ეწოდება.**

მსუბუქი ბირთვების სინთეზის დროს და მძიმე ბირთვების გაყოფის დროს ხდება ენერგიის გამოყოფა. ეს ენერგია არის ბმის ენერგია, რომელიც ძალიან დიდი სიდიდეა. მაგალითისთვის, 4 გრამი ჰელიუმის სინთეზის დროს გამოყოფილი ენერგია ტოლია 300-400 ტონა ქვანახშირის დაწვისას გამოყოფილი ენერგიისა. ბირთვული ენერგიის გამოყენება შესაძლებელი გახდა ეგრეთ წოდებული ჯაჭვური რეაქციის აღმოჩენის შემდეგ.



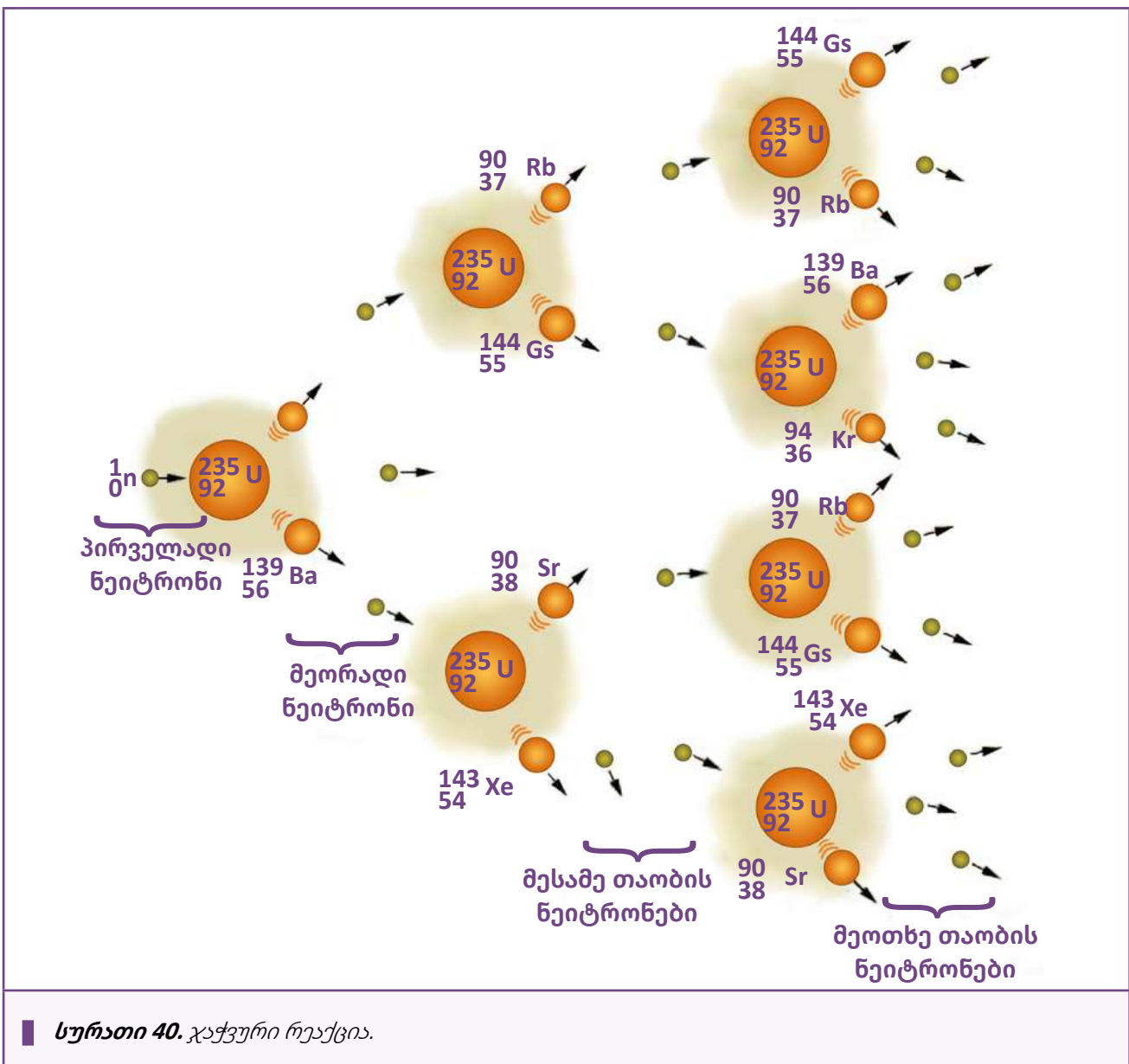
**კითხვები:**

1. რა ძალები მოქმედებს ბირთვის შიგნით?
2. დაახასიათეთ ძლიერი ურთიერთქმედება;
3. რა არის ბირთვის ბმის ენერგია? კუთრი ენერგია?
4. რა არის მასის დეფექტი?

## 9. ჯაჭვური რეაქციები. ბირთვული რეაქტორი

როგორია ჯაჭვური რეაქციის პრინციპი? პირველადი ნეიტრონებით ხდება ბირთვების გაყოფა. ურანის ბირთვი გაყოფის შედეგად გამოყოფს ორ ან სამ თავისუფალ ნეიტრონს. ეს თავისუფალი ნეიტრონები თავისთავად იწვევს სხვა ბირთვების

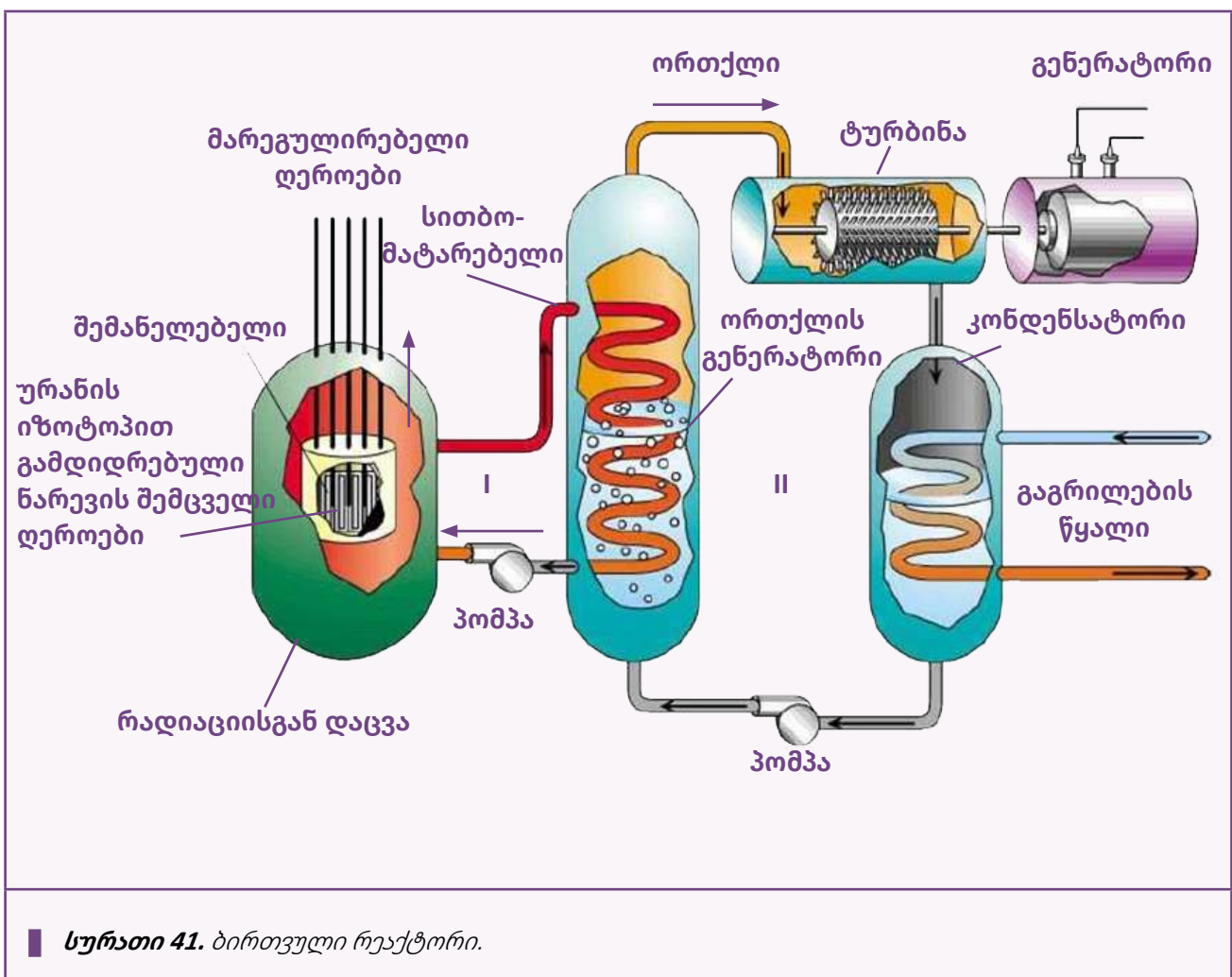
გახლეჩას და კვლავ გამოიყოფა თავისუფალი ნეიტრონები. ასეთნაირად გაყოფილი ბირთვების რაოდენობა ძალზე სწრაფად იზრდება და ასე მიმდინარეობს ჯაჭვური რეაქცია (**ინილეთ სურათი 40**).



სურათი 40. ჯაჭვური რეაქცია.

ჯაჭვური რეაქციის დროს ბირთვის გაყოფა ხდება გამოყოფილი ჩქარი ან ნელი ნეიტრონებით. ბირთვული რეაქციის მიმდინარეობის უზრუნველსაყოფად აუცილებელია, რომ გამოყოფილი შესაბამისი ნეიტრონების რაოდენობა არ მცირდებოდეს ანუ ყოველი თაობის ნეიტრონების რიცხვი ტოლი უნდა იყოს შემდეგი თაობის ნეიტრონთა რიცხვის. წინააღმდეგ შემთხვევაში, რეაქცია გაჩერდება. წინა და მომდევნო თაობის ნეიტრონების რაოდენობათა შეფარდება ერთის ტოლი უნდა იყოს. ამ შეფარდებას დაარქვენ ნეიტრონების გამრავლების კოეფიციენტი და აღნიშნეს  $k$  სიმბოლოთი. როდესაც  $k=1$ , რეაქცია მიმდინარეობს სტაბილურად. და პირიქით, თუ ყოველი შემდეგი თაობის ნეიტრონების რიცხვი ერთი პროცენტით მაინც გადააჭარბებს წინა თაობის ნეიტრონთა რიცხვს, მაშინ რეაქცია აჩქარდება და შეიძლება

პროცესი უკონტროლო გახდეს. ამიტომ საჭიროა ბირთვული ჯაჭვური რეაქციის მართვა. რეაქციის მართვა „ნელ“ რეაქტორში შესაძლებელია შემნელებლის საშუალებით. შემნელებლად გამოიყენება მძიმე წყალი ან ნახშირბადი. შემნელებელი არ შთანთქავს ნეიტრონებს, იგი ამცირებს მათ სიჩქარეს და მისი საშუალებით შეგვიძლია ვარეგულიროთ ნელი ნეიტრონების რაოდენობა. მოწყობილობას, სადაც ბირთვული ენერგია გარდაიქმნება სხვა სახის ენერგიად, ბირთვული რეაქტორი ეწოდება. მოცემულ სურათზე ნაჩვენებია ბირთვული რეაქტორის მუშაობის პრინციპი. ბირთვული ენერგია გარდაიქმნება სითბურ ენერგიად, სითბური ენერგია ტურბინაში – მექანიკურად და ეს მექანიკური ენერგია კი გენერატორში გარდაიქმნება ელექტრულ ენერგიად.



სურათი 41. ბირთვული რეაქტორი.

ადამიანმა ბირთვული ენერჯია გამოიყენა არა მარტო სამშვიდობო დანიშნულებით. მან შექმნა ატომური იარაღი, რომელმაც თავისი სიმძლავრით ყველა მანამდე არსებულ იარაღს გადააჭარბა. ბირთვული იარაღის მოქმედების პრინციპი ეფუძნება უმართავ ბირთვულ რეაქციას. იმისთვის, რომ რეაქცია შევიდეს ჯაჭვური რეაქციის ფაზაში, აუცილებელია შესაბამისი „საწვავი“, ურანი-235 იზოტოპის სახით. ურანი ბუნებაში გვხვდება ორი სხვადასხვა იზოტოპის სახით – ურანი-235 და ურანი-238. მას შემდეგ, რაც ურანი-235 შთანთქავს თავისუფალ ნეიტრონს, იგი იშლება და, ერთი მიღებული მაგივრად, ასხივებს სამ ნეიტრონს, რომლებიც, ეჯახებიან რა ურანი-235-ის სხვა ბირთვებს, იწვევენ მათ დამლა-აფეთქებას.

კაცობრიობის ისტორიაში ერთ-ერთი სამარცხვინო მოვლენა იყო ატომური იარაღის გამოყენება. 1945 წლის 6 აგვისტოს ბირთვული ბომბი, სახელად „ბიჭუნა“, ამერიკის შეერთებული შტატების სამხედრო ძალებმა ჩამოაგდეს ქალაქ ჰიროსიმაში, ხოლო სამი დღის შემდეგ მეორე ბომბი, სახელად „მსუქანა“ – ნაგასაკიში. მიჩნეულია, რომ ბირთვული დაბომბვისა და მასთან დაკავშირებული გარემოებების შედეგად, ჰიროსიმაში 140 000 ადამიანი დაიღუპა, ხოლო ნაგასაკიში – 74 000. ორივე ქალაქში მსხვერპლთა უმრავლესობა მშვიდობიანი მოსახლეობა იყო. შედარებისთვის გეტყვით, რომ ჰიროსიმაში ჩამოგდებული ბომბის სიმძლავრე 20 000 ტონა ტროტილის აფეთქების ტოლფასად მიიჩნევა. სურათებზე ნაჩვენებია ატომური ბომბების აფეთქების მომენტები.



**სურათი 42.**

ატომური ბომბის აფეთქება(ა).



**სურათი 43.**

ატომური ბომბის აფეთქება(ბ).

გარდა ატომის ბირთვის გაყოფის რეაქციისა, არსებობს ბირთვული ენერჯიის გამოყოფის სხვა გზა. ეს არის ბირთვული სინთეზის რეაქცია: ორი მსუბუქი ბირთვის – დეიტერიუმის (ერთი პროტონისა და ერთი ნეიტრონის ერთობლიობა) და თრიტიუმის (ერთი პროტონი და ორი ნეიტრონი) შეერთების რეაქცია. ამ რეაქციისთვის საჭიროა ძალიან მაღალი ტემპერატურა, ამიტომ მას თერმობირთვული რეაქცია ეწოდება.

თერმობირთვული რეაქცია მიმდინარეობს მზეზე. ასეთი რეაქციის მართვა ჯერჯერობით შეუძლებელია. იგი მხოლოდ სამხედრო დანიშნულებით იქნა გამოყენებული – ეს იყო წყალბადის ბომბი, რომელიც სიმძლავრით ატომურ ბომბს ბევრად აღემატება. წყალბადის ბომბის სიმძლავრე რომ წარმოიდგინოთ, გეტყვით: შეგვიძლია, ატომური ბომბი წყალბადის ბომბის მხოლოდ დეტონატორად მივიჩნიოთ.



**სურათი 44.** წყალბადის ბომბის აფეთქება.

1961 წლის 30 ოქტომბერს, დილით, „ცარ-ბომბით“ დატვირთულმა ბომბდამშენმა სტარტი აიღო უკიდურეს ჩრდილოეთში მდებარე კოლის ნახევარკუნძულიდან და ჩრდილოეთით გაფრინდა. თვითმფრინავმა ნოვია ზემოეთის არქიპელაგის ერთ-ერთი კუნძულის, სევერნის ნაპირებთან, ბარენცის ზღვის თავზე ჩამოაგდო ბომბი, რომელიც დედამიწის ზედაპირიდან 4000 მეტრ სიმაღლეზე აფეთქდა. ბომბდამშენი TU-95 აფეთქების ტალღაში მოჰყვა, მიუხედავად იმისა, რომ აფეთქების მომენტისთვის ის ეპიცენტრიდან 100 კილომეტრზე მეტით იყო დაშორებული. თვითმფრინავმა 1000 მეტრი სიმაღლე დაკარგა, მაგრამ საბოლოოდ მფრინავმა მოახერხა მისი დამორჩილება და მშვიდობიანად დასვა მიწაზე. აფეთქების სიმძლავრე 1570-ჯერ აღემატებოდა ჰიროსიმისა და ნაგასაკის აფეთქებებს ერთად აღებულს და 10-ჯერ – მეორე მსოფლიო ომში გამოყენებული ყველა ჭურვის სიმძლავრეს, მისი დანახვა 1000 კილომეტრიდანაც შეიძლებოდა. აფეთქების შედეგად წარმოქმნილი სოკოს ფორ-

მის ღრუბელი 70 კილომეტრზე აიჭრა ცაში. აფეთქებამ ფანჯრები შეაზანზარა ფინეთსა და ნორვეგიაშიც. ამჟამად წყალბადის ბომბის გამოცდა აკრძალულია მთელ მსოფლიოში.

### ? კითხვები:

1. რა არის ჯაჭვური რეაქცია?
2. როდის გადადის აფეთქებაში ბირთვული რეაქცია?
3. შეადარეთ ბირთვული დაშლისა და სინთეზის რეაქციები;
4. რას წარმოადგენს ბირთვული რეაქტორი?
5. როგორ იყენებენ სამხედრო მიზნებისთვის ბირთვული დაშლისა და სინთეზის რეაქციებს?

# მეცნიერება და ტექნოლოგიები



## თემა IV

### საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია

ადამიანსა და მის გარემომცველ ცოცხალ თუ არაცოცხალ გარემოს შორის, რომელშიც ის თავის სიცოცხლეს ატარებს, იბმება მყარი და მრავალმხრივი კავშირები, რომლებზეც მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული მისი არსებობა. სწორედ ეს გარემო უზრუნველყოფს მას, ისევე როგორც სხვა ორგანიზმებს, საკვებით, წყლით, ჰაერით, თავშესაფრითა და სხვა რესურსებით.

მეორე მხრივ, მილიონობით სახეობებს შორის მხოლოდ ერთადერთს – ადამიანს, თავისი უნებლიე და ზოგჯერ შეგნებული მოქმედებებით შეუძლია დაარღვიოს ათასწლეულების მანძილზე ჩამოყალიბებული ეს ერთობა. მასვე შეუძლია დაიცვას ბალანსი საკუთარ გაზრდილ მოთხოვნილებებსა და სხვა ორგანიზმების სასიცოცხლოდ აუცილებელ საჭიროებებს შორის.

# ბიოლოგია

## IV თემა

### ძირითადი საკითხი:

#### ეკოლოგია

1. ეკოსისტემა. აბიოტური ფაქტორები, სინათლე
2. აბიოტური ფაქტორები. ტემპერატურა. ტენიანობა
3. ნიადაგის სტრუქტურა. ნიადაგის მნიშვნელობა ორგანიზმებისათვის
4. ურთიერთობანი ორგანიზმებს შორის თანასაზოგადოებაში
5. კვებითი ჯაჭვი. კვებითი ქსელი
6. ნივთიერებათა წრებრუნვა და ენერჯის გადაცემა ეკოსისტემაში
7. ბიომრავალფეროვნება და ადამიანის საქმიანობის გავლენა გარემოზე

## 1. ეკოსისტემა. აბიოტური ფაქტორები, სინათლე

რატომ დამკვიდრდა ასე მყარად ტერმინები „ეკოლოგია“ და „ეკოსისტემა“ ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში?

რატომ იყენებენ მას ასე ხშირად პოლიტიკოსები, საზოგადოებრივი მოძრაობის აქტივისტები, ჟურნალისტები?

სისტემას, რომელიც ცოცხალი ორგანიზმებისა და მათი საარსებო გარემოსგან შედგება, **ეკოსისტემას** უწოდებენ. ეკოსისტემაში ცოცხალი ორგანიზმების ერთობლიობას **თანასაზოგადოება** ეწოდება.

ეკოსისტემის ორგანიზმები გარემოს მრავალი კომპონენტის მუდმივ შემოქმედებას განიცდიან. გარემოს ნებისმიერ კომპონენტს, რომელიც გავლენას ახდენს ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველქმედებასა და არსებობაზე, **ეკოლოგიური ფაქტორი** ჰქვია. ეკოლოგიური ფაქტორებია: სინათლე, ტემპერატურა, წყალი, მარილების შემცველობა წყალსა და ნიადაგში, ჟანგბადის შემცველობა წყალში, ჰაერსა და ნიადაგში, წყლის დინების სიჩქარე, ქარი, სეტყვა, მტრები, კონკურენტები, დაავადების გამომწვევები და ა.შ.



ფართოფოთლიანი ტყის ეკოსისტემა.

ეკოლოგები გარემოს ფაქტორებს სამ ჯგუფად – **აბიოტურ**, **ბიოტურ** და **ანთროპოგენურ** ფაქტორებად ყოფენ.

**აბიოტურ ფაქტორებში** არაცოცხალი გარემოს ყველა პირობაა გაერთიანებული.

**ბიოტურ ფაქტორებში** იგულისხმება მრავალფეროვანი ურთიერთობები თანასაზოგადოების წევრებს შორის.

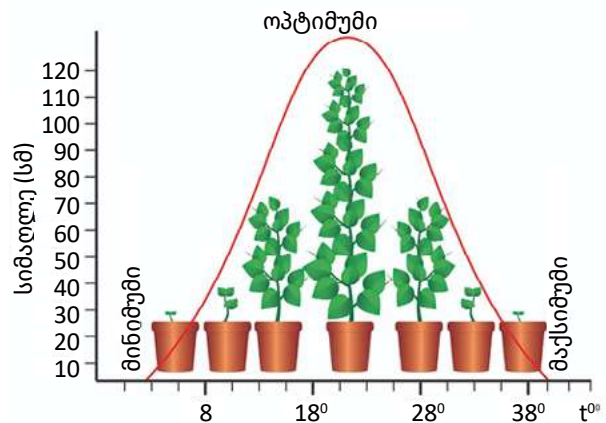
**ანთროპოგენური ფაქტორი** ის უზარმაზარი ზეგავლენაა, რასაც ადამიანი ახდენს ცოცხალ ბუნებაზე.

ეკოლოგიურ ფაქტორებთან დაკავშირებით, ორგანიზმებს მრავალი შეგუებულობა გამოუმუშავდება, რაც მოცემულ გარემოში მათ არსებობას უზრუნველყოფს.

ფაქტორის იმ მნიშვნელობას, რომლის დროსაც ორგანიზმები ყველაზე კარგად გრძნობენ თავს, **ოპტიმუმი** ეწოდება.

ფაქტორის ოპტიმალური მნიშვნელობიდან ნებისმიერი გადახრა თრგუნავს სახეობას – ამცირებს მის ცხოველქმედებას. რაც მეტად სცილდება ფაქტორის მნიშვნელობა ოპტიმუმს, მით უფრო მეტად ითრგუნება სახეობა.

დაავკირდი მრუდს, რომელიც გამოხატავს მცენარის ზრდის დამოკიდებულებას ტემპერატურაზე. როგორც ხედავ, მას მინიმუმისა და მაქსიმუმის წერტილები აქვს. ეს ფაქტორის უკიდურესი მნიშვნელობებია, რომელთა ფარგლებშიც შეუძლია არსებობა მცენარეს. ამ ფარგლებს გამძლეობის **საზღვრებსაც** უწოდებენ.



მცენარის ზრდის დამოკიდებულება ტემპერატურაზე.

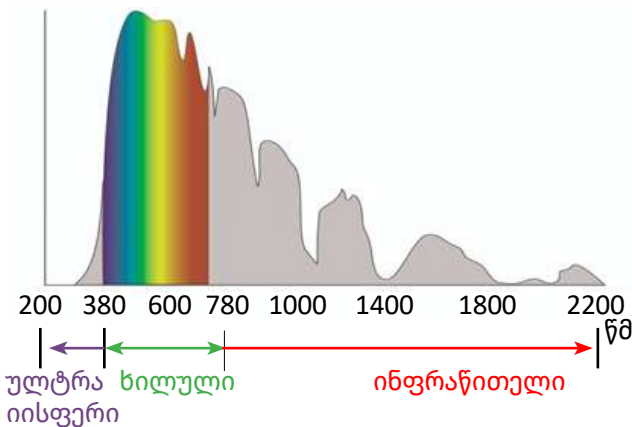


1. როგორია ტემპერატურის ოპტიმუმი და გამძლეობის ფარგლები ამ ქოთნის მცენარისთვის?

თუ რომელიმე ფაქტორის მნიშვნელობა გასცდა გამძლეობის საზღვრებს, სახეობის არსებობა შეუძლებელი ხდება. ასეთ ფაქტორს **შემზღვევლი ფაქტორი** ჰქვია. სხვადასხვა სახეობის მცენარესა და ცხოველს გამძლეობის სხვადასხვა ზღვარი და ოპტიმუმი გააჩნია. მაგალითად, მცენარეთა ნაწილი არსებობისათვის უპირატესობას ტენიან გარემოს ანიჭებს, მაშინ, როდესაც სხვები მშრალი ჰავის პირობებში ამჯობინებენ ბინადრობას.

**სინათლე**

სინათლე უპირველესი აბიოტური ფაქტორია, რადგან რეალურად ის უზრუნველყოფს ყველა სასიცოცხლო პროცესის წარმართვას დედამიწაზე. ამაში შენ მოგვიანებით დარწმუნდები.



მზის ხილული სხივებიდან ფოტოსინთეზისთვის ქლოროფილი მხოლოდ ლურჯ და წითელ სხივებს იყენებს. ეს სხივები ნაკლებად შთანთქმება ღრუბლებისა და წყლის მიერ, ამიტომ ფოტოსინთეზი შესაძლოა, ღრუბლიან ამინდშიც წარიმართოს და წყალშიც, გარკვეულ სიღრმემდე. მაგრამ დიდ სიღრმეებზე, ზღვის წითელ წყალმცენარეებამდე მხოლოდ მწვანე სხივები აღწევს. ამიტომ ისინი „დამხმარე“ წითელ პიგმენტს – **ფიკოერითრინს** შეიცავენ, რომელიც შთანთქავს მწვანე სხივებს და მის ენერგიას ქლოროფილს გადასცემს.



2. ტერმინ ფიკოერითრინის რომელი ნაწილი მიგანიშნებს მის ფერზე?



დაბურულ ტყეებში მცხოვრები მცენარეები მზის სხივების დასაჭერად სხვაგვარ ხერხს მიმართავენ. მათ უმრავლესობას დიდი ფოთლები აქვს.



ზოგმა პატარა ტანის მცენარემ ორიგინალურ გამოსავალს „**მიაკვლია**“ – ისინი ხის ტოტებზე „ჩამომსხდარნი“ იჭერენ მზის სხივებს, ფესვები კი ჰაერში აქვთ ჩამოკიდებული და ტროპიკული ტყის ნესტიანი ჰაერიდან საკმარისი რაოდენობის წყალს იწოვენ. ასეთ მცენარეებს **ეპიფიტები** ჰქვიათ.



სუსტი ღეროს მქონე მცენარეები – ლიანები მაღალ ხეებს საყრდენად იყენებენ და ზევით, მზისკენ მიისწრაფვიან.



წყალში მცხოვრები ერთუჯრედიანი ორგანიზმები, რომლებსაც გადაადგილების უნარი აქვთ, მთელი სხეულით რეაგირებენ სინათლეზე – მიისწრაფვიან მისკენ ან გაურბიან მას. ამ მოვლენას **ფოტოტაქსისი** ეწოდება.

ცოცხალი ორგანიზმებისთვის მნიშვნელოვანი არა მხოლოდ სინათლის ინტენსივობაა, არამედ მისი მოქმედების ხანგრძლივობაც. დღის ხანგრძლივობა გადამწყვეტ როლს ასრულებს ცოცხალი ორგანიზმების აქტივობასა და განვითარების რეგულაციაში. მაგალითად, ადრეული შემოდგომის მოკლე დღე მათთვის ზამთრის სიცი-

ვის დადგომის მანიშნებელია. მცენარეებში ამ სიგნალის საპასუხოდ იწყება ფოთოლცვენა, თესლებისა და ნაყოფების მომწიფება, მიწისქვეშა ორგანოებში – საკვები ნივთიერებების მომარაგება. გაზაფხულის გრძელი დღე თბილი დღეების მომასწავებელია, ამიტომ მცენარეები აღმოცენებას იწყებენ, რასაც ზაფხულში აყვავილება მოჰყვება.

ცხოველები შემოდგომაზე კანქვეშ ცხიმს იგროვებენ, ბეწვს იცვლიან, ზოგი მათგანი ზამთრის ძილისთვის ემზადება, ზოგი ფრინველი თბილ ქვეყნებში მიგრირებს. ცოცხალი ორგანიზმების რეაქციას დღის ხანგრძლივობაზე **ფოტოპერიოდიზმი** ეწოდება



ფრინველების მიგრაცია.

**! დასკვნა:**

ეკოსისტემა ბიოლოგიური სისტემაა, რომელიც ორგანიზმთა თანასაზოგადოებისა და მისი საარსებო აბიოტური გარემოსგან შედგება. ეკოლოგები გარემოს ფაქტორებს აბიოტურ, ბიოტურ და ანთროპოგენურ ფაქტორებად ყოფენ. სინათლე უპირველესი აბიოტური ფაქტორია, რომელიც უზრუნველყოფს ყველა სასიცოცხლო პროცესის წარმართვას დედამიწაზე. ორგანიზმების რეაქციას დღის ხანგრძლივობაზე ფოტოპერიოდიზმი ეწოდება.



**დავალება**

1. რა დამოკიდებულება აქვთ სინათლესთან ილუსტრაციაზე წარმოდგენილ ორგანიზმებს?



2. აბიოტური ფაქტორების ზემოქმედება ცოცხალ ორგანიზმებზე უდავოდ მთამბეჭდავია, თუმცა ეს პროცესი ცალმხრივი არ არის. ორგანიზმებიც ზემოქმედებენ არაცოცხალ ბუნებაზე, ცვლიან მას და ამით, გარკვეულწილად, მონაწილეობენ საკუთარი გარემოს შექმნაში.

დაასახელე ასეთი ზემოქმედების შენთვის ცნობილი რომელიმე კონკრეტული მაგალითი.

- 3. ჰელიოფიტი გაკვეთილის ტექსტში განხილული ერთ-ერთი ჯგუფის მცენარეების აღმნიშვნელი ტერმინია. განმარტე ეს ტერმინი.
- 4. მცენარეებში რომელ ნივთიერებებს გადაეცემა სიგნალი სინათლისა და სიბნელის მონაცვლეობის შესახებ?

- ა. გიბერელინებს;
- ბ. აბსციზინს;
- გ. აუქსინებს;
- დ. სომატოტროპინს.

- 1. ა და ბ;
- 2. მხოლოდ ბ;
- 3. ა,ბ, და გ;
- 4. ოთხივეს.

5. ჩასვი გამოტოვებული სიტყვა ზოგიერთ ცხოველში ზამთრის ძილსა და სეზონურ გამრავლებას  არეგულირებს.

## 2. აბიოტური ფაქტორები. ტემპერატურა. ტენიანობა

რატომ ითვლება ტემპერატურა ერთ-ერთ უმთავრეს ეკოლოგიურ ფაქტორად?

მზის გამოსხივება ცოცხალი ორგანიზმებისათვის სითბოს წყაროცაა. ინფრაწითელი სხივები, რომლებიც მზის გამოსხივების დაახლ. 50%-ს შეადგენს, ათბობს დედამიწასა და მის ბინადართ. ტემპერატურა უდიდეს ზეგავლენას ახდენს ორგანიზმში მიმდინარე სასიცოცხლო პროცესებზე. 0°C ტემპერატურის ქვემოთ უჯრედში წყალი იყინება და ყინულის კრისტალები უჯრედს აზიანებს. 50° C-ზე ზემოთ კი უჯრედში ქიმიური რეაქციები წყდება, რაც ყველა სასიცოცხლო პროცესს აჩერებს. ორგანიზმთა უმრავლესობისათვის ოპტიმალური ტემპერატურა 15°C-სა და 30°C-ს შორის მერყეობს. თუმცა არსებობენ ორგანიზმები, რომლებიც უკიდურესად მაღალ ან დაბალ ტემპერატურას უძლებენ.

ასეთ ექსტრემალურ პირობებში სიცოცხლის შესანარჩუნებლად მათ მრავალგვარი შეგუებულობები გააჩნიათ.

ალბათ ხვდები, რამდენად რთულია მცენარეებისა და ცივისსხლიანი ცხოველების მდგომარეობა, რომელთა სხეულის ტემპერატურა გარემოს ტემპერატურაზეა დამოკიდებული. -30-40°C -იანი ყინვის გასაძლებლად ზოგიერთი მწერის ქსოვილებში გლიცერინი და სპირტი გროვდება.

მცენარეებისა და ცივისსხლიანი ცხოველების აქტივობა წელიწადის ცივ პერიოდში მკვეთრად მცირდება და ზამთრის დადგომისთანავე მათი უმრავლესობა სვენების მდგომარეობაში გადადის. ამ დროს ყველა სასიცოცხლო პროცესი იმდენად შენელებულია, რომ გარეგნულად ისინი ცოცხლის შთაბეჭდილებას არც კი ტოვებენ. ამ მდგომარეობას **ანაბიოზს** უწოდებენ. სეზონური ფოთოლცვენაც მცენარეთა შეგუებულობაა სიცვიისადმი – ზამთარში ფესვები ცივ წყალს ვერ იწოვენ.



ფოთოლცვენა.

1. რა დაემართებოდა ფოთოლცვენის მცენარეს, ზამთარში ფოთლები რომ შერჩენოდა?

თბილსისხლიანი ცხოველები ნაკლებად არიან დამოკიდებულნი გარემოს დაბალ ტემპერატურაზე. ისინი აქტივობას მთელი წლის განმავლობაში ისეთ გარემოშიც ინარჩუნებენ, სადაც ცივისსხლიანების აქტიური ცხოველქმედება წარმოუდგენელია. თუმცა შეგუებულობანი გარემოს დაბალი ტემპერატურის მიმართ მათაც ახასიათებთ.

2. დააკვირდი ილუსტრაციას. როგორ უმკლავდებიან ეს ცხოველები სიცვივს?



სიცივს შეგუებული ცხოველები.

ცოცხალ ორგანიზმებს შეგუებულობანი გადახურების თავიდან ასაცილებლად გამოუმუშავდათ. მაგალითად, ზოგიერთი მცენარის ფოთლის პრიალა ზედაპირი მზის სხივებს სარკესავით ირეკლავს.

ცხელ გარემოში მცხოვრებ ზოგიერთ მცენარეს დიდი ზომის ფოთლები აქვთ, რომლებიც უამრავი ბაგის ხვრელით არის მოფენილი. ცნობილია, რომ ერთი გრამი წყლის აორთქლებაზე დაახლ. 580 კალორია იხარჯება და მცენარე გრილდება.

ზოგიერთი მცენარე „ხანძარგამძლეა“. სავანაში, სადაც, ძალიან მაღალი ტემპერატურის გამო, ხშირია ხანძრები, მცენარეების სქელი ქერქი ცეცხლგამძლე ნივთიერებით არის გაჟღენთილი, რომელიც მის ქვეშ მდებარე ქსოვილებს იცავს.

ცხოველები სიცხეში იცვლიან პოზას, საბინადრო გარემოს. მაგალითად, ქვეწარმავლები ბუჩქებსა და ხეებზე ცოცდებიან, რათა გავარვარებულ მიწას თავი დააღწიონ; უდაბნოს თავგები სიცხეში სოროებში იმალებიან. უდაბნოს ბევრი ცხოველი ზაფხულში იძინებს.



შეგუებულობები მაღალი ტემპერატურის მიმართ.

წყალი ყველა ორგანიზმის მნიშვნელოვანი ძირითადი შემადგენელი ნივთიერებაა. სასიცოცხლოდ აუცილებელი ყველა ქიმიური გარდაქმნა უჯრედში წყლის მონაწილეობით ხდება. ამიტომ წყალი ყველაზე მკაცრი შემზღუდველი ფაქტორია. მისი მოპოვებისა და შენარჩუნებისთვის ცოცხალ ორგანიზმებს მრავალგვარი შეგუებულობანი გამოუმუშავდათ.

უდაბნოს ბინადარი დაბალტანიანი მცენარის – „აქლემის ეკლის“ გრძელი ფესვები წყლის მოსაპოვებლად გრუნტის წყლებამდე აღწევს.



აქლემის ეკალი.



კაქტუსები უდაბნოში.

კაქტუსების ზედაპირული, დიდი ფართობის მქონე ფესვები უდაბნოში იშვიათად მოსული წვიმის წყალს ნიადაგის ზედა ფენებიდან იღებენ. მშრალ გარემოში მცხოვრები მცენარეები ფესვებით მოპოვებულ წყალს ღეროსა და ფოთლებში იმარაგებენ. აორთქლების შემცირებას ისინი

ფოთლის ფართობის შემცირებით, მათი ცვილით დაფარვით, ეკლად გადაქვევით ახერხებენ.

უდაბნოს ეფემერები სულ რამდენიმე კვირაში ასწრებენ აღმოცენებას, დაყვავილებასა და ნაყოფის მოცემას. თავიანთი განვითარების ამ სწრაფ ციკლს ისინი გაზაფხულის ხანმოკლე წვიმების პერიოდს ამთხვევენ.



უდაბნოს ეფემერები.

უდაბნოს ცხოველები ხანგრძლივ უწყლობას სხეულში დაგროვილი ცხიმის მარაგით უმკლავდებიან. აქლემი ცხიმს კუჭში იმარაგებს. ცხიმის წვისას ორგანიზმში წყალი წარმოიქმნება, რომელსაც ენდოგენურ წყალს უწოდებენ. ეს წყალი აქლემს უდაბნოში ხანგრძლივი მოგზაურობისას აძლებინებს.

მცირე ზომის ცხოველები – ფეხსახსრიანები, ქვეწარმავლები, მღრღნელები საკვებში არსებული წყლით კმაყოფილდებიან.

უდაბნოს ბევრი ცხოველი, მაგალითად, ანტილოპა ძალიან სწრაფად დარბის – ეს უნარის მას შორეული მიგრაციებით წყლის მოსაპოვებლად სჭირდება.

ხის ბაყაყის კანი ცხიმოვან ნივთიერებას გამოყოფს, რომელიც მის ორგანიზმს წყლის დაკარგვისაგან იცავს.



ანტილოპა.



ხის ბაყაყი.

**დასკვნა:**

სასიცოცხლოდ აუცილებელი ყველა ქიმიური გარდაქმნა უჯრედში წყლის მონაწილეობით ხდება, ამიტომ წყალი ერთ-ერთი ყველაზე მკაცრი შემზღუდველი ფაქტორია. ტემპერატურისა და წყლის მიმართ ორგანიზმებს მრავალი მორფოლოგიური, ფიზიოლოგიური და ქვევითი შეგუებულობანი გააჩნიათ.

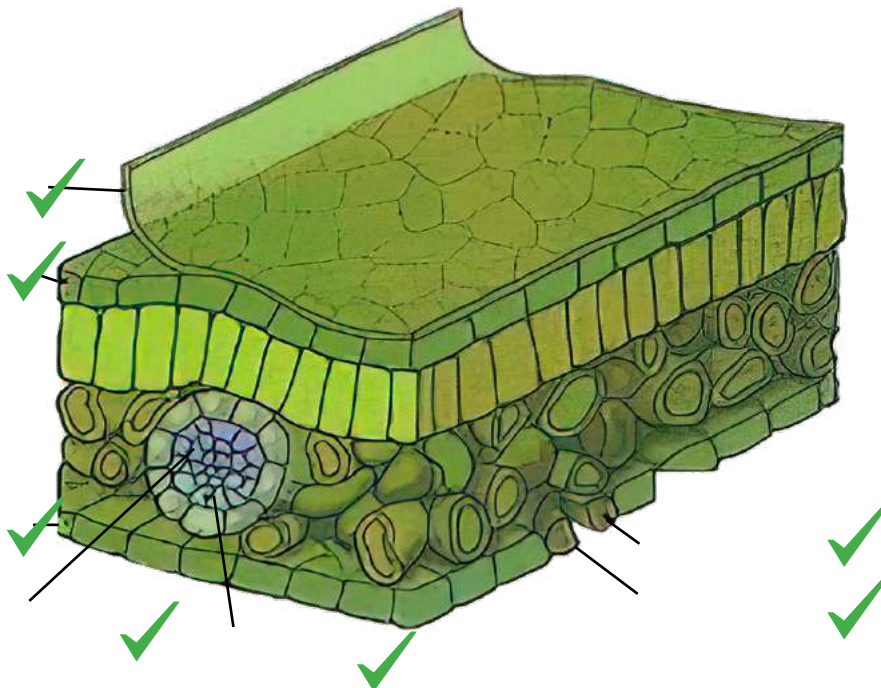


## ღაკალაბა

1. ითვლება, რომ ცხოველები, მცენარეებთან შედარებით, უკეთ უმკლავდებიან გარემოს ტემპერატურის მკვეთრ და უეცარ ცვლილებებს. დაასახელე ამის მიზეზი.
2. ახსენი, რატომ ვერ უძლებენ ერთწლიანი მცენარეები ზამთრის დაბალ ტემპერატურას მაშინ, როდესაც მათი თესლები ამას მშვენივრად ახერხებენ?
3. ვეშაპები, მიუხედავად იმისა, რომ ზოგიერთი მათგანი ცივ წყლებში ბინადრობს, მოკლებულნი არიან ძუძუმწოვრებისთვის დამახასიათებელ ბალანსს. ახსნა მოუძებნე ამ ფაქტს.
4. ილუსტრაციაზე ფოთლის აგებულების სქემაა. მიუთითე ფოთლის შემადგენელი სტრუქტურები და შეცვალე ისინი იმგვარად, რომ მიიღო:
  - ა) წყლით განებივრებული და ბ) წყლის უკიდურეს დეფიციტში ბინადარი მცენარის ფოთლის ორი მოდელი.



5. მოიფიქრე მარტივი ცდა, რომლითაც დაადასტურებ, რომ წყლის რაოდენობის შემცირება და ორგანული ნივთიერებების დაგროვება თესლის უჯრედებში მის ყინვაგამძლეობას ზრდის.



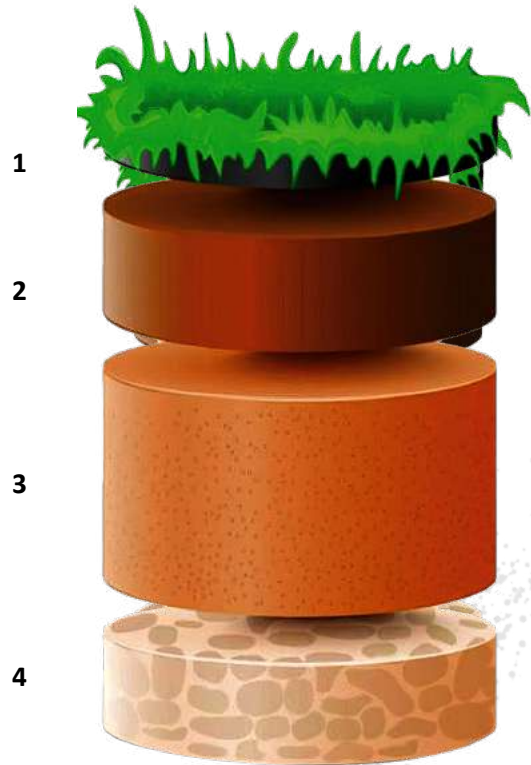
### 3. ნიადაგის სტრუქტურა. ნიადაგის მნიშვნელობა ორგანიზმებისათვის

იცი, რამდენი რამის გათვალისწინება მოგიწევს, თუ სახლთან ახლოს პატარა ბაღის გაშენება გადაწყვიტე ან გინდა, ოთახის მცენარეს შეურიო ნიადაგი?

ნიადაგი დედამიწის ქერქის ზედა, ნაყოფიერი ფენაა. ის ბიოტური და აბიოტური ფაქტორების დამაკავშირებელი რგოლია. ნიადაგთან მრავალი ორგანიზმის სიცოცხლეა დაკავშირებული. მისი, თვალისათვის შეუმჩნეველი ცოცხალი სამყარო ძალიან მდიდარი და მრავალფეროვანია. ეს გარემოა, სადაც მიკროსკოპულ ორგანიზმებთან თანაცხოვრობს უამრავი მცირე და საკმაოდ დიდი ზომის ცხოველი. ის დაქსელილია მცენარეთა მრავალრიცხოვანი ფესვებით, რომელთათვის ნიადაგი საყრდენიცაა და საკვები არეც.

აქ მცხოვრები ორგანიზმების სიცოცხლე დამოკიდებულია ნიადაგის მექანიკურ და ქიმიურ შედგენილობაზე, მის სიფხვიერეზე, წყლის გამტარობაზე, აერაციაზე.

ნიადაგი ოთხი ძირითადი კომპონენტისგან შედგება. **ნიადაგის მინერალურ კომპონენტს** ქანის სხვადასხვა ზომის ნაწილაკები წარმოადგენს, დაწყებული პატარა ზომის ქვებიდან, უმცირესი ნაწილაკებით შედგენილი თიხის ჩათვლით.



**ნიადაგის ქრილი:**

1. ორგანული ნივთიერებები;
2. ორგანული და არაორგანული ნივთიერებების ნარევი;
3. ქვიშის, თიხისა და ლამის ნარევი;
4. დედაქანი.

მექანიკური ელემენტები	ნაწილაკების დიამეტრი (მმ)
ქვები	> 3
ქვიშა	1 - 0,05
ლამი	0,05 - 0,002
თიხა	< 0,002

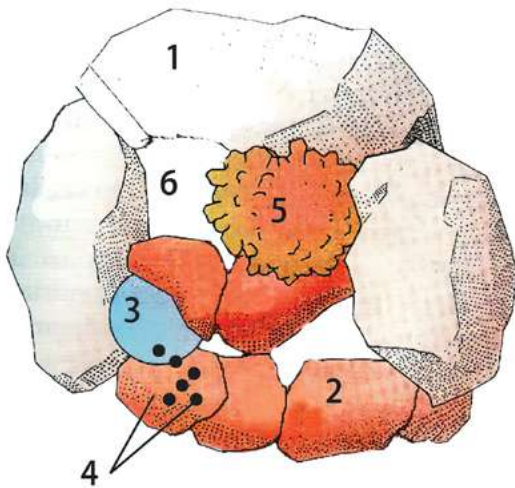
მექანიკური კომპონენტების სხვადასხვა პროცენტული შემცველობა განსხვავებული თვისებების ნიადაგს წარმოქმნის. ცხრილში მოცემულია ქვიშნარი და თიხნარი ნიადაგის თვისებები.

თვისებები	ქვიშნარი ნიადაგი	თიხნარი ნიადაგი
სტრუქტურა	უხეში ნაწილაკების ზომა >0,06მმ	ნაზი. ნაწილაკების ზომა <0,002მმ. ნესტიან მდგომარეობაში წარმოქმნის წებვად მასას, რომელიც გამოშრობის შემდეგ ძლიერ მაგრდება და სკდება.
ფორიანობა	დიდი ზომის ფორები. კარგი აერაცია	ფორები პატარა ზომისაა. ცუდი აერაცია.
წყლის შეკავების უნარი	ცუდად იკავებს წყალს	კარგად იკავებს წყალს
საკვებ ნივთიერებათა შემცველობა	დაბალი. ცუდად იკავებს ნივთიერებებს. ადვილად გამოირეცხება	მაღალი. კარგად იკავებს ნივთიერებებს. ადვილად არ გამოირეცხება

**ნიადაგის ორგანული კომპონენტი**, რომელსაც **ჰუმუსს**, **ნეშომჰალას** უწოდებენ, ნიადაგის ნაყოფიერების ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი მახასიათებელია. ის შეიცავს მცენარის კვებისათვის საჭირო ყველა ელემენტს, აუმჯობესებს ნიადაგის სტრუქტურას, ზრდის მის აერაციასა და წყლის შეკავების უნარს. ჰუმუსი წარმოიქმნება ორგანიზმებისა და მათი ექსკრემენტების გახრწნის შედეგად. ჰუმუსის შესაქმნელად ნიადაგის კარგი აერაციაა საჭირო. აერობულ პირობებში, ჰუმუსის წარმოქმნის პარალელურად, მისი მინერალიზაცია მიმდინარეობს – აერობული ბაქტერიები ჰუმუსის ორგანულ ნივთიერებებს მცენარისათვის ადვილად შესათვისებელ ნივთიერებებამდე შლიან.

**ჰაერი და წყალი** ნიადაგის ნაწილაკებს შორის, ფორებში იკავებს ადგილს. მათი რაოდენობის შეფარდება მუდმივად იცვლება და ის კლიმატ-ზეა დამოკიდებული. ატმოსფეროსა და ნიადაგის ჰაერს შორის აირთა მიმოცვლა თავისუფლად ხდება და ამიტომ მათ თითქმის ერთნაირი შემადგენლობა აქვთ.

განსაკუთრებული მნიშვნელობა ნიადაგის ტენიანობის შენარჩუნებისათვის ე.წ. **კაპილარულ წყალს** აქვს, რომელმაც გრუნტის წყლებიდან ნიადაგის ზედაპირამდეც კი შეიძლება მიაღწიოს. ის ძალიან სწრაფად ორთქლდება, რაც ნიადაგის გამოშრობას იწვევს.



ნიადაგის სტრუქტურა

1. ქვიშა;
2. თიხა;
3. წყალი;
4. მინერალური მარილები;
5. ორგანული ნივთიერება;
6. ჰაერი

ნიადაგის ფიზიკურ და ქიმიურ მახასიათებლებს, ცხადია, დიდი მნიშვნელობა აქვს მასში მობინადრე ორგანიზმებისათვის. მაგალითად, მწერებისათვის, რომლებიც კვრცხვებს ნიადაგში დებენ, მნიშვნელოვანია, რომ ნიადაგი ფხვიერი იყოს. ჭიკყელა და თხუნელაც საცხოვრებლად ფხვიერ ნიადაგს ირჩევენ, თუმცა, მოძრაობითა და კვებით, თვითონაც უწყობენ ხელს ნიადაგის გაფხვიერებას.

მცენარეებს სხვადასხვაგვარი პრეტენზია აქვთ ნიადაგის ნაყოფიერების მიმართ. ამ მხრივ, ძალიან უპრეტენზიოა ფიჭვი. ის ღარიბ, უნაყოფო ნიადაგებზე ხარობს. მისი სრული ანტიპოლია მუხა, რომელიც მხოლოდ ძალიან ნაყოფიერ ნიადაგზე იზრდება. ფართოფოთლოვანი ტყის მცენარეები ზომიერები არიან მოთხოვნილებებში და საშუალო ნაყოფიერების ნიადაგებზე ხარობენ.



მცენარეებს, რომლებიც ქვიშნარ ნიადაგზე ან წყლის პირას იზრდებიან, სადაც ნიადაგს გამოქარვის ან გამორეცხვის საშიშროება ემუქრება, ღეროებიდან დამატებითი ფესვები უვითარდებათ. ისინი მცენარეებს ნიადაგში ამაგრებენ.



დამატებითი – საყრდენი ფესვები.

2. ტროპიკულ ტყეებში, სადაც მუდმივად წვიმს, ხემცენარეების ფესვები კარგავენ ფესვის ყველაზე მთავარ თვისებას – გაიზარდოს ვერტიკალურად ქვემოთ. ფესვების ნაწილი ამ მცენარეებს ქვემოდან ზემოთ ეზრდებათ. დაფიქრდი, რატომ?

1. რა „პრეტენზიები“ გააჩნიათ სოკოებს ნიადაგის მიმართ? რატომ?



ზოგჯერ ხანძარი აუცილებელი ფაქტორია ამა თუ იმ მცენარის სასიცოცხლო ციკლისთვის. მაგალითად, აშშ-ს სამხრეთში ფიჭვის ტყეები პერიოდული ხანძრის მეშვეობითაა შენარჩუნებული. ამ ტყეებში ფიჭვის ზოგიერთი სახეობა გირჩებს მხოლოდ ხანძრისას, მაღალ ტემპერატურაზე ხსნის. ხანძრის შემდეგ მათი თესლები უკეთ აღმოცნდება და ვითარდება, რადგან კონკურენტი სახეობის მცენარეები და მათი თესლები ხანძარს ვერ უძლებენ და იღუპებიან.

რაც უნდა გასაოცრად ჟღერდეს, ხანძარი სხვადასხვა ეკოსისტემისთვის მნიშვნელოვანი აბიოტური ფაქტორია, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ამ სისტემის რეგულაციაში.



ხანძარი.

**დასკვნა:**

ნიადაგი ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი აბიოტური ფაქტორია. მისი სტრუქტურა და ქიმიური შედგენილობა დიდ ზეგავლენას ახდენს ცოცხალი ორგანიზმების ცხოველქმედებაზე. ნიადაგის სტრუქტურის მიმართ ცოცხალ ორგანიზმებს სხვადასხვაგვარი შეგუებულობანი გააჩნიათ. პერიოდული ხანძარი სხვადასხვა ეკოსისტემის კლიმატის ნაწილია, რომელსაც დიდი მნიშვნელობა აქვს ამ სისტემის რეგულაციაში.



## დავალება

1. რომელი ორგანიზმები იწყებენ პირველად ნიადაგწარმოქმნის პროცესს?



2. მოიფიქრე მარტივი ცდა, რომლითაც დამტკიცებ, რომ ნიადაგი ჰაერს შეიცავს.

3. რა პრობლემებს უქმნის ძლიერი წვიმები ნიადაგში მცხოვრებ ორგანიზმებს?



4. რატომ არის დაკავშირებული ორგანული ნივთიერებების მაღალი შემცველობა ნიადაგის ნაყოფიერებასთან, მცენარეები ხომ ორგანული ნივთიერებებით არ იკვებებიან?

5. ხანძარი სავანაში ნიადაგის ნაყოფიერებას ზრდის. როგორ ახსნი ამ ფაქტს?



## 4. ურთიერთობანი ორგანიზმებს შორის თანასაზოგადოებაში

თანასაზოგადოების წევრებს შორის სიცოცხლის განმავლობაში მრავალგვარი ურთიერთობები მყარდება, რომლებზეც მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული მათი არსებობა.

**ნეიტრალიზმი** ურთიერთობის ისეთი ფორმაა, როდესაც თანასაზოგადოების სხვადასხვა სახეობის ინდივიდები ერთმანეთზე უშუალოდ არ ზემოქმედებენ. მაგალითად, ციყვი და დათვი, მგელი და ხოჭო ერთ ტყეში ბინადრობენ, მაგრამ ერთმანეთზე პირდაპირ ზემოქმედებას არ ახდენენ.

**სიმბიოზი** სხვადასხვა სახეობის ინდივიდების ხანგრძლივი თანაცხოვრებაა. ზოგჯერ ეს თანაცხოვრება ორივე სახეობისთვის სასარგებლო და აუცილებელია. მაგალითად, ბალახისმჭამელი ცხოველების ნაწლავებში ბინადარი ბაქტერიები საკვებს ნაწლავებიდან მოიპოვებენ, სამაგიეროდ, ისინი ცხოველებს საკვების მონელებაში ეხმარებიან. ტერმიტების ძირითადი საკვები ცელულოზაა. ისინი ღრღნიან, ღეჭავენ და ყლაპავენ მას, თუმცა მისი მონელება არ შეუძლიათ. ცელულოზას მათ ნაწლავებში მცხოვრები პროტისტები შლიან. მათთვის ტერმიტის ნაწლავი საიმედო თავშესაფარი და საკვების მუდმივი წყაროა. პროტისტების გარეშე ტერმიტები შიმშილით იხოცებიან. სიმბიოზის ასეთ ფორმას **მუტუალიზმი** ეწოდება.



ტერმიტები.

1. გაიხსენე ასეთი თანაცხოვრების სხვა მაგალითი. ?

ზოგჯერ თანაცხოვრება მხოლოდ ერთი სახეობისთვისაა სასარგებლო, მეორისთვის კი ზიანის მომტანი არ არის. სიმბიოზის ასეთ ფორმას **მდგმურობა** ჰქვია. მაგალითად, ზოგიერთი თევზის ლიფსიტები დიდი მეღუზების ქოლგის ქვეშ პოულობენ თავშესაფარს. მეღუზები ასეთი მდგმურებით არ წუხდებიან, ლიფსიტები კი საიმედოდ არიან დაცულნი შხამიანი საცეცების ქვეშ, რადგან მათ მტრები ვერ ეკარებიან.



ტერმიტები.



ხავსი ხემცენარის მდგმურია.

**პარაზიტიზმი** თანასაზოგადოების სხვადასხვა სახეობის ინდივიდებს შორის თანაცხოვრების ისეთი ფორმაა, როდესაც ერთ-ერთი მათგანი – პარაზიტი, საბინადროდ და საკვებად მეორე სახეობის ინდივიდს – მასპინძელს ირჩევს და მის ხარჯზე დიდხანს არსებობს. მეცნიერებს მიაჩნიათ, რომ ბუნებაში არ არსებობს სახეობა, რომელსაც პარაზიტი არ ჰყავს. არსებობენ პარაზიტის პარაზიტებიც. ასე რომ, რიცხოვრებად ბუნებაში პარაზიტები სჭარბობენ თავისუფლად მცხოვრებ ფორმებს.

მასპინძლის ორგანიზმში პარაზიტი უზრუნველყოფილია მუდმივი საკვებითა და საცხოვრებელი გარემოთი, დაცულია მტრებისა და გარემოს მკვეთრი ცვლილებებისაგან, რაც ასე ხშირია ბუნებაში. ამიტომ პარაზიტი არ არის „დაინტერესებული“ მასპინძლის სიკვდილით. ამ შემთხვევაში ის ერთდროულად ჰკარგავს ყველაფერს და მასპინძელთან ერთად, ისიც კვდება.



2. ადამიანს 500-მდე პარაზიტი ჰყავს. დაასახელე ადამიანის შენთვის ცნობილი პარაზიტები. გაიხსენე მათი ცხოვრების ნირი.

პარაზიტიზმი ფართოდ არის გავრცელებული მცენარეებში. მცენარეებზე, ძირითადად, ბაქტერიები და სოკოები პარაზიტობენ. თუმცა პარაზიტები ყვავილოვან მცენარეთა შორისაც გვხვდებიან. აბრეშუმა ბევრ ბალახოვან მცენარესა და ბუჩქზე პარაზიტობს. აბრეშუმას ფოთლები არ აქვს. აბრეშუმის ძაფის მსგავსი მისი ღეროები გარს ეხვევა მასპინძელს, რომლის სხეულშიც მისაწოვრებს უშვებს და მისი ორგანული და არაორგანული ნივთიერებებით იკვებება.



ხანდახან პარაზიტიზმი ისეთ აგრესიულ ფორმებს ღებულობს, რომ მტაცებლობისგან ძნელი გასარჩევია. მაგალითად, სალამურები, რომლებიც ჭიებს უფრო ჰგვანან და სინამდვილეში თევზებს ენათესავენ (მათ მარტივ ფორმებს წარმოადგენენ), თავს ესხმიან დიდი ზომის თევზებს. ისინი ბასრი, რქოვანი კბილებით ღრღნიან მასპინძლის კანს და მათ სხეულში საჭმლის მომწელებელ წველებს უშვებენ; მომდევნო რამდენიმე კვირის განმავლობაში მასპინძლის სისხლითა და კუნთებით იკვებებიან და შემდეგ სცილდებიან მათ. დაუძლურებული თევზები, არცთუ იშვიათად, ჭრილობებისაგან იღუპებიან.



მინოგები თევზზე.

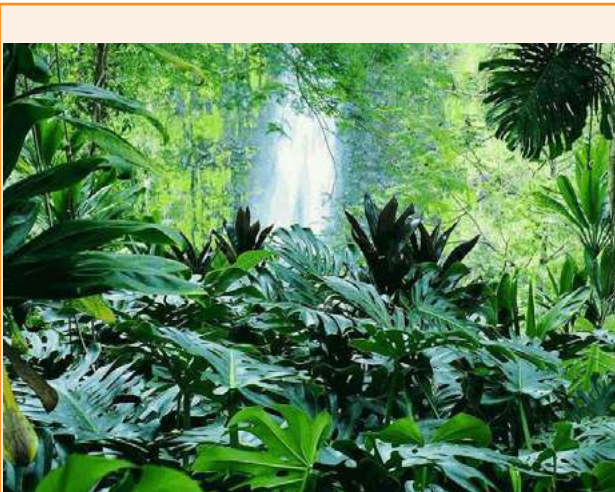


მინოგის პირი.

**კონკურენცია** თანასაზოგადოების ინდივიდებს შორის ისეთი დამოკიდებულებაა, როდესაც ისინი ეჯიბრებიან ერთმანეთს საარსებო გარემოსათვის, საკვებისათვის, თავშესაფრისათვის. კონკურენციის ფორმები ძალზე მრავალფეროვანია. სწორედ ამიტომ, თუ ორი სახეობა, რომელსაც ერთნაირი მოთხოვნილებები აქვს გარემოს მიმართ, ერთ ტერიტორიაზე აღმოჩნდა, ერთ-

ერთი მათგანი (კონკურენტუნარიანი სახეობა, რომელიც უკეთ არის შეგუებული გარემოს აბიოტურ კომპონენტებს) უფრო წარმატებული აღმოჩნდება საკვებისა და პარტნიორის მოძიებაში, გამრავლება და დროთა განმავლობაში, ადრე თუ გვიან, განდევნის მეორე სახეობას.

ტროპიკულ ტყეებში, სადაც მცენარეთა განვითარებისათვის იდეალური პირობებია – ხშირად წვიმს, თბილა და ტემპერატურა სეზონურად მნიშვნელოვნად არ იცვლება, მცენარეები ერთმანეთს ეჯიბრებიან ადგილის დასამკვიდრებლად. მათ შორის უმკაცრესი კონკურენციაა. ამ ტყის მწვანე სიბნელეში შემოჭრილი მზის სუსტი სხივის დასაჭერად სხვადასხვა სიმაღლის მცენარეები იარუსებად ლაგდებიან.



■ იარუსიანობა ტროპიკულ ტყეში.

**მტაცებლობა** ორგანიზმებს შორის ურთიერთობის ყველაზე დაძაბული და მწვავე ფორმაა. მტაცებლები ნადირობით მოიპოვებენ მსხვერპლს. ცხადია, მტაცებელი ცდილობს, წარმატებული ნადირობისთვის საჭირო ყველა საშუალებით აღიჭურვოს, მსხვერპლი კი ყველანაირად ცდილობს, თავი დაადნოს მტაცებელს. ამიტომ მტაცებელს უკეთ ნადირობისთვის, ხოლო მსხვერპლს უკეთ თავდაცვის მიზნით, მთელი რიგი შეგუებულობანი გამოუმუშავდებათ.

ვარხვი მოხერხებულად იჭერს თევზს გრძელი და ფართო, ტომრის ფორმის ნისკარტით.

მარაბუ გრძელი და მახვილი ნისკარტით გლეჯს მსხვერპლს.



■ მტაცებელ ფრინველთა შეგუებულობები.

მსხვერპლი ცდილობს, შეუმჩნეველი გახდეს გარემოში და ისეთი სამარჯვებით აღიჭურვოს, რომ მისი ცნობა ძნელი გახდეს.

ბევრი მწერი მტაცებლის მოსატყუებლად ფორმას იცვლის ან გარემოს ფერით ინიღბება. გარემოს შესაბამისად ფერის ცვლილებაში უბადლოა ქამელეონი. ის სწრაფად იცვლის ფერს და მტრისათვის შეუმჩნეველი ხდება.



■ შენიღბვა.



თავის დაცვას მცენარეებიც ახერხებენ. ისინი ბალახისმჭამელ ცხოველებს ვერსად გაექცვიან, ამიტომ ცხოველების წინააღმდეგ ბრძოლისას მათი მთავარი არსენალი ეკლები და შხამიანი ნივთიერებებია. მაგალითად, ტროპიკული ვაზი გამოყოფს ძლიერ შხამს – სტრიქნინს, რომელიც კრუნჩხვებს იწვევს, ხაშხაში – ოპიუმს, თამბაქო კი – ნეიროტოქსინ ნიკოტინს. ზოგიერთი მცენარე მწერების ჰორმონების მსგავს ნივთიერებებს გამოიმუშავებს, რომლებიც მწერების არანორმალურ განვითარებას იწვევენ.

**! დასკვნა:**

თანასაზოგადოების წევრებს შორის ურთიერთობის ფორმებია: ნეიტრალიზმი, სიმბიოზი, პარაზიტიზმი, კონკურენცია, მტაცებლობა. თანასაზოგადოებაში ხანგრძლივი ურთიერთობების შედეგად, ორგანიზმებს მრავალგვარი შეგუებულობანი გამოუმუშავდათ.

**დავალება**

1. რა სახის დამოკიდებულებას ასახავს ილუსტრაცია თანასაზოგადოების ორ წევრს შორის?



2. რა დამოკიდებულებაა მინდორში ამ მცენარეებს შორის?



3. გადახაზე ზედმეტი წყვილი:

- ა. ადამიანი - კოლო;
- ბ. ობობა - ბუზი;
- გ. ყანჩა - ბაყაყი;
- დ. ჰიდრა - ქალამანა.

4. მღიერებში სიმბიონტი, რომელიც ფოტოსინთეზს აწარმოებს, შეიძლება იყოს:

- ა. ხავსი;
- ბ. ლურჯ-მწვანე წყალმცენარე;
- გ. ძაფნაირი წყალმცენარე;
- დ. ქლამიდომონადა.



## 5. კვებითი ჯაჭვი. კვებითი ქსელი

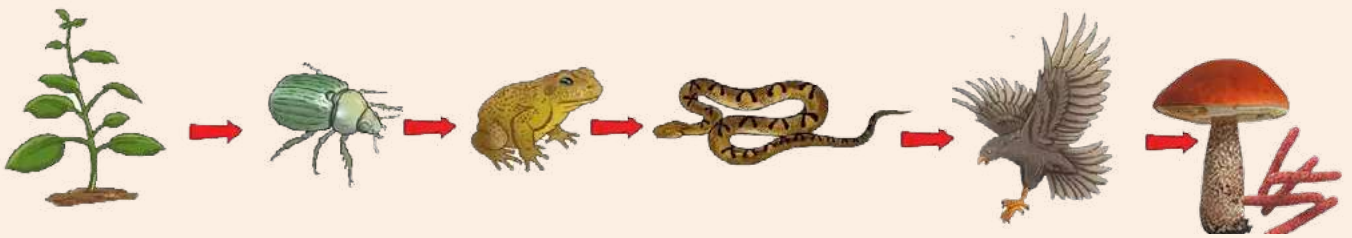
რა არის ის მთავარი ძალა, რომელიც თანასა-ზოგადობაში შემაჯავალ უამრავ სახეობას ერთ სისტემად აერთიანებს და მათ შორის მყარ და ხანგრძლივ ურთიერთობებს აყალიბებს?

ეკოლოგიურ სისტემებში ორგანიზმების ურთიე-რთობა ყველაზე მთავარ სასიცოცხლო პროცესს – კვებას ეყრდნობა, რადგან ამ უმნიშვნელოვა-ნეს პროცესზეა დამოკიდებული მათი ფიზიკური აქტივობა, ზრდა-განვითარება, გამრავლება. აქ,

როგორც წესი, ერთი ორგანიზმი მეორეთი იკვებება, თვითონ კი სხვისი საკვებია.

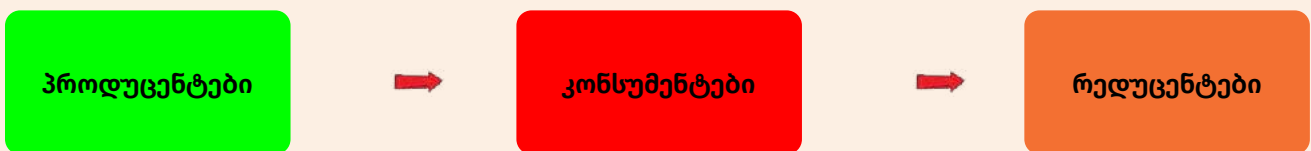
წარმოდგენას იმაზე, თუ „ვინ ვის“ ჭამს“ ეკოსისტე-მაში, მარტივი კვებითი ჯაჭვი იძლევა.

მცენარეებით იკვებებიან მწერები, მწერებით – ბაყაყები, ბაყაყებით – გველები, გველებით – მტაცებელი ფრინველები. სიკვდილის შემდეგ მათი ნარჩენები ბაქტერიებისა და სოკოების საკვებია.



### კვებითი ჯაჭვი.

როგორც ხედავ, შეიქრა ერთგვარი ჯაჭვი, რომელსაც კვებით ჯაჭვს უწოდებენ. ცხადია, სხვადასხვა ეკო-სისტემაში ჯაჭვის რგოლები სხვადასხვა სახეობითაა წარმოდგენილი, მაგრამ ის ყველა შემთხვევაში სამ აუცილებელ რგოლს – პროდუცენტს, კონსუმენტსა და რედუცენტს შეიცავს.



**პროდუცენტები** – ჯაჭვის პირველი რგოლი – მცენარეები და სხვა ავტოტროფული ორგანიზმები არიან. სწორედ ისინი ქმნიან ორგანულ ნივთიერებებს, რომლებსაც კვებითი ჯაჭვის სხვა ორგანიზმები იყენებენ საკვებად.



პროდუცენტები.

**კონსუმენტები** ორგანულ ნივთიერებებს სხვა ორგანიზმებისგან მზა სახით ღებულობენ.

კონსუმენტებს მცენარეჭამია, ხორციჭამია და ნაირჭამია ცხოველები მიეკუთვნებიან.

მცენარეჭამია ცხოველები იკვებებიან მცენარის სხვადასხვა ნაწილებით – ფესვით, ხის ქერქით, ტოტებით, ფოთლებით, ნაყოფით.



კონსუმენტები.

ხორციჭამია ცხოველები მტაცებლები ან ლეშიჭამიები არიან. მტაცებლები საკვებს ნადირობით მოიპოვებენ, ხოლო ლეშიჭამიები ლეშითაც კმაყოფილდებიან.



ნაირჭამია ცხოველები საკვებს არ არჩევენ – მათთვის ერთნაირად მისაღებია როგორც მცენარეული, ისე ცხოველური საკვები.



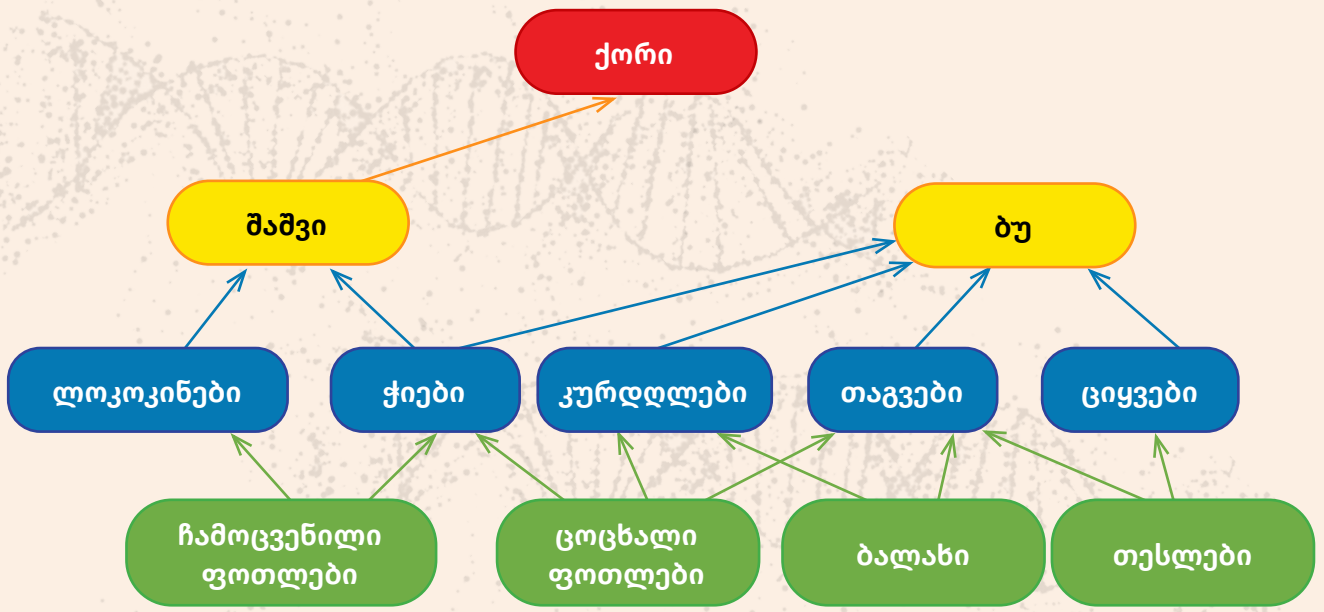
**რედუცენტები** ბაქტერიებს, სოკოებსა და ზოგიერთ მწერებს ჰქვიათ. კვების პროცესში ისინი მკვდარ ორგანიზმებს შლიან. ამ დროს მარტივი არაორგანული ნივთიერებები გამოიყოფა, რომლებსაც ისევ მცენარეები იყენებენ ორგანული ნივთიერებების დასამზადებლად.



რედუცენტები.

კვებითი ჯაჭვი მხოლოდ ძალიან მარტივ, სქემატურ წარმოდგენეს გაძლევს ეკოსისტემის სტრუქტურაზე. სინამდვილეში, ბუნებრივ ეკოსისტემაში საქმე გაცილებით რთულადაა. აქ კვებითი ჯაჭვები

ერთიანდებიან და კვებით ქსელს წარმოქმნიან. ქსელში ეკოსისტემის ბინადარნი ისე არიან ჩართულნი, რომ ერთი და იგივე ინდივიდი შესაძლოა, რამდენიმე კვებითი ჯაჭვის წევრი იყოს.



ტყის მარტივი კვებითი ქსელი

- პროდუცენტი
- მეორე რიგის კონსუმენტი
- პირველი რიგის კონსუმენტი
- მესამე რიგის კონსუმენტი

რაც უფრო რთულია კვებითი ქსელი, მით უფრო სტაბილურია ის და დაშლა არ ემუქრება, რადგან, სახეობათა სიმრავლის გამო, თითოეულ მათგანს კვების ალტერნატიული წყაროები აქვს. თუ რაიმე მიზეზით, რომელიმე სახეობა შემცირდა ან გაქრა, მის ადგილს სხვა იკავებს. მაგალითად, ტყეში თაგვების რაოდენობის შემცირება ბუების მოსპობას არ გამოიწვევს, რადგან ბუ ციყვებსა და კურდღლებზეც ნადირობს.

**!** დასკვნა:

ეკოსისტემაში ორგანიზმები კვებით ჯაჭვებს ქმნიან. ნებისმიერი კვებითი ჯაჭვი სამი აუცილებელი რგოლისგან შედგება. ესენია: პროდუცენტი, კონსუმენტი და რედუცენტი. ეკოსისტემაში კვებითი ჯაჭვები კვებით ქსელს წარმოქმნიან.

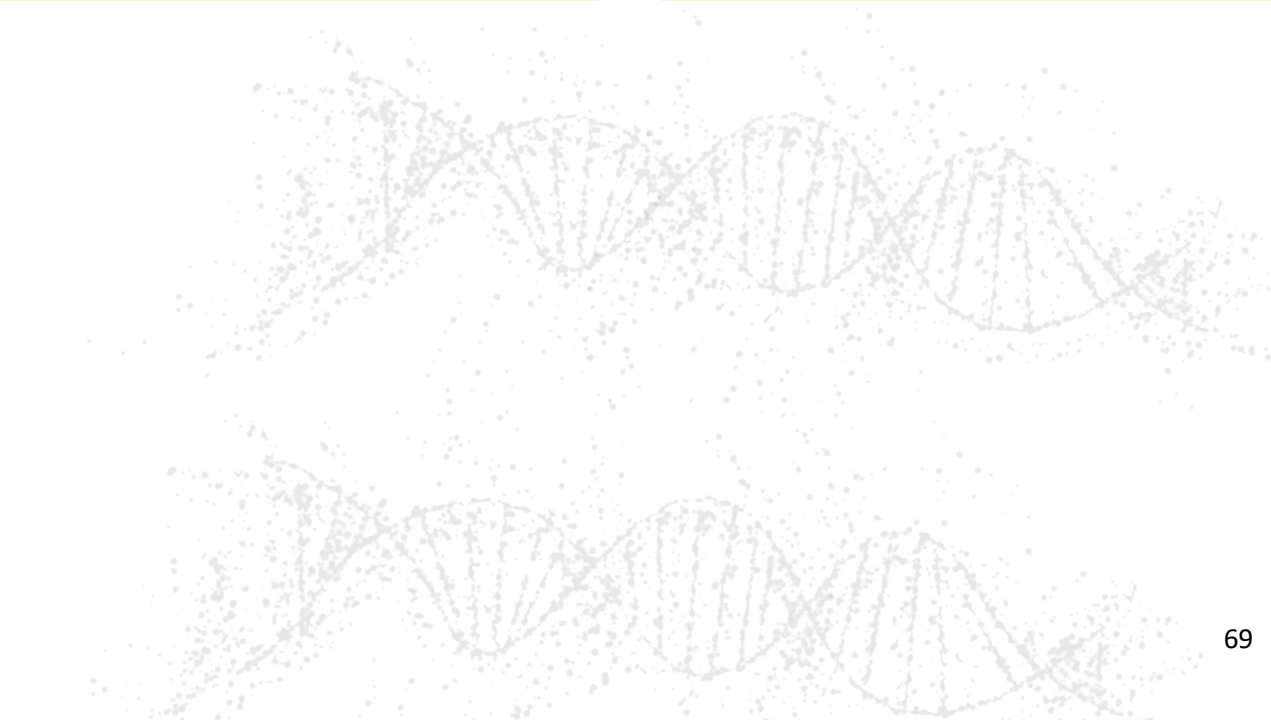
**დავალება**

1. გამოიყენე სამი ტერმინი ორგანიზმის დასახასიათებლად, ქვემოთ მოყვანილი მაგალითის მიხედვით:

ირემი	ჰეტეროტროფი	მცენარეჭამია	რიგის კონსუმენტი
ხვლიცი	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ფუტკარი	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
მერცხალი	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ასკარიდა	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
ქორი	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

- 2. რომელ კვებით დონეს იკავებს ღორის სოლიტერი?
- 3. რომელ კვებით დონეს დაიკავებს ეკოლოგიურ პირამიდაში ჰიდრა, თუ მისი მსხვერპლი ქლამიდომონადა აღმოჩნდა?
- 4. გაიხსენე სხვადასხვა სამეფოს შუნთვის ცნობილი წარმომადგენლები და შექმენი მტკნარი წყლის კვებითი ჯაჭვის სქემა;

- 5. დაასრულე ფრაზა: ყველა პროდუცენტი ავტოტროფია, ყველა კონსუმენტი
- 6. ჩასვი გამოტოვებული სიტყვა:  
წარმოდგენას იმაზე, თუ „ვინ ვის ჭამს“ ეკოსისტემაში, კვებითი ჯაჭვი იძლევა. არწივი, რომელიც კვებით ჯაჭვში ყველაზე მაღალ კვებით დონეს იკავებს, ----- საკვებია.



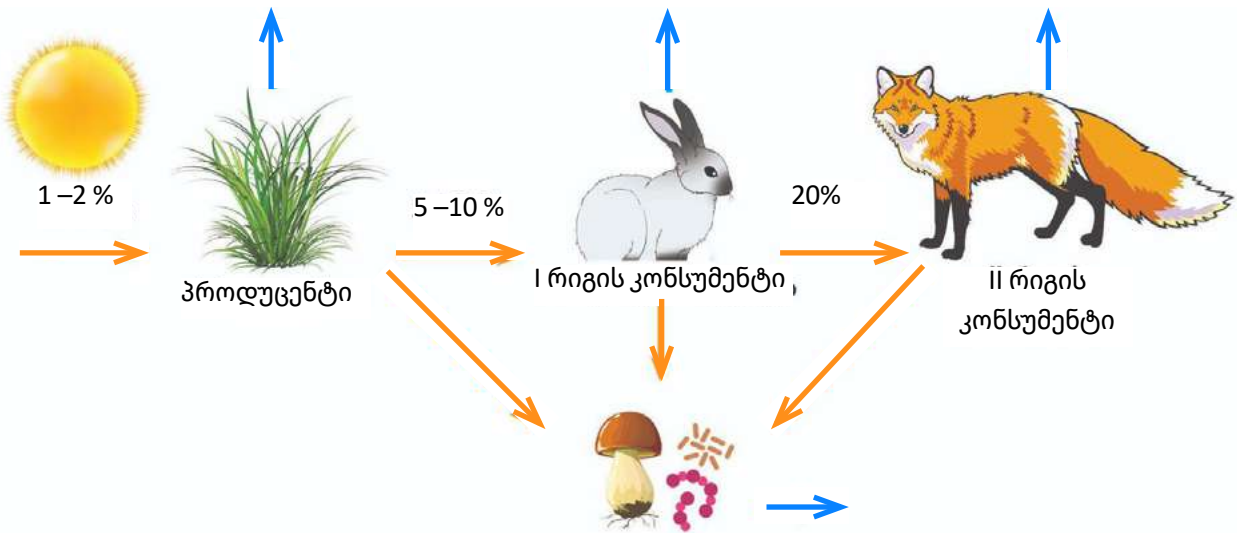
## 6. ნივთიერებათა წრებრუნვა და ენერგიის გადაცემა ეკოსისტემაში

როგორ გგონია, მზის მიერ დედამიწისკენ გამოგზავნილი უზარმაზარი ენერგიის რა ნაწილს იყენებს ცოცხალი სამყარო?

აღმოჩნდა, რომ ჩვენს პლანეტაზე მზის ენერგიის მხოლოდ 1-2% გარდაიქმნება ორგანული ნივთიერებების ქიმიურ ენერგიად. ამ „მცირე“ ენერგიით დედამიწაზე ყოველწლიურად 170 მილიარდი ტონა ორგანული ნივთიერება სინთეზდება, რომ-

ლითაც პროდუცენტები საკუთარ სხეულს იშენებენ და ეკოსისტემის დანარჩენ ორგანიზმებს კვებავენ. ვნახოთ, როგორ გადანაწილდება ორგანული ნივთიერებების სახით არსებული „ენერგეტიკული ბიუჯეტი“ კვებითი ჯაჭვის სხვადასხვა საფეხურზე.

ეკოლოგები ორგანული ნივთიერების რაოდენობას ეკოსისტემაში **ბიომასას** უწოდებენ.



### რედუცენტი

- ქიმიურ ბმებში აკუმულირებული მზის ენერგია
- სუნთქვისას სითბოს სახით გამოსხივებული ენერგია

პროდუცენტების ორგანულ ნივთიერებებში შენახული მზის ენერგია მცენარეჭამია ორგანიზმებს მთლიანად ვერ გადაეცემა. ამ ენერგიის 20%-ს მცენარეები სუნთქვისას გარემოში სითბოს სახით ასხივებენ. დანარჩენი 80%, რომელიც ბიომასის სახით არსებობს, შესაძლოა, მცენარეჭამიების მიერ იქნას გამოყენებული. მაგრამ მცენარეჭამია ცხოველთა უმრავლესობა მცენარის მიწისქვეშა ნაწილებსა და უხეშ ღეროებს საკვებად ვერ მოიხმარს. საკვებში არსებული ცელულოზაც ძნელად

მოსანელებელია და გადაუმუშავებელი საკვები ფეკალიების სახით გამოიყოფა. ენერგიის დიდი ნაწილი ცხოველების სუნთქვისას სითბოს სახით იკარგება. ყოველივე ამის გამო, პირველი რიგის კონსუმენტებში პროდუცენტების ენერგიის მხოლოდ 5-10% გადადის. მაგალითად, მოცემულ ეკოსისტემაში კურდღლის მიერ მოხმარებული ბალახის მასის მხოლოდ 5-10% გარდაიქმნება კურდღლის მასად.

ენერგიის რაოდენობა კვებითი ჯაჭვის შემდეგ საფეხურზე მცირდება.

II რიგის კონსუმენტები I რიგის კონსუმენტებში ორგანული ნივთიერების სახით არსებული ენერგიის მხოლოდ 20%-ს იყენებენ. როგორც ხედავ, აქ, პირველ საფეხურთან შედარებით, ენერგიის უფრო მცირე დანაკარგია, რადგან ცხოველური პროდუქტები ადვილად მონივლეება. ამ საფეხურზე ენერგია, ძირითადად, სუნთქვისას გამოთავისუფლებული სითბოსა და ფეკალიების ორგანულ ნივთიერებებში არსებული ენერგიის სახით იკარგება.

I და II რიგის კონსუმენტების ექსკრემენტებში არსებული ის ენერგია, რომელიც კონსუმენტებმა ვერ გამოიყენეს, ეკოსისტემისთვის დაკარგული

არ არის – მას რედუცენტები იყენებენ. რედუცენტებში გადადის, აგრეთვე, ის ენერგია, რომელსაც მკვდარი მცენარეული და ცხოველური ორგანიზმები შეიცავს.

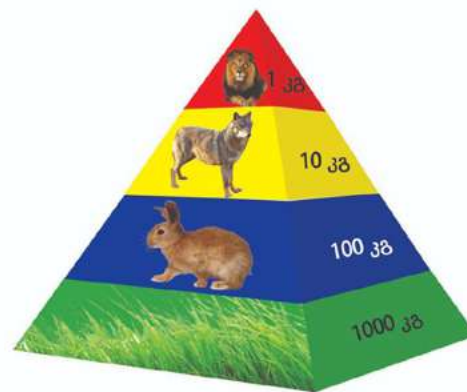
ეკოსისტემის კვებითი ჯაჭვის რგოლებს შორის რაოდენობრივ დამოკიდებულებებს ეკოლოგები ხშირად გრაფიკულად, დიაგრამების სახით გამოხატავენ. ამ დიაგრამებს, უმეტეს შემთხვევებში, პირამიდის ფორმა აქვთ და ამიტომ **ეკოლოგიურ პირამიდებს** უწოდებენ. ეკოლოგიური პირამიდები ბლოკებისგან შედგება. ბლოკების ზომა კვებითი ჯაჭვის ყოველ დონეზე არსებული ორგანიზმების რიცხვის, ბიომასის ან ენერგიის პროპორციულია. ამის მიხედვით განარჩევენ რიცხვთა, ბიომასისა და ენერგიის პირამიდებს.



რიცხვთა პირამიდა.

**რიცხვთა ეკოლოგიური პირამიდა** გამოხატავს ინდივიდთა რიცხვს კვებითი ჯაჭვის ყოველ დონეზე, **ბიომასის ეკოლოგიური პირამიდა** – ცოცხალი ორგანიზმების საერთო მასას კვებითი ჯაჭვის ყოველ საფეხურზე, **ენერგიის ეკოლოგიური პირამიდა** კი – ენერგიის რაოდენობას კალორიებში ან ჯოულებში.

მაგალითისთვის რიცხვთა პირამიდა განვიხილოთ. როდესაც ეკოსისტემის ერთ ჰექტარზე 9 მილიონამდე ბალახოვანი მცენარეა, I რიგის კონსუმენტების – მცენარეჭამია მწერების რიცხვი 70 000-ის ფარგლებშია. II რიგის კონსუმენტების – მტაცებელი ფრინველების – 500-ის, ხოლო III



ბიომასის პირამიდა.

რიგის კონსუმენტების – ასევე მტაცებელი ფრინველების – მხოლოდ 3-ა.

ბიომასის პირამიდაშიც ყოველი მომდევნო საფეხური ასევე პროგრესულად მცირდება, დაახლოებით 10-ჯერ. მაგალითად, 1000 კგ მცენარეული მასა წარმოქმნის 100კგ I რიგის კონსუმენტის – მცენარეჭამია ცხოველის მასას, 10 კგ II რიგის კონსუმენტის – ხორციჭამია ცხოველის მასას და 1 კგ III რიგის კონსუმენტის – მტაცებლის მასას.

ააგე ენერგიის პირამიდა გავეთილის ტექსტში განხილული კვებითი ჯაჭვის მიხედვით.

ეკოლოგიური პირამიდები ეკოსისტემების შესახებ დიდ ინფორმაციას შეიცავენ, რომელიც ადამიანს სხვადასხვა სოციალური პრობლემის გადაწყვეტაში შეიძლება დაეხმაროს. მაგალითად, თანამედროვეობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემა მზარდი მოსახლეობის საკვებით მომარაგებაა.

მზის ენერჯის ყველაზე დიდი ნაწილი პროდუცენტებშია აკუმულირებული და სანამ ჩვენამდე მოაღწევს, ის სხვადასხვა კვებით ღონეზე სუნთქვაში, ექსრეციაში, მოძრაობაში, სითბურ გამოსხივებაში იკარგება. ასე რომ, თუ გსურს, მზის ენერჯის უფრო დიდი ნაწილი „შეგვდეს“,

უნდა ეცადო, უფრო მეტად დაუახლოვდე პირამიდის ფუძეს. ასეთ შემთხვევაში მზის ენერჯია უფრო მეტ ადამიანზე გადანაწილდება. ეს იმას ნიშნავს, რომ ნებისმიერ შემთხვევაში ადამიანების მენიუში ხორცის არსებობა გულისხმობს ნიადაგის დიდი ფართობების დამუშავებას, მორწყვას, პესტიციდების გამოყენებას და ამიტომ მისი წარმოება ძვირი უჯდება ქვეყანას როგორც ეკონომიკური, ასევე გარემოს დაცვის თვალსაზრისით. არსებობს მოსაზრება, რომ, მოსახლეობის რიცხოვნობის ზრდასთან ერთად, ხორცი თანდათან უფრო ძვირ პროდუქტად გადაიქცევა.



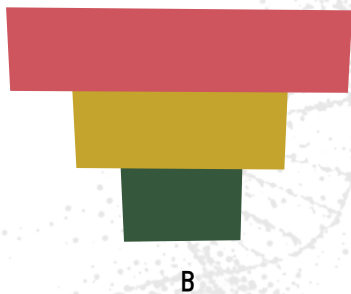
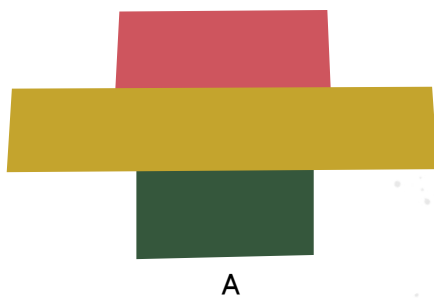
**!** დასკვნა:

ცოცხალი ორგანიზმები საკვებში არსებულ ენერჯიას მთლიანად ვერ ითვისებენ. კვებითი ჯაჭვის ყოველი საფეხური მზის ენერჯიას გარკვეული ეფექტურობით იყენებს და ამიტომ ეკოსისტემაში ენერჯია მუდმივად იკარგება. ეკოსისტემის არსებობასა და მდგრადობას მზის მუდმივი გამოსხივება უზრუნველყოფს.

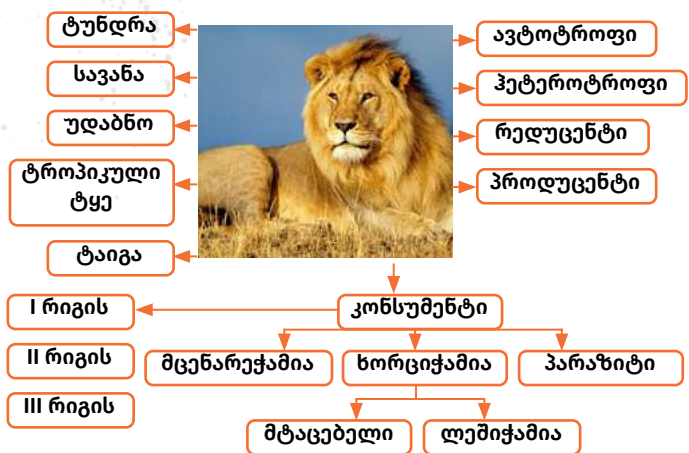
**დავალება**

1. ილუსტრაციაზე მოცემული ორი პირამიდიდან ერთი გამოხატავს კვებით კავშირს: ხემცენარე – მწერი – მტაცებელი ფრინველი;  
 მეორე: ხემცენარე – ბალახისმჭამელი ცხოველი – პარაზიტი მწერი.  
 განასხვავე ისინი ერთმანეთისაგან.

2. ილუსტრაციაზე მოცემული პირამიდა არ შეიძლება იყოს:  
 ა. რიცხვთა;  
 ბ. მასის;  
 გ. ენერჯის.



3. რა სახის ენერჯიებად გარდაიქმნება მზის ენერჯია ეკოლოგიურ სისტემებში?  
 4. დიდი ზომის მტაცებლები ეკოსისტემაში მცირერიცხოვანნი არიან. ახსენი, რატომ?  
 5. მონიშნე ცხრილის შესაბამისი უჯრები.



## 7. ბიომრავალფეროვნება და ადამიანის საქმიანობის გავლენა გარემოზე

ცნობილ გერმანელ ფილოსოფოსს – ფრიდრიხ ნიცშეს ეკუთვნის გამოთქმა: „დედამიწას აქვს გარსი და ეს გარსი დაავადებულია. ერთ-ერთ მის დაავადებას ადამიანი ჰქვია“. რითი დაიმსახურა კაცობრიობამ ასეთი მკაცრი შეფასება?

მოსახლეობის რაოდენობის განუზრელი ზრდა და მისი მომხმარებლური დამოკიდებულება სამყაროს მიმართ დიდ ზარალს აყენებს ორგანიზმების მრავალფეროვნებას. ზოგჯერ ადამიანის ასეთ მოქმედებას მხოლოდ ადგილობრივი უარყოფითი შედეგი მოაქვს, ზოგჯერ კი რეგიონის ფარგლებს სცილდება.

მივყვეთ ჩვენს „ეკოლოგიურ ნაკვალევს“ დედამიწაზე.

ადამიანი დიდი ხნის განმავლობაში იყო ბუნებრივი კვებითი ქსელის ჩვეულებრივი წევრი. მისი არსებობა მთლიანად იყო დამოკიდებული იმ საკვებზე, რომელსაც ის ტყეში მცენარეების შეგროვებითა და ცხოველებზე ნადირობით მოიპოვებდა. მოგვიანებით ადამიანმა მცენარეთა მოშენებასა და ცხოველთა მოშინაურებას მიჰყო ხელი. ამ საქმიანობის ძირითად მიზანს მათი პროდუქტიულობის ზრდა წარმოადგენდა.

დღეს დედამიწის მოსახლეობა 6,5 მილიარდს შეადგენს და ისევ პრობლემად რჩება მისი ხარისხიანი საკვებით მომარაგება. ადამიანს ნიადაგში შეაქვს სასუქები, გაჰყავს სარწყავი არხები, იყენებს სხვადასხვა ქიმიურ საშუალებას მავნებლების წინააღმდეგ. სწორედ ამ დროს სჭირდება მას ეკოლოგიური განათლება, რათა ამ საქმიანობას გაუთვალისწინებელი შედეგები არ მოჰყვეს.

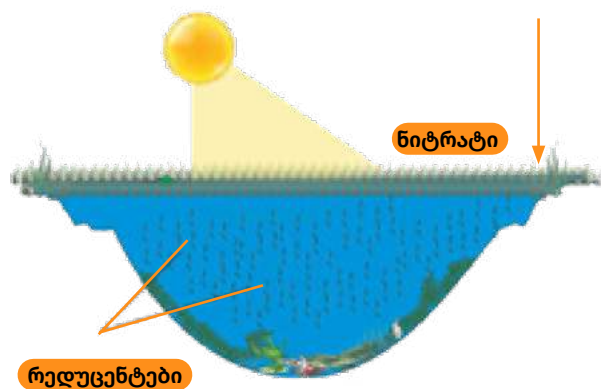
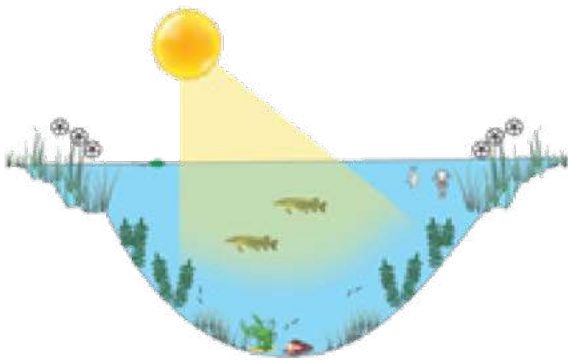


მაგალითად, მცენარეთა მასის გასაზრდელად ადამიანი სასუქად ნიტრატებს – აზოტმჟავას მარილებს იყენებს. ჭარბად გამოყენებისას, ეს სასუქი მცენარეებში გროვდება და, მცენარის საკვებად მოხმარების შემთხვევაში, ადამიანის ორგანიზმში ხვდება. საჭმლის მომწელებელ სისტემაში ნიტრატი ძლიერ დამჟანგველ ნივთიერებად გარდაიქმნება, რომელიც ჰემოგლობინის რკინას ჟანგავს და ის ჟანგბადს ვეღარ იკავშირებს.

1. მოიფიქრე, რა შედეგები შეიძლება მოჰყვეს ამას?



ნიადაგში ჭარბად შეტანილი ეს სასუქი სხვა პრობლემებსაც ქმნის. წვიმების დროს ნიტრატი მიწისქვეშა წყლებში ჩაირეცხება, საიდანაც ის მდინარეებსა და ტბებში ხვდება. მისი გავლენით, სწრაფად მრავლდებიან წყალმცენარეები, რომლებიც ხალიჩასავით გადაეკვრებიან ტბის ზედაპირს. ამის გამო წყლის მცენარეებს სინათლის დეფიციტი ექმნებათ და იღუპებიან. საკვების ასეთი სიუხვის პირობებში, მრავლდებიან რედუცენტები, რომლებიც გაძლიერებულად მოიხმარენ ჟანგბადს. ტბაში ჟანგბადის დონე თანდათან ეცემა და ტბის ბინადარნი უჟანგბადობით იღუპებიან.



**ნიტრატებით წყალსატევის დაბინძურების შედეგი**

ცუდი შედეგებით მთავრდება **პესტიციდების** გადაჭარბებული გამოყენებაც. პესტიციდები ქიმიური ნივთიერებებია, რომლებსაც ადამიანი მავნებლებისა და პარაზიტების საწინააღმდეგოდ იყენებს. მაგალითად, მწერების საწინააღმდეგოდ – **ინსექტიციდები**, ხოლო სოკოების საწინააღმდეგოდ **ფუნგიციდები** გამოიყენება. ეს ძლიერი მხამები ორგანიზმიდან ვერ იდევენებიან და ვერც იშლებიან. მათ ვერც რედეცენტები მლიან. პესტიციდებით დაბინძურებული საკვები პროდუქტები ადამიანის ურთულეს დაავადებებს იწვევს. ამის გამო, ევროპის ბევრმა ქვეყანამ პესტიციდების გამოყენება მკვეთრად შეზღუდა.

გარემოს უკიდურესად საშიშ დაბინძურებლად ვერცხლისწყალი ითვლება. მრავალ საწარმოო პროცესში – მაგალითად, ოქროს მოპოვებისას, ცემენტისა და პლასტმასის წარმოებისას – საწარმოო წყლებთან ერთად, ის მდინარეებსა და ზღვებში ხვდება, წყლის ცხოველებში აკუმულირდება და საბოლოოდ ადამიანის ორგანიზმში გადაინაცვლებს. ვერცხლისწყალი აზიანებს ნერვულ სისტემას, ღვიძლს, სასუნთქ გზებს და საფრთხეს უქმნის ადამიანის სიცოცხლეს.

გარემოს დაბინძურების შოკისმომგვრელი ფაქტია წყნარ ოკეანეში ე.წ. „აღმოსავლეთის ნაგვის კონტინენტის“ წარმოქმნა, რომელიც პლასტმასისა და სხვა სახის ნარჩენებისაგან შედგება. მისი ზუსტი ზომები ჯერჯერობით დაუდგენელია, თუმცა ვარაუდობენ, რომ ის დაახლ 1,5 მლ კმ 2-ია

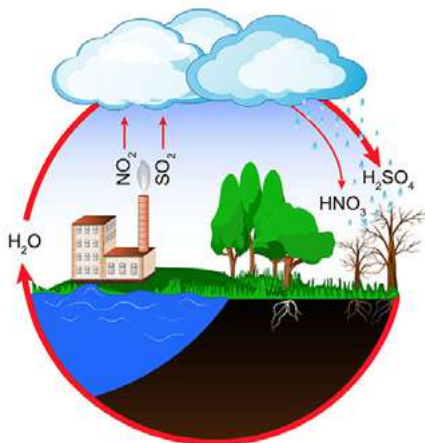
და 100 მლ ტონა ნაგავს იტევს. მზის ზეგავლენით, პლასტმასა მცირე ნაწილაკებად იშლება, რომელსაც ზღვის ცხოველები ყლაპავენ. ასე ერთვება პლასტმასა კვებით ჯაჭვში. ნაგვის შემადგენელი ზოგი ნივთიერება არა მხოლოდ ტოქსიურია, არამედ სტრუქტურით სასქესო ჰორმონს ემსგავსება, რაც ცხოველების სასიცოცხლო ციკლს არღვევს.



ჩვენ ვართ მიზეზი ატმოსფეროს შედგენილობის მკვეთრი ცვლილებებისა. ადამიანებს დიდხანს ეგონათ, რომ უამრავი აირი, რომლებსაც ქარხნები, ფაბრიკები და ტრანსპორტი გამოტყორცნის, უკვალოდ შთაინთქმებოდა უზარმაზარი ატმოსფეროს მიერ. ბოლო წლებში ატმოსფეროს

შედგენილობის მკვეთრმა ცვლილებებმა სრულიად გააბათილა ასეთი შეხედულება.

საწვავის წვისას ატმოსფეროში, ნახშირორჟანგის გარდა, გოგირდისა და აზოტის ჟანგი გამოიყოფა. ეს აირები ატმოსფერულ წყალში გახსნისას აზოტმჟავასა და გოგირდმჟავას წარმოქმნის და მჟავა წვიმების სახით უბრუნდება დედამიწას. მჟავა წვიმები შლის მეტალისა და ქვის ნაგებობებს; მისი გავლენით, ნიადაგში არსებული მძიმე მეტალები – ტყვია, ვერცხლისწყალი, კადმიუმი, ნიკელი, რომელსაც საყოფაცხოვრებო და ინდუსტრიული ნარჩენები შეიცავს, ხსნად მდგომარეობაში გადადიან და მიწისქვეშა წყლებში, მდინარეებსა და ტბებში ხვდებიან. ასეთი წყლის სასმელად გამოყენება უმძიმეს დაავადებებს იწვევს.



**მჟავა წვიმები.**

2. აღწერე სხვა გზა, რომლითაც მძიმე მეტალებმა შესაძლოა, შენს ორგანიზმში შეაღწიოს.
3. ითვლება, რომ მჟავა წვიმები გლობალურ ეკოლოგიურ კატასტროფას იწვევს. მოიფიქრე, შესაძლოა თუ არა, მჟავა წვიმები არაინდუსტრიულ ქალაქებს დაატყდეს თავს?



ატმოსფეროს შედგენილობის ერთ-ერთ ყველაზე შემამოფრთხილებელ ცვლილებად მეცნიერებს CO<sup>2</sup>-ის კონცენტრაციის მკვეთრი ზრდა მიაჩნიათ. ალბათ გსმენია **გლობალური დათბობის** შესახებ, რომელიც, მრავალი მეცნიერის აზრით, კატასტროფას

უქადის სიცოცხლეს დედამიწაზე. მზის სხივების ნაწილი ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირის მიერ აირეკლება, ნაწილი კი ისევ დედამიწას უბრუნდება და ათბობს მას. ამ ეფექტს **სათბურის ეფექტი** უწოდებს. ის ჰაერში არსებული აირებით, ძირითადად, წყლის ორთქლითა და CO<sup>2</sup>-ით არის გამოწვეული. სწორედ ისინი არ აძლევენ მზის სხივებს უკან, კოსმოსში დაბრუნების საშუალებას. ამიტომ მათ **სათბურის აირებსაც** უწოდებენ.



**სათბურის ეფექტი.**

მეცნიერებს აფიქრებთ ის ფაქტი, რომ დედამიწის საშუალო ტემპერატურა, რომელიც 15°C-ს უტოლდება, ბოლო პერიოდში მუდმივად იზრდება. ამ ფაქტს ისინი ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის ზრდას უკავშირებენ. მათი აზრით, თუ ასე გაგრძელდა, 2100 წლისთვის დედამიწაზე გლობალურად დათბება – ტემპერატურა 6°C-ით მოიმატებს.

გამოთვლილია, რომ ტემპერატურის მომატება მსოფლიო ოკეანის წყლის დონის აწევას გამოიწვევს, რის შედეგადაც მსოფლიოს მრავალ კუთხეში დაიტბორება სანაპირო ზოლი. ტემპერატურისმატება გააძლიერებს აორთქლების პროცესებს, რაც, თავის მხრივ, გაზრდის ნალექების რაოდენობას. მკვეთრად შეიცვლება კლიმატი მთელ მსოფლიოში. გახშირდება წყალდიდობები, ქარიშხლები, გაქრება ბევრი სახეობა. აღსანიშნავია, რომ გლობალური დათბობა არ ნიშნავს დათბობას ყველგან და ნებისმიერ დროს.

მაგალითად, რომელიმე რეგიონში შესაძლოა გაიზარდოს ზაფხულის ტემპერატურა და შემცირდეს ზამთრის, ანუ კლიმატი გახდეს კონტინენტური.

გლობალური დათბობის მეორე მთავარ მიზეზად ტყეების გაჩეხვა სახელდება. ამ მხრივ, ადამიანის ბუნებაში ჩარევის სასტიკ მაგალითს მადაგასკარის ისტორია წარმოადგენს. ეს დიდი კუნძული, მცენარეთა და ცხოველთა 200 000-მდე სახეობით, რომელთა 80% ენდემურია, მსოფლიოს ბიომრავალფეროვნებით გამორჩეული ქვეყნების ხუთეულში შედის. მას ეკოლოგები „მერვე კონტინენტს“ უწოდებენ. მადაგასკარზე სახლობენ ენდემური ლემურები, ქამელეონები, გეკონები, ათასგვარი ღამურები. მადაგასკარზე იზრდება ერთ-ერთი სახეობის ყვავილოვანი მცენარე, რომელიც ლეიკემიის სამკურნალო პრეპარატის დასამზადებლად გამოიყენება. აქ ხარობს ყავის ხის რამდენიმე სახეობა, რომლის თესლები კოფეინს არ შეიცავს.

მას შემდეგ, რაც ადამიანი ამ კუნძულზე დასახლდა, იქაური ტყეების 90% გაჩეხა. ამან ნიადაგის მასობრივი ეროზია და მდინარეების დაშრობა გამოიწვია.



მადაგასკარის ბუნება.

ადამიანების დასახლების შედეგები მადაგასკარზე.

საცხოვრებელი გარემოს განადგურებამ და ნადირობამ ამ კუნძულზე ბევრი ენდემური სახეობა გადააშენა.

მადაგასკართან ახლოს, მავრიკიის კუნძულებზე ერთ დროს დიდი ზომის (25 კგ-მდე) ფრინველი – დოლო ბინდრობდა, რომელიც არ ფრენდა და ხიდან ჩამოცვენილი ხილით იკვებებოდა. კუნძულებზე ამ დროს ძუძუმწოვრები არ იყვნენ. XVI საუკუნეში კუნძული მეზღვაურების პორტად გადაიქცა. მათთვის დოლო ადვილად მოსაპოვებელი ხორცის წყარო გახდა.



დოდო.



დოდოს საკვები.

მეზღვარებმა კუნძულზე დორები და მაიმუნები შემოიყვანეს, მათ გემებს კი ვირთაგვებიც შემოჰყვნენ. ამ ძუძუმწოვრებმა დოდოს კვერცხები და წიწილები გაანადგურეს და დოდო კუნძულებიდან გაქრა. რამდენიმე ხანში კუნძულებზე ერთ-ერთი სახეობის ხეების რიცხვმა შემცირება დაიწყო. როგორც აღმოჩნდა, დოდო სწორედ ამ ხის ნაყოფით იკვებებოდა; სქელ ნაჭუჭში მომწყვდეული თესლები გაღივების უნარს მხოლოდ დოდოს

საჭმლის მომწეებელ სისტემაში გავლის შემდეგ იძენდნენ. მავრიკიის კუნძულებზე ამ ხეების შენარჩუნების მიზნით, მეცნიერები ინდაურებს მათი ნაყოფით კვებავენ და ექსკრემენტებში გადასულ თესლებს დასათესად იყენებენ.

გადაშენების საფრთხე, მათზე ზღვარგადასული ნადირობის გამო, დღესაც მრავალი სახეობის ცხოველს ემუქრება.

მსოფლიოს ბევრ კუთხეში ადგილობრივი სახეობების ადგილს ინტროდუცირებული სახეობები იკავებენ. ისინი ახალ გარემოში სწრაფად მრავლდებიან, ვინაიდან ბუნებრივი მტრები და კონკურენტები არ ჰყავთ, დროთა განმავლობაში კი თანდათან განდევნიან ადგილობრივ სახეობებს. ასე მაგალითად, აფრიკაში, ტბა ვიქტორიაში ორასამდე სახეობის ადგილობრივი თევზი გადაშენდა მას შემდეგ, რაც ევროპელებმა იქ ყველაზე დიდი ზომის მტკნარი წყლის თევზი – ნილოსის ქორჭილა მოაშენეს.



ნილოსის ქორჭილა.

**დასკვნა:**

ადამიანის მომხმარებლური დამოკიდებულება სამყაროს მიმართ დიდ საფრთხეს უქმნის სიცოცხლეს დედამიწაზე. სასუქების, პესტიციდებისა და საწვავის ჭარბად გამოყენება გარემოს აბინძურებს. წყნარ ოკეანეში „ნაგვის კონტინენტი“ წარმოიქმნა, რომელიც პლასტიკისა და სხვადასხვა სახის ნარჩენებისაგან შედგება. ტყეების გაჩეხვა, ნადირობა, ინტროდუცირებული სახეობები მრავალი მცენარისა და ცხოველის გადაშენების მიზეზია.

**დავალება**

1. დაასახელე ერთადერთი ბუნებრივი პროცესი დედამიწაზე, რომელიც ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის კონცენტრაციას ამცირებს.
2. როგორ იცვლება წყალსატევის ბინადართა მეტაბოლიზმი მასში ჩამდინარე ცხელი წყლის გავლენით?
3. როგორ იცვლება წყალსატევებში ჟანგბადის რაოდენობა მასში ცხელი ჩამდინარე წყლის გავლენით?

4. ატმოსფეროს დაბინძურებაში დიდი წვლილი ცემენტის ქარხნებს მიუძღვის. ცემენტის მტვერს შეუძლია, მწვანე ოაზისი უნაყოფო და უსიცოცხლო ადგილად გადააქციოს.

მოიძიე ინფორმაცია:

- ა. საქართველოს რომელ ქალაქებში მუშაობს ცემენტის ქარხნები?
- ბ. არიან თუ არა ისინი თანამედროვე ტექნიკით აღჭურვილნი?
- გ. რა ღონისძიებებს მიმართავს ქარხნის ხელმძღვანელობა ჰაერის დაბინძურების თავიდან ასაცილებლად?
- დ. ტარდება თუ არა ქალაქში ჰაერის დაბინძურების მონიტორინგი?
- ე. ივლევენ თუ არა ქალაქის მოსახლეობას სხვადასხვა დაავადებაზე?

მოპოვებული ინფორმაციის მიხედვით დაწერე რეფერატი.

მოაწყვე ნაშრომის პრეზენტაცია.





## ეს საინტერესოა!

- ▶ 1. ნიტრატებით მონამვლის თავიდან აცილების მიზნით: ნუ შეიძენ საეჭვოდ დიდი ზომის ბოსტნეულსა და ხილს; თუ ოჯახში მაინც აღმოჩნდა ასეთი პროდუქტი, დაჭერი წვრილად და მცირე ხნით წყალში მოათავსე; წყალი რამდენჯერმე გამოუცვალე. ნიტრატი წყალში კარგად იხსნება და ასეთი პროდუქტის მიღება საშიში აღარაა.
- ▶ ძნელი დასაჯერებელია, მაგრამ ძველად, ნაწლავების გაუვალობის შემთხვევაში, ავადმყოფს ვერცხლისწყალს ასმევდნენ, რათა მის სიმძიმეს კუჭის მოქმედება გამოეწვია
- ▶ 1970 წლამდე მედიცინაში ვერცხლისწყლის შემცველ პრეპარატებს იყენებდნენ.
- ▶ სტომატოლოგები ვერცხლისწყლის ამალგამით კბილებს ბუნდნენ.
- ▶ 2020 წლიდან მინამატას საერთაშორისო კონვენციით, რომელსაც ხელი მოაწერა მსოფლიოს მრავალმა ქვეყანამ, იკრძალება ვერცხლისწყლის შემცველი პროდუქტების წარმოება, ექსპორტი და იმპორტი. დაწესდა რეგულაციები ოქროს მოპოვებასა და ცემენტის წარმოებაზე.





## თემა IV

### საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია

გეოგრაფია გამორჩეული, უნივერსალური მეცნიერებაა, რომლის ინტერესის სფერო და კვლევის საგანი არ არის მკაცრად შემოსაზღვრული ბევრი სხვა დისციპლინის მსგავსად; მასში როგორც ბუნებასთან, ასევე ადამიანთა საზოგადოებასთან დაკავშირებული ობიექტების, მოვლენებისა და პროცესების უჩვეულოდ ფართო სპექტრი ხვდება. ამავე დროს, მიუხედავად შესასწავლი საკითხების დიდი სიმრავლისა, გეოგრაფია ყოველთვის მოწოდებულია, პასუხი გასცეს მისთვის ყველაზე სპეციფიკურ კითხვას „სად?“

გეოგრაფია სამ ერთმანეთთან ისეთ დაკავშირებულ სფეროს აერთიანებს, როგორცაა სივრცობრივი ანალიზი (მოიცავს საზოგადოების არსებობისა და საქმიანობის აღრიცხვასა და აღწერას დედამიწის ფარგლებში); ადამიანებისა და მათი გარემოს (როგორც ფიზიკურის (ბუნებრივის), ასევე სოციალურ-ეკონომიკურის) ურთიერთკავშირი და ურთიერთქმედებას და რეგიონული სინთეზი (ახდენს პირველი ორი საკითხის კომბინირებას განსაზღვრული ადგილმდებარეობის ფარგლებში).

# გეოგრაფია IVთემა

## 4. ბუნებრივი და ტექნოგენური საფრთხეები

---

### ძირითადი საკითხები

#### 4.1. გეოგრაფიული გარემო

---

#### 4.2. სტიქიური მოვლენები და ბუნებრივი კატასტროფები

---

#### 4.3. ბუნებრივი კატასტროფები

---

- 4.3.1 გეოლოგიურ-ტექტონიკური, მეტეოროლოგიურ-კლიმატური და ჰიდროლოგიური კატასტროფები (მიწისძვრა, ცუნამი, მეწყერი, ზვავი)
- 4.3.2 მეტეოროლოგიურ-კლიმატური კატასტროფები (ქარები – შტორმი, ტორნადო, ტროპიკული ციკლონები. გვალვა, სეტყვა)
- 4.3.3 ჰიდროლოგიური კატასტროფები (წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, დვარცოფი);
- 4.3.4. ანთროპოგენური (ტექნოგენური) კატასტროფები (ავარიები და აფეთქებები თბო, ჰიდრო და ატომურ ელექტროსადგურებზე; ნავთობის ჩაღვრა ზღვებსა და ოკეანეებში; ქიმიური ნივთიერებების გაჟონვა)

#### 4.4. დაცული ტერიტორიები

---

## 4.1. გეოგრაფიული გარემო

### გაიხსენა

1. რა არის გეოგრაფიული გარსი, რა ნაწილებისგან შედგება და როგორია მისი გავრცელების საზღვრები? წარმოადგინე სქემის ან შენთვის სასურველი სახით გეოგრაფიული გარსი.
2. როგორ ფიქრობ, გეოგრაფიული გარსის შემადგენელი რომელი ნაწილია ყველაზე ძველი? პასუხი დაასაბუთე.
3. რომელი კანონზომიერებებით ხასიათდება გეოგრაფიული გარსი? განმარტე თითოეული მათგანი და მოიყვანე მათი გამოვლენის მაგალითები.
4. ახსენი, როგორ შეიცვალა ადამიანისა და ბუნების ურთიერთობა უძველესი დროიდან დღემდე და რა როლი შეასრულა ამ პროცესში სამეცნიერო-ტექნიკურმა რევოლუციებმა?

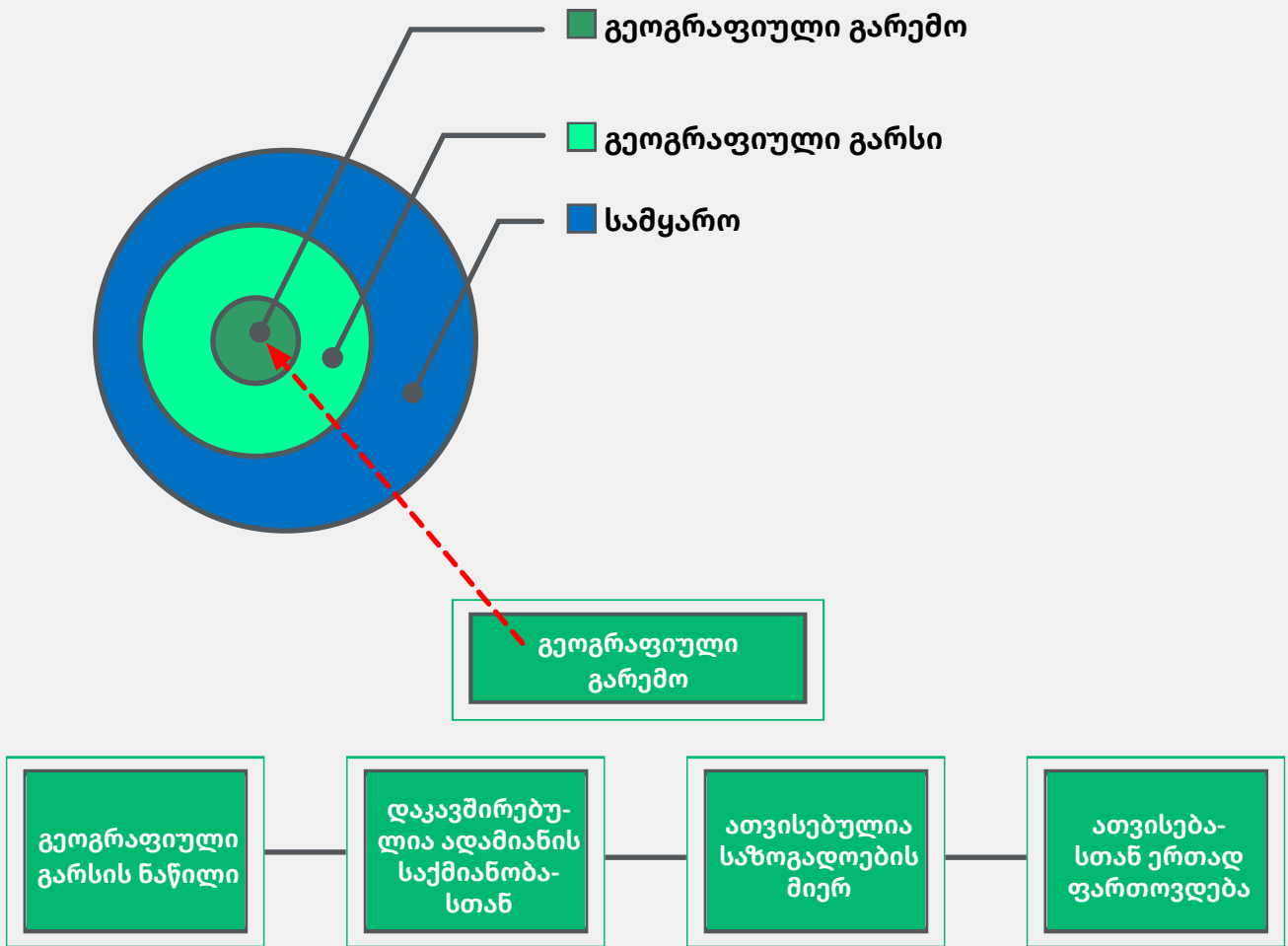


გარემომცველი ბუნება თავისი კლიმატური, ჰიდროლოგიური, გეომორფოლოგიური თავისებურებებით, ნიადაგებით, მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროთი იმ განსაკუთრებულ გეოგრაფიულ კომპლექსს წარმოადგენს, რომლის კომპონენტების შერწყმამ კაცობრიობის არსებობისთვის ხელსაყრელი პირობები შექმნა.

გეოგრაფიული გარემო გეოგრაფიული გარსის ის ნაწილია, რომელიც გარდაქმნილია ადამიანის მიერ და რომელთანაც საზოგადოება უშუალოდაა დაკავშირებული თავისი შრომითი საქმიანობით. დედამიწის ბუნებრივი გარემო მხოლოდ ადამიანთა საზოგადოების გაჩენამ (ადრეული

პალეოლითი) აქცია გეოგრაფიულ გარემოდ და ისიც მხოლოდ იმ ტერიტორიაზე, სადაც საზოგადოება ცხოვრობდა.

გეოგრაფიული გარემო არ არის უცვლელი, ერთხელ და სამუდამოდ ჩამოყალიბებული. იგი თანდათან იცვლებოდა და ფართოვდებოდა. მისი შემადგენელი კომპონენტები იცვლება, ერთი მხრივ, საკუთარი ბუნებიდან გამომდინარე და, მეორე მხრივ, ადამიანის აქტიური საქმიანობის შედეგად. ადამიანი თავის მზარდ მოთხოვნილებათა დასაკმაყოფილებლად პლანეტის ახალ-ახალ ნაწილებს იპყრობდა და ბუნების სხვადასხვა კომპონენტს იყენებდა.



სურათი 4.1.1 გეოგრაფიული გარსი და გეოგრაფიული გარემო.

სქემაზე გეოგრაფიული გარემოს ხაზობრივი მინიშნება და გრაფიკი გეოგრაფიული გარემოს მიმართებითი ისარი ერთმანეთს არ ემთხვევა.

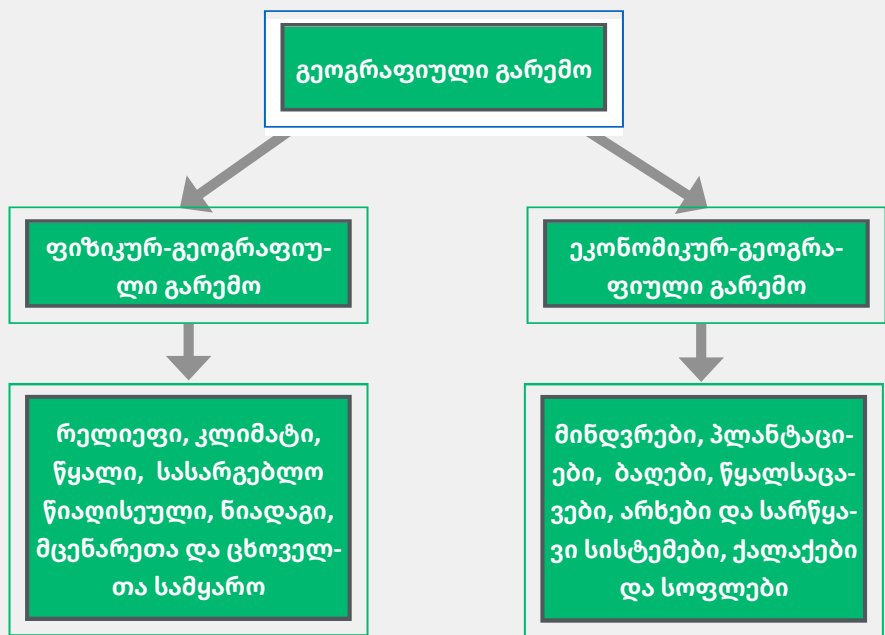
ცნება „გეოგრაფიული გარემო“ ცნობილ რუს გეოგრაფს ლ. ი. მეჩნიკოვს და ფრანგ გეოგრაფსა და სოციოლოგს ე. რეკლიუსს (1830-1905 წ.წ.) ეკუთვნით. ამ ცნებით ისინი ბუნების მხოლოდ იმ ელემენტებს მოიაზრებდნენ, რომლებთანაც განვითარების მოცემულ ისტორიულ საფეხურზე მჭიდრო კონტაქტი ჰქონდა საზოგადოებას. მათი აზრით, გეოგრაფიული გარემო ისტორიული კატეგორიაა, რომელიც განუწყვეტლივ იცვლება ბუნებრივი პირობების კომპლექსური შეცვლის შედეგად. იყო დრო, როცა მრავალი მდინარე, მაგალითად, ამაზონი, იუკონი, მაკენზი, ობი, ენი-

სეი, ლენა საზოგადოებისთვის მის გეოგრაფიულ გარემოს არ წარმოადგენდა, მაგრამ, მატერიალური წარმოების განვითარებასთან ერთად, ისინი საზოგადოების არსებობისთვის აუცილებელ პირობად და გეოგრაფიულ გარემოდ იქცა.

გეოგრაფიული გარემო ადამიანის სასიცოცხლო სივრცეა; მისი ასაკი ადამიანის გაჩენის დროიდან უნდა აითვალოს და იგი საკმაოდ ხანმოკლეა გეოგრაფიული გარსის ასაკთან შედარებით. ადამიანის მიერ გეოგრაფიული გარემოს შეცნობა საუკუნეების განმავლობაში გრძელდებოდა: ხდებოდა ახალი ტერიტორიების შესწავლა, ახალი კონტინენტების, კუნძულების აღმოჩენა და ათვისება.

**დავალება:**

(1). ახსენი, ეთანხმები თუ არა ფორმულას:



**სურათი 4.1.2 გეოგრაფიული გარემოს სახეები.**

გეოგრაფიულ გარემოში ურთიერთდაკავშირებულია როგორც ბუნებრივი, ისე ადამიანის მიერ შექმნილი გარემოს კომპონენტები.

გეოგრაფიული გარემო, პირობითად, ფიზიკურ-გეოგრაფიულ და ეკონომიკურ-გეოგრაფიულ გარემოებად იყოფა.

ფიზიკურ-გეოგრაფიული გარემო იმ ელემენტთა ერთობლიობაა, რომელიც საზოგადოების განვითარების მოცემულ ისტორიულ ეტაპზე მისი არსებობის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. ეს ბუნების ისეთი ელემენტებია, როგორებიცაა კლიმატი, ზედაპირული წყლები, რელიეფი, სასარგებლო წიაღისეული, მცენარეთა და ცხოველთა სამყარო, რომელთა გარეშე საზოგადოება ვერც იარსებებს და ვერც განვითარდება. საზოგადოება მათ ან მატერიალურ წარმოებაში იყენებს, ან ისინი ადამიანის არსებობის ბუნებრივ პირობებად და ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გარემოს კომპონენტებად გვევლინებიან.

ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გარემო იმ ელემენტთა ერთობლიობაა, რომელიც საზოგადოების განვითარების მოცემულ ისტორიულ ეტაპზე მისი არსებობის აუცილებელ პირობას წარმოადგენს. ეს ელემენტებია, როგორებიცაა მინდვრები, პლანტაციები, ბაღები, წყალსაცავები, არხები და სარწყავი სისტემები, ქალაქები და სოფლები.

შეიძლება ითქვას, ადამიანის გაჩენა დედამიწაზე ახალი, კიდევ უფრო მძლავრი ძალის გაჩენას ნიშნავდა, ვიდრე თავად ბუნების ძალაა, რომლისგანაც ის იმით განსხვავდება, რომ მისი ქმედება გონებითაა ნაკარნახევი. მატერიალური წარმოება საზოგადოების არსებობის საფუძველი და საშუალებაა.

**დავალება:**

- (2). ფრანგი გეოგრაფი ელიზე რეკლიუ აღნიშნავდა, რომ საზოგადოების განვითარებასთან ერთად, „ადამიანი უსასრულობამდე ზრდის გარემოსთან გადაკვეთისა და შეხების წერტილებს და სწავლობს იმ ბუნებრივი პირობების გამოყენებას, რომლებიც მანამდე მისთვის უსარგებლო და, უფრო მეტიც, საზიანო იყო“. როგორ ფიქრობ, რას გულისხმობდა ე. რეკლიუ?

ადამიანის მიერ მოშინაურებული და გამოყვანილი ცხოველთა და მცენარეების ჯიშები, ქვის, ხის, ძვლის დამუშავებასთან ერთად, კაცობრიობის ისტორიის პირველ საფეხურზე შრომის ძირითად საშუალებებს წარმოადგენდა. ადამიანი განუწყვეტლივ ზრდიდა მათ რაოდენობას. ამჟამად 20 ათასამდე კულტურული მცენარეა ცნობილი, რომლებსაც ხმელეთის 10%-ზე მეტი უკავია. ადამიანი ყოველწლიურად აშენებს ტყეებს, აგებს წყალსაცავებს, სარწყავ სისტემებს, ამუშავებს ნიადაგს და კიდევ მრავალ სხვა საქმიანობას ეწევა, რაც ანთროპოგენულ ლანდშაფტებს – ე.წ. „მეორე ბუნებას“ ქმნის. ეს „მეორე ბუნება“, რომელიც ერთსა და იმავე დროს შრომის პროდუქტიცაა და წარმოების საშუალებაც, ადამიანებსა და ტექნიკასთან ერთად, საზოგადოების მთავარი ნაწილი გახდა.

ადამიანის მიერ გარდაქმნილ ბუნებას ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გარემო ჰქვია. სიტყვა „ეკონომიკა“ იმაზე მიუთითებს, რომ მეურნეობა, მატერიალური წარმოება მისი წარმოშობის მიზეზი და, ამავე დროს, არსებობისა და განვითარების საფუძველია. ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გარემო ადამიანის მიერ ხელოვნურად შექმნილი ან გარდაქმნილი გარემოა. ესაა კულტურული ნიადაგები, ადამიანის მიერ გამოყვანილი ცხოველთა და მცენარეთა სახეობები, მინდვრები, ბაღები, ბოსტნები, პლანტაციები, ხელოვნური წყალსატევები და წყალსაცავები, სარწყავი არხები და სხვ.

ეკონომიკურ-გეოგრაფიულ გარემოში ობიექტები სამ ჯგუფად შეიძლება დავყოთ. პირველს მიეკუთვნება ისინი, რომელთა ფუნქციონირება, როგორც წარმოების საშუალებებისა, მათი ბუნებრივი თვისებების გამოყენებაზეა დაფუძნებული. ასეთებია, მაგალითად, ადამიანის მიერ გამოყვანილი მცენარეთა და ცხოველთა ახალი ჯიშები, სოფლის მეურნეობისთვის დამუშავებული მიწები.

ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გარემოს ობიექტთა მეორე ჯგუფს ადამიანის მიერ ხელოვნურად შექმნილი ან გარდაქმნილი ის ბუნებრივი ობიექტები მიეკუთვნება, რომლებიც მხოლოდ ტექნიკასთან ერთად ფუნქციონირებს, როგორც შრომის ან წარმოების საშუალებები. ასეთებია, მაგალითად, მდინარეთა ნაწილები წყლის დარეგულირებული ხარჯით, წყალსაცავები ჰიდროელექტროსადგურებითა და კაშხლებით, საირიგაციო ნაგებობები, ხელოვნურად შექმნილი რელიეფის ფორმები: მიწაყრილები სარკინიგზო და საავტომობილო გზებთან, მდინარეთა ჯებირები და სხვ.

ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გარემოს ობიექტთა მესამე ჯგუფი ხელოვნურად შექმნილ ან ბუნების ისეთ გარდაქმნილ ელემენტებს აერთიანებს, როგორებიცაა საქალაქო და სასოფლო პარკები, ბაღები, სკვერები, შინაური ცხოველები და მცენარეები და ა.შ. ეს ობიექტები არ მიეკუთვნება მატერიალურ წარმოებას, ადამიანის არამატერიალური საქმიანობის შედეგია და ამიტომ მხოლოდ საზოგადოებასთან ერთად ფუნქციონირებს.

მაშასადამე, ფიზიკურ-გეოგრაფიული და ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გარემო ერთმანეთთან მჭიდროდაა დაკავშირებული როგორც იდენტური, ასევე არსებითად სხვადასხვა ხასიათის ბუნებრივი თვისებებითა და კანონებით.

ადამიანისა და ბუნების ურთიერთობა ჩვენს პლანეტაზე მისი გაჩენის დღიდან იწყება. მას შემდეგ ადამიანი არა მარტო შეეგუა გარემომცველ სამყაროს, არამედ აქტიურად დაიწყო მისი გარდაქმნაც: გაჩეხა ტყეები, გადახნა მიწები, გაიყვანა გზები, ააშენა ქალაქები, ააგო ხიდები და კაშხლები და ა.შ. (იხ. ცხრილი, გვერდი 88)

**ისტორიული ეტაპები**

პირველყოფილი საზოგადოება



აგრარული რევოლუციის ეპოქა – დაიწყო 6-8 ათასი წლის წინ. აგრარული (ნეოლითური) რევოლუციის შედეგია მითვისებითი მეურნეობიდან წარმოებით მეურნეობაზე გადასვლა.



სამრეწველო რევოლუციის ეპოქა – დაიწყო XVIII ს-ში; 1784 წელს გამოგონებულ იქნა პირველი მანქანა, რამაც დასაბამი მისცა სამრეწველო რევოლუციას; XX ს-ის შუა წლებში მოხდა „მწვანე“ რევოლუცია, რამაც ძირეული ცვლილებები მოახდინა სოფლის მეურნეობაში.



**დამოკიდებულება ბუნების მიმართ**

მითვისებითი მეურნეობა, ნადირობა, შემგროვებლობა და თევზჭერა. ადამიანების ცხოვრების წესი არ არღვევდა გეოსისტემის ბუნებრივ მდგომარეობას. განვითარების ამ ეტაპზე ადამიანი კი არ ცვლიდა გარემოს, არამედ ეგუებოდა მას. პრიმიტიულ მეურნეობას არ შეეძლო ბუნებრივი გარემოს თავისებურებების შეცვლა.

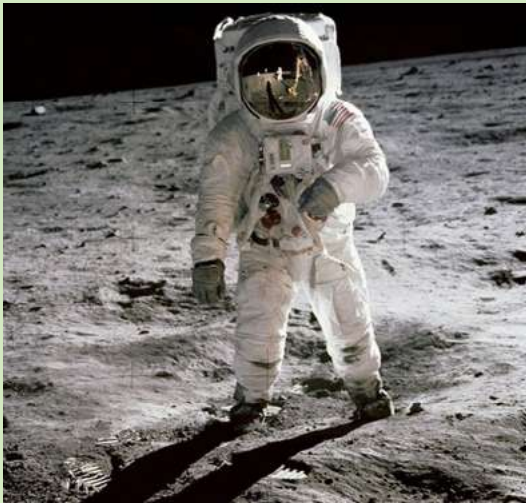
ცხოველების მოშინაურება, კულტურული მცენარეების გაჩენა, მიწათმოქმედების განვითარება;

ადამიანების ცხოვრების წესს დაბალი ხარისხით შეეძლო დაერღვია გეოსისტემის ბუნებრივი მდგომარეობა მცირე ზომის ტერიტორიებზე; მოსახლეობა გადადიოდა მუდმივ საცხოვრებელ წესზე, გაჩნდა ქალაქები, ხოლო მჭიდროდ დასახლებულ ადგილებში დაიწყო გეოსისტემის ეკოლოგიური წონასწორობის რღვევა, იზრდებოდა საზოგადოების გავლენა გარემოზე, გაფართოვდა ბუნებრივი რესურსების სამეურნეო გამოყენება, ვითარდებოდა მეცხოველეობა და მიწათმოქმედება და წარმოიქმნა პირველადი ეკოლოგიური პრობლემები.

მოსახლეობის ცხოვრების წესი დაკავშირებულია გარემოს მტაცებლურ ექსპლუატაციასთან, მატერიალური და სულიერი მოთხოვნილებების დაკმაყოფილების მიზნით. მკვეთრად იზრდება ეკოლოგიური ზემოქმედება გეოსისტემებზე; ადამიანი გადაიქცა მთავარ „გეოლოგიურ“ ძალად; წარმოიქმნა რეგიონული გეოეკოლოგიური პრობლემები. ბუნებრივი ლანდშაფტები შეიცვალა ანთროპოგენური ლანდშაფტებით; ინტენსიურად მიმდინარეობდა ყველა კონტინენტის (ანტარქტიდის გარდა) ათვისება საზოგადოების მზარდი მოთხოვნილებების დასაკმაყოფილებლად, ცხოვრების დონის ასამაღლებლად, მზარდი სამხედრო ხარჯების საკომპენსაციოდ. მიმდინარეობს ბუნებრივი რესურსების მტაცებლური მიდგომით გამოყენება.

**ისტორიული ეტაპები**

სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციების ეპოქა – დაიწყო XX ს-ის მე-2 ნახევარში.



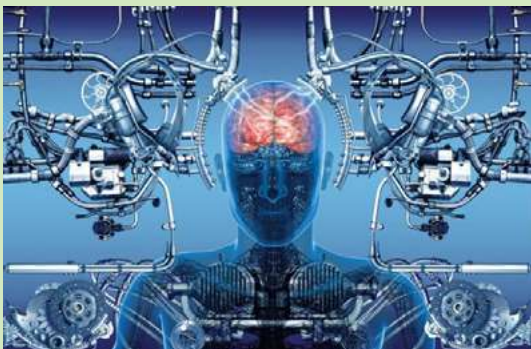
**დამოკიდებულება ბუნების მიმართ**

ცხოვრების წესი მიმართულია ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ გამოყენებასა და გარემოსდაცვითი ღონიძიებებისკენ; ჩამოყალიბდა და განვითარდა ეკოლოგიური ცნობიერება და ეკოლოგიური კულტურა;

სწრაფად იზრდება მოსახლეობის რაოდენობა; სამეცნიერო-ტექნიკური რევოლუციის შედეგად, დაიწყო კოსმოსის ათვისება, მენდელეევის პერიოდული სისტემის ყველა ქიმიური ელემენტი „ჩაეშვა“ სამეურნეო გამოყენებაში და შეიქმნა ბევრი ახალი სინთეტიკური მასალა; მეცნიერებისა და ტექნიკის სწრაფმა განვითარებამ წარმოებაში ბუნებრივი რესურსების დიდი მოცულობით გამოყენება გამოიწვია; ათვისებულ იქნა ვრცელი ტერიტორიები, აშენდა უზარმაზარი საწარმოები, დაიწყო მსოფლიო ოკეანის, პოლარული რეგიონების, მთებისა და უდაბნოების ინტენსიური ათვისება.

მნიშვნელოვნად შეიცვალა გეოსისტემები. წარმოიქმნა გლობალური ეკოლოგიური პრობლემები და გამოიკვეთა კრიზისული გეოეკოლოგიური სიტუაციის მქონე ტერიტორიები; გარემოს ყველა კომპონენტი განიცდის ძლიერ ანთროპოგენურ ზემოქმედებას; ამასთან ერთად, ყურადღება ეთმობა წყლის, ნიადაგის, ატმოსფერული ჰაერის, ფლორისა და ფაუნის დაცვას, გაჩნდა ეკოლოგიური კანონები; დაიწყო ახალი მსოფლმხედველობის ჩამოყალიბება, რომლის საფუძველი ადამიანისა და გარემოს მშვიდობიანი და პარტნიორული თანაარსებობაა.

ეკოლოგიური ბუნებათსარგებლობის ეპოქა – თანამედროვე პერიოდი



ცხოვრების წესი, რომლის ფარგლებში ჯანსაღი და ეკოლოგიურად სუფთა გარემოს შენარჩუნება ისეთივე მნიშვნელოვანი ხდება, როგორც ეკონომიკური ზრდა; საზოგადოება გადადის მდგრადი განვითარების პრინციპებზე; უპირატესობა ენიჭება რაციონალურ ბუნებათსარგებლობას და ალტერნატიული რესურსების გამოყენებას; ბუნება აღქმულია, როგორც უნიკალური ერთიანი ორგანიზმი, რომელიც მზადაა კონსტრუქციული დიალოგისთვის და იწყება „ეკოლოგიური კულტურის რევოლუცია“ – საზოგადოებისა და გარემოს ჰარმონიული არსებობა და თანაცხოვრება.

**ცხრილი:** ადამიანისა და ბუნების ურთიერთდამოკიდებულების ისტორია.

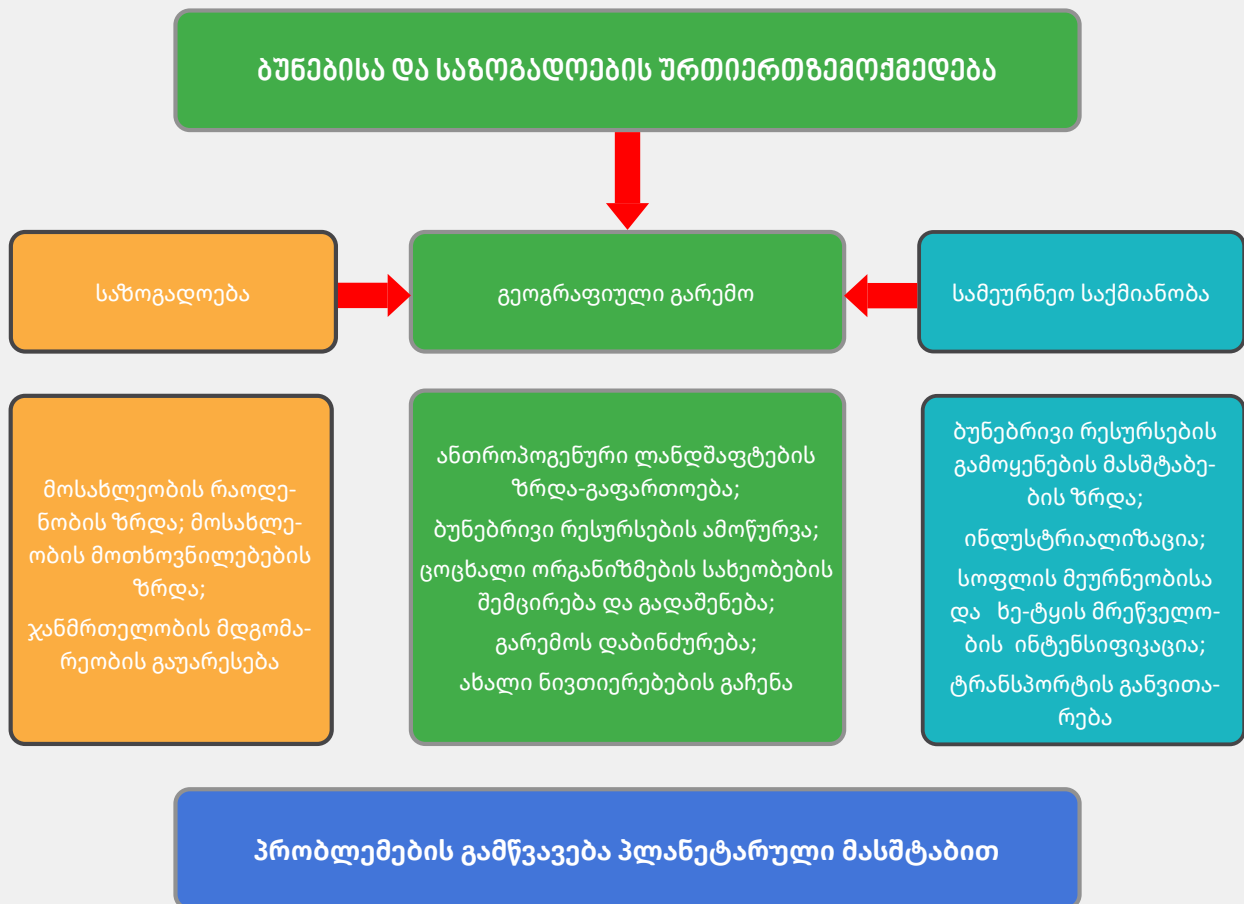
ამრიგად, გარემოს გავლენა საზოგადოებაზე ისტორიული ხასიათისაა და მას თავად საზოგადოების განვითარება განსაზღვრავს. გეოგრაფიულ გარემოში ადამიანის სამეურნეო საქმიანობას აქვს როგორც აღმშენებლობითი, ისე დამანგრეველი ხასიათი, რაც ბუნების ყველა ელემენტს – რელიეფს, ჰავას, წყლებს, ნიადაგს, ორგანულ სამყაროს და მთელ ბუნებრივ-ტერიტორიულ კომპლექსებს (ბტკ) ეხება. სწორედ ამიტომ გარემოს კომპონენტების მოხმარების პრაქტიკა – გარდაქმნა, გამოყენება, აღდგენა, ფიზიკურ-გეოგრაფიული და ეკონომიკურ-გეოგრაფიული გარემოს დაცვა წარმოადგენს როგორც გეოგრაფიული კვლევების განვითარების მთავარ მიმართულებას, ისე გეოგრაფიაში ახალ მიმართულებათა წარმოშობის წინაპირობასაც.

**სურათი 4.1.3 ბუნებისა და საზოგადოების ურთიერთზემოქმედება.**

**დავალება:**

- (3). მოიყვანე მაგალითი, რომელიც ნათლად ასახავს ბუნებრივი ფაქტორების გავლენას საზოგადოების ცხოვრებაზე.

გეოგრაფიული გარემო საზოგადოების განვითარების ერთ-ერთი აუცილებელი, მუდმივი, მაგრამ არა ძირითადი პირობაა. ადამიანი თავისი ყოფა-ცხოვრებისთვის მუდამ ხელსაყრელ გარემოს ირჩევდა – მისთვის განსაკუთრებით კომფორტული და მიმზიდველი იყო ვაკე-დაბლობები, თბილი და ტენიანი ჰავა, წყალთან ახლოს მდებარე ადგილები, ნაყოფიერი ნიადაგები, მრავალფეროვანი მცენარეული და ცხოველთა სამყარო, მიწათმოქმედებისა და ვაჭრობისთვის ხელსაყრელი ადგილები.



**დავალება:**

- (4). როგორ ფიქრობ, დადგება თუ არა დრო, როცა ადამიანი აღარ იქნება ბუნებაზე დამოკიდებული? პასუხი დაასაბუთე.

გეოგრაფიული გარემო გავლენას ახდენს ქვეყნის ეკონომიკური ცხოვრების ფორმირებაზე, საზოგადოების კულტურულ-სამეურნეო ტიპებად ჩამოყალიბებაზე. მას შეუძლია მხოლოდ დააჩქაროს ან შეანელოს და არა განსაზღვროს საზოგადოების განვითარება.

გეოგრაფიული გარემოს თავისებურებანი – სხვადასხვა ქვეყნისა და რაიონის ბუნებრივი პირობების მრავალფეროვნება და ბუნებრივი რესურსებით უზრუნველყოფა – არსებით გავლენას ახდენს ამა თუ იმ ქვეყნის განვითარებაზე.

გეოგრაფიული გარემოს როლი საზოგადოების განვითარების პროცესში აქტუალობას დღესაც არ კარგავს და მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს. გეოგრაფიული გარემო და ადამიანის ჯანმრთელობა მჭიდროდაა დაკავშირებული ერთმანეთთან: ჩვენი ორგანიზმის მდგომარეობაზე დიდ გავლენას ახდენს წყალი და საკვები. ამ კომპონენტებს სხვადასხვა ხარისხი აქვთ, მათი ადგილმდებარეობიდან გამომდინარე. ცუდი ხარისხის წყალი და საკვები იწვევს გარკვეულ პათოლოგიებს, რომლებიც შესაბამის კონკრეტულ რეგიონებში შეინიშნება. ასე მაგალითად, ბალტიისპირეთის ქვეყნებში, ფინეთსა და გერმანიაში მცხოვრებს ადამიანებს აქვთ ქიმიური ელემენტი სელენის (იგივე სელენიუმი) დეფიციტი, რაც გულის კუნთების მუშაობის გაუარესებისა და მიოკარდიუმის ინფარქტის წარმოქმნის მიზეზია. ყირიმის ნახევარკუნძულის ნიადაგები დიდი რაოდენობით შეიცავს ლითიუმს. ეს ქიმიური ელემენტი გავლენას ახდენს ადამიანის ნერვულ სისტემაზე, ხსნის ფსიქიკურ დატვირთვას. ადამიანებს, რომლებიც ცხოვრობენ იმ ტერიტორიებზე, სადაც ნიადაგში კალციუმის ჭარბი რაოდენობაა, ხშირად აწუხებთ

თირკმელების პათოლოგიები: მათ ორგანიზმში მცირდება ცილების რაოდენობა, ხშირია ავთვისებიანი წარმონაქმნების გაჩენის ფაქტები. თუ ადამიანის ორგანიზმში კალციუმისა და ტყვიის რაოდენობა ჭარბი რაოდენობითაა, მის ტვინს მოწამვლა ემუქრება. მეცნიერებმა ასევე დაადგინეს, რომ იმ რაიონებში, სადაც ნიადაგი დარბია კობალტით, ნეგატიური პროცესები ყველა შინაური ცხოველის ორგანიზმში მიმდინარეობს. ძროხები, რომელთაც ეს ელემენტი აკლიათ, წონაში იკლებენ, სცვივით ბეწვი და უცხიმოანდებათ რძე.

როცა გეოგრაფიულ გარემოში იოდის დეფიციტი აღინიშნება, ენდემური ჩიყვი ყველაზე გავრცელებული დაავადებაა. ეს პათოლოგია, თავის მხრივ, ჰორმონალური ფუნქციებისა და ფარისებრი ჯირკვლის მუშაობის დარღვევით ვლინდება. ჩიყვი საკმაოდ გავრცელებულია ჩრდილოეთ ამერიკასა და ცენტრალურ აზიაში, ნიდერლანდსა და ბელორუსის პოლესიეში, ხოლო საქართველოში – სვანეთში.

კბილების ისეთი დაავადებები, როგორებიცაა კარიესი და ფლუროზი, ძვლის ქსოვილების დამლის მიზეზები ხდება. ამათგან პირველს საკვებსა და წყალში ქიმიური ელემენტი ფტორის ნაკლებობა იწვევს, ხოლო მეორეს – პირიქით, ამ ელემენტის სიჭარბე.

ნიადაგში ნიკელის მაღალი შემცველობის გამო (მაგ. ყახაზეთი, ურალის მთების სამხრეთი) ადამიანს ეპითელიუმის გაღიზიანება და თვალის რქოვანის დაზიანება აღენიშნება. მოლიბდენის ნაკლებობა (ფლორიდა, ახალი ზელანდია, ავსტრალია) აზოტის მეტაბოლიზმის დარღვევის მიზეზია.

ადამიანის ჯანმრთელობაზე უარყოფით ზემოქმედებას ახდენს მისი საცხოვრებელი გეოგრაფიული გარემოს დაბინძურება. ჩვენი ორგანიზმისთვის მომწამვლელია ნავთობისა და ბუნებრივი აირის წვის შედეგად წარმოქმნილი ნახშირჟანგი, რომლის მთავარი „მწარმოებელი და მომწოდებელი“ ნავთობგადამამუშავებელი და მეტალურგიული ქარხნები და ტრანსპორტია. ჯანმრთელობაზე ასევე გავლენას ახდენს გზებისა და ავტომაგისტრალების გასწვრივ დაგროვილი მძიმე ლითონე-

ბი. მათ რიცხვში შედის ტყვია, რომელიც არღვევს ჰუმოგლობინის სინთეზს, ტვინისა და თირკმელების ფუნქციას. ნიკელი და კადმიუმი სიმსივნეების წარმოქმნას უწყობს ხელს.

შეიძლება ითქვას, რომ ამჟამად გეოგრაფიული გარსის განვითარების ისტორიაში დადგა ახალი ეტაპი, რომელიც უშუალოდ და მჭიდროდ არის დაკავშირებული ადამიანის სამეურნეო საქმიანობასთან. გეოგრაფიული გარსი გადაიქცა ე.წ. ნოოსფეროდ ანუ ადამიანის გონების სფეროდ. ნოოსფერო დედამიწის პლანეტარული და მასთან დაკავშირებული კოსმოსური სივრცეა, რომელიც ადამიანის გონებრივი მოქმედების შედეგად გარდაიქმნება და იმართება.

მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ მომავალში გეოგრაფიული გარემო მთლიანად მოიცავს გეოგრაფიულ გარსს და შესაძლოა, მის ფარგლებსაც კი გასცდეს (დედამიწიდან მოუწყვეტლად).

**დავალება:**

- (5). რა განსხვავებაა გეოგრაფიულ გარსსა და გეოგრაფიულ გარემოს შორის?
- (6). მოიყვანე მაგალითები, როცა ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად ბუნებას მაინც აქვს აღდგენის უნარი.
- (7). ახსენი, რა როლს ასრულებს გეოგრაფიული გარემო ადამიანის ცხოვრებასა და საქმიანობაში?
- (8). იმსჯელე, ადამიანის საქმიანობის რომელი სფეროები ახდენს ყველაზე მეტ გავლენას გეოგრაფიულ გარემოზე?
- (9). გაეცანი ჰ. ჰეიდენის მოსაზრებას და გამოთქვი შენი მოსაზრება, ეთანხმები თუ არა და რატომ: „მომეცით ქვეყნის რუკა, ... კლიმა-

ტური პირობები, წყლები და მთელი ფიზიკური გეოგრაფია. მომეცით მისი ბუნებრივი რესურსები და მე წინასწარ გეტყვი, როგორი იქნება ამ ქვეყნის ადამიანი (მოსახლე) და რა როლს შეასრულებს ქვეყანა კაცობრიობის ისტორიაში“.

■ (10). მე-20 საუკუნის რუსი მეცნიერის – ი. ვერნადსკის აზრით, დედამიწის ზედაპირზე ადამიანი მთავარ „გეოლოგიურ ძალად“ იქცა. როგორ ფიქრობ, რატომ გააიგივა მეცნიერმა ადამიანი გეოლოგიურ ძალასთან?

■ (11). წაიკითხე წყაროები, გააანალიზე ისინი და უპასუხე კითხვებს:

ა) როგორ ფიქრობ, ბუნების რომელი კანონები გამოიყენა ადამიანმა თავის სასარგებლოდ?

ბ) შენი აზრით, რა გავლენას ახდენს ბუნებრივი გარემო ადამიანის მიერ საცხოვრებელი ადგილის არჩევისა და ქვეყნის განვითარების დონეზე? მოიყვანე მაგალითები.

1. (1). „ბუნებას აქვს თავისი კანონები და ადამიანს შეუძლია, მხოლოდ შეიმეცნოს და თავის სასარგებლოდ გამოიყენოს ისინი. ბუნების კანონები ადამიანის მიერ შექმნილ გარემოშიც ინარჩუნებს ძალას. ადამიანი იყო, არის და იქნება ბუნების ნაწილი. სისტემა „საზოგადოება“ ვერასდროს გადაფარავს სისტემას „ბუნება“.

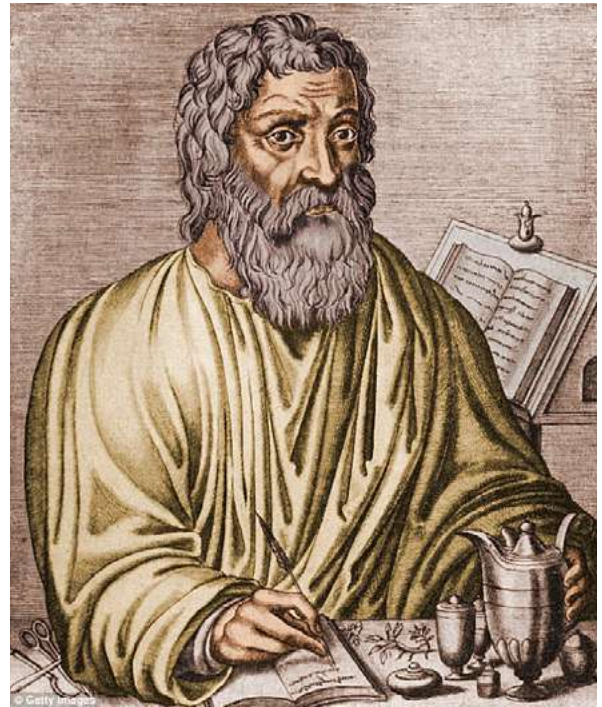
ნაწყვეტი ვ.ლიამინის ნაშრომიდან „გეოგრაფია და საზოგადოება“, 1978 წ.

2. „მსოფლიო რუკაზე ძნელად თუ მოიძებნება ქვეყანა, რომლის ტერიტორია გეოგრაფიულად ერთგვაროვანია და მოსახლეობაც თანაბრადაა მასზე განლაგებული. აქედან გამომდინარე, ბუნებრივი გარემო, თავის მხრივ, უშუალო გავლენას ახდენს ადამიანთა მიერ საცხოვრებელი ადგილის არჩევაზე, მათ განვითარებაზე, წარმოების ხასიათსა და ცხოვრების დონეზე“.

გ. მარგიანი, „გეოგრაფიული გარემოს როლი საზოგადოების განვითარებაში და ისტორიული პროცესის საზრისი“, 1985 წ.

- (12). გამოსახე სქემის სახით ურთიერთდამოკიდებულება ბუნებასა და საზოგადოებას შორის.
- (13). ბუნებრივი პირობები მრავალმხრივ გავლენას ახდენს ქალაქის აღმოცენებასა და განვითარების პროცესზე. ზოგიერთი მათგანი ხელს უწყობს ქალაქის ზრდა-განვითარებას, ზოგი კი შემზღუდველი ფაქტორის როლს ასრულებს. ჩამოთვალე ქალაქის განვითარებისთვის ხელის შემწყობი და ხელის შემშლელი ბუნებრივი ფაქტორები.
- (14). როგორ აისახება ადამიანის გავლენა გეოგრაფიულ გარემოზე საქართველოს ტერიტორიაზე?
- (15). როგორ შეიცვალა ადამიანსა და ბუნებას შორის დამოკიდებულება დროთა განმავლობაში?

✦ ეს საინტერესოა!



ჩვენს წ. აღ-მდე 460 წელს იმ დროის ცნობილმა უკიმიმა ჰიპოკრატემ მოგვაწოდა იდეა ბუნებრივი პირობების გავლენის შესახებ ადამიანის ორგანიზმზე, აგებულებაზე, ხასიათზე.

ეს იდეა შემდგომში გეოგრაფიული დეტერმინიზმის სახელით განვითარდა, რომელიც მეცნიერული მიმართულებაა და აღიარებს გეოგრაფიული გარემოს უპირატეს ზეგავლენას საზოგადოების განვითარებაში; ამავე აზრს იზიარებდნენ ძველი დროის ცნობილი მეცნიერები ჰეროდოტე და სტრაბონი.

სრულიად საპირისპირო მიმართულებას წარმოადგენდა „გეოგრაფიული ნიჰილიზმის“ მიმდინარეობა, რომლითაც საერთოდ უარყოფილია ბუნებრივი პირობების გავლენა საზოგადოებაზე.

## 4.2. სტიქიური მოვლენები და ბუნებრივი კატასტროფები

### გაიხსენა

- რომელი სტიქიური მოვლენები იცი და როგორ შეიძლება ისინი დავაჯგუფოთ?

### დავალება:

- (1). შენი აზრით, სტიქიური მოვლენა და ბუნებრივი კატასტროფები ერთი და იგივეა თუ არა? მოიყვანე არგუმენტები.

სტიქიური მოვლენები დედამიწის განვითარების თანმდევი პროცესებია, თუმცა ბუნებრივ პროცესებში ადამიანის უხეში ჩარევის გამო, კლიმატის ცვლილების ფონზე მნიშვნელოვნად იზრდება მათი მასშტაბი, სიხშირე და დამანგრეველი ეფექტი.

წარმოშობის წყაროების მიხედვით, არსებობს შემდეგი სტიქიური ბუნებრივი მოვლენები:

- გეოლოგიურ-ტექტონიკურ-გეომორფოლოგიური – მიწისძვრა, ცუნამი, ვულკანური ამოფრქვევა, მეწყერი, ღვარცოფი, კლდე-ზვავები ან ზვავები, ზედაპირის ჩამოშლა;
- მეტეოროლოგიური სტიქიური მოვლენები – ძლიერი ქარი და წვიმა, ტროპიკული შტორმი, ექსტრემალური ტემპერატურები, სეტყვა, ნისლი;
- კლიმატოლოგიური სტიქიური მოვლენები – გვალვა, გაუდაბნობა, ტყის ხანძრები, მყინვარული ტბის გარღვევა;
- ჰიდროლოგიური სტიქიური მოვლენები – წყალდიდობა, ზვირთცემა, უხვი ნალექის შედეგად გამოწვეული მეწყრული პროცესები;

- ბიოლოგიური სტიქიური მოვლენები – ეპიდემია/პანდემია, ცხოველთა მასობრივი ამოწყვეტა (მაგალითად, ტყის ხანძრების შედეგად), მწერებით დაინფიცირება, პესტიციდიზაცია და ა.შ.;
- კოსმოსური წარმოშობის მოვლენები – კოსმოსური ამინდი, დიდი ზომის მეტეორიტების ჩამოვარდნა და ა.შ.

სტიქიური მოვლენები შესაძლოა განსხვავდებოდეს სიძლიერის, სიხშირის, ხანგრძლივობის, მოცული ფართობის, სიჩქარის, განვითარების მასშტაბისა და დროში ცვალებადობის მიხედვით.

### დავალება:

- (2). ტექსტში მოცემული ინფორმაცია წარმოადგინე სქემის სახით.

ხშირად სტიქიური მოვლენები, როგორებიც არის, მაგალითად, მიწისძვრა, ქარიშხალი, წყალდიდობა და ა.შ., კატასტროფებთან ასოცირდება. თუმცა, უნდა აღინიშნოს, რომ სტიქიური მოვლენა კატასტროფად მაშინ განიხილება, როცა ის ადამიანისათვის მასშტაბური უარყოფითი შედეგებით ხასიათდება: მაგალითად, მიწისძვრა, რომელიც ბუნებრივი მოვლენაა, მისი სიძლიერის მიუხედავად, თუ ის დაუსახლებელ ადგილას მოხდა და, შესაბამისად, ადამიანისა და ინფრასტრუქტურისთვის არასაზიანო იყო, არ განიხილება, როგორც ბუნებრივი კატასტროფა.

კატასტროფა თემის ან საზოგადოების ფუნქციონირების სერიოზული ნგრევა/რყევა/მოშლაა, რომელიც იწვევს ფართომასშტაბიან ადამიანურ, მატერიალურ, ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ დანაკარგებს და რომელიც დაზარალებული საზოგადოების საკუთარი რესურსებით გამკლავების უნარს აღემატება. კატასტროფის შედეგი შეიძლება იყოს ადამიანური მსხვერპლი ან ჯანმრთელობის

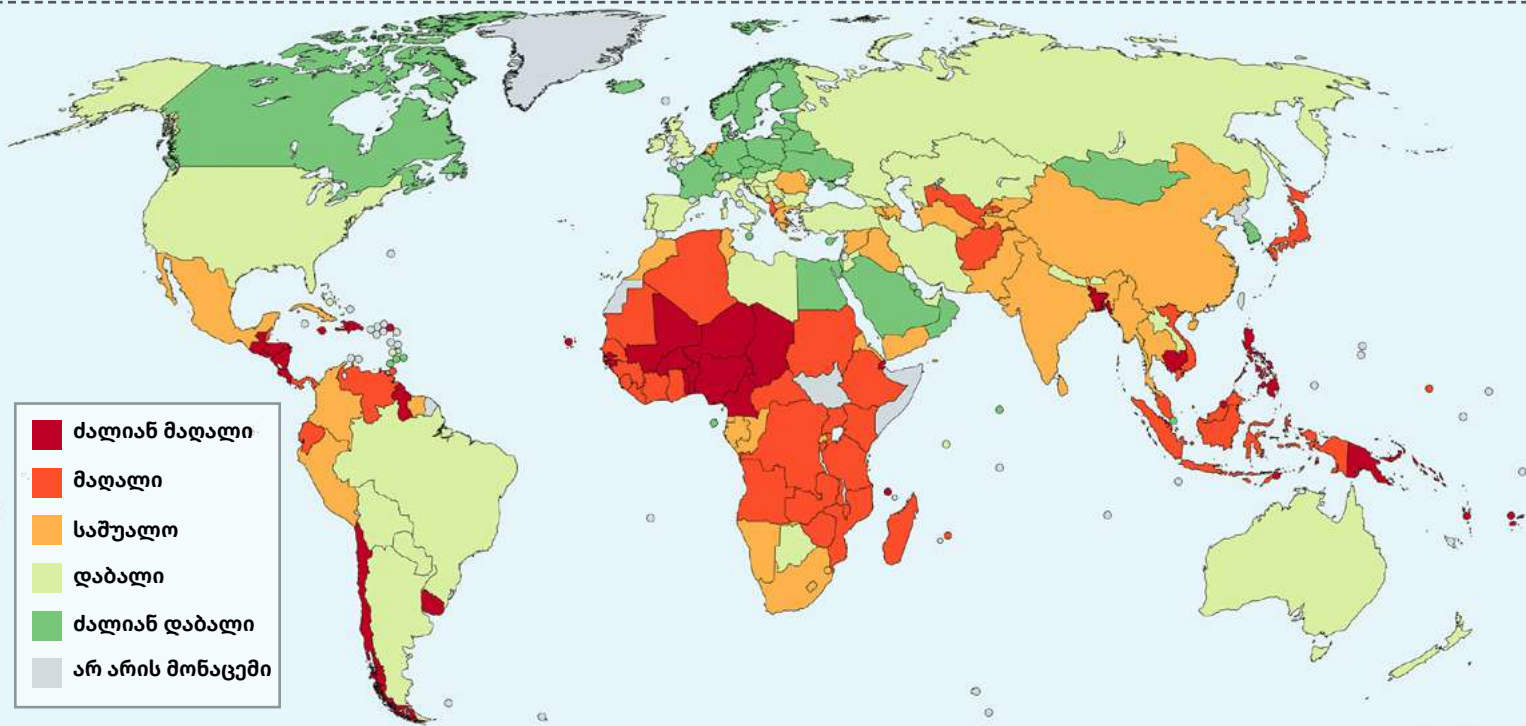
დაზიანება, ეკონომიკური და ეკოლოგიური ზარალი, სოციალური ინფრასტრუქტურის მოშლა;

კატასტროფების კლასიფიკაცია შემდეგი ძირითადი ნიშნების მიხედვით ხდება: გამომწვევი მიზეზები, გავრცელების მასშტაბი და მიყენებული ზარალი.

კატასტროფა არ წარმოიქმნება მხოლოდ ბუნებრივი მოვლენისაგან, ხშირად ის ბუნებაზე ადამიანის ზეგავლენის შედეგია. ამიტომ, წარმოშობის მიზეზების მიხედვით, კატასტროფების 3 ტიპს გამოყოფენ: ბუნებრივი, ადამიანური საქმიანობით

სტიმულირებული გლობალურ-გარემოსდაცვითი კატასტროფები (გარემოს დეგრადაცია) და ადამიანური საქმიანობით გამოწვეული – ტექნოლოგიური.

ბუნებრივ კატასტროფაში, ჩვეულებრივ, მოიაზრება ყველა იმ ტიპის ბუნებრივი მოვლენა, რომლის შედეგები უარყოფითად აისახება ადამიანთა ცხოვრების პირობებსა და საზოგადოების ნორმალურ ფუნქციონირებაზე, იწვევს ადამიანურ მსხვერპლს ან/და მატერიალურ ზარალს. ბუნებრივ კატასტროფებს მნიშვნელოვანი ზიანის მოტანა შეუძლია ადამიანისა და გარემოსათვის.

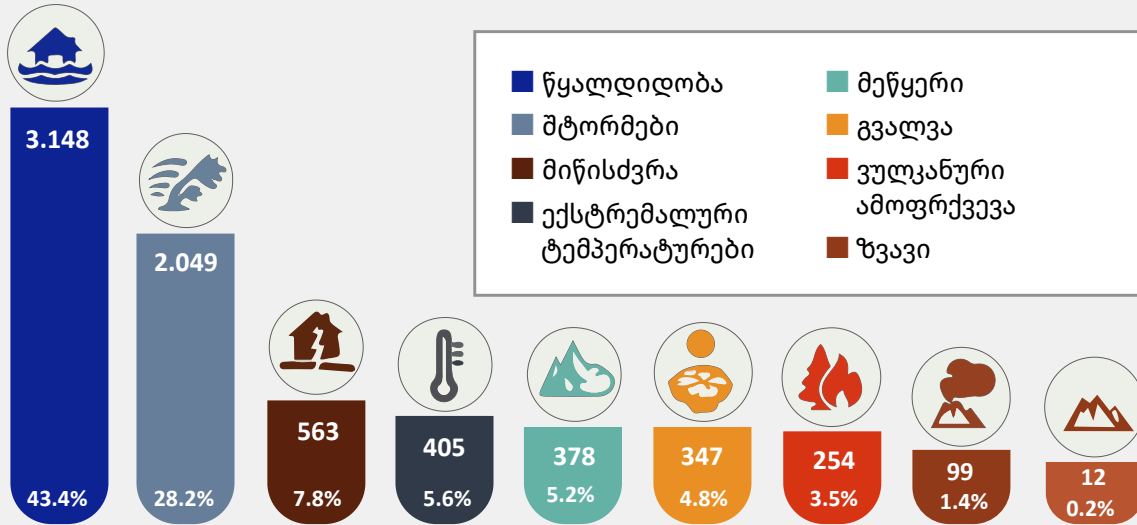


სურათი 4.2.1 ბუნებრივი კატასტროფების რისკები მსოფლიოს ქვეყნების მიხედვით, 2019 წელი.

**დავალება:**

(3). მსოფლიოს პოლიტიკური და ბუნებრივი კატასტროფების რისკების მოცემული რუკების გამოყენებით დაადგინე: ა) რომელ ქვეყნებში შეინიშნება ბუნებრივი კატასტრო-

ფების ძალიან მაღალი და დაბალი რისკები; ბ) როგორია ეს ქვეყნები ეკონომიკური განვითარების დონის მიხედვით? გ) გამოიტანე დასკვნა.



სურათი 4.2.2 კატასტროფების რიცხვი სახეების მიხედვით, 1998-2017 წ.წ.  
წყარო: Economic Losses, Poverty & DISASTERS.

**დავალება:**

- (4). გაეცანი ინფოგრაფიკას და მოცემული მონაცემების მიხედვით ააგე წრიული დიაგრამა.

ბუნებრივი კატასტროფები მნიშვნელოვანწილად გამოწვეულია ანთროპოგენური ფაქტორით (ადამიანური საქმიანობით სტიმულირებული), რაც მოსახლეობის მხრიდან გარემოსადმი გაუთვითცნობიერებელი დამოკიდებულებით არის განპირობებული. ბუნებრივი კატასტროფების წარმომშობ ანთროპოგენურ მიზეზებს წარმოადგენს: სასოფლო-სამეურნეო მიწების არასწორი ექსპლუატაცია, დიდი დახრილობის ფერდობების ათვისება, მდინარის კალაპოტიდან ინერტული მასალის არასწორ ადგილას და არასწორი მეთოდებით ამოღება, მოსახლეობის დასახლება პოტენციური რისკის შემცველ მეწყერულ უბნებზე, გაუმართავი წყალმომარაგება, ტყის უკანონო ჩეხვა, ხის შენობების შეცვლა მძიმე კონსტრუქციების კაპიტალური ნაგებობებით და ა. შ. ამდენად, სრულად თუ არა, ნაწილობრივ მაინც შეიძლება ანთროპოგენური ფაქტორით გამოწვეული კატასტროფების პრევენცია.

**დაიმახსოვრე!**

**ბუნებრივი კატასტროფების გამომწვევი ძირითადი ფაქტორებია:**

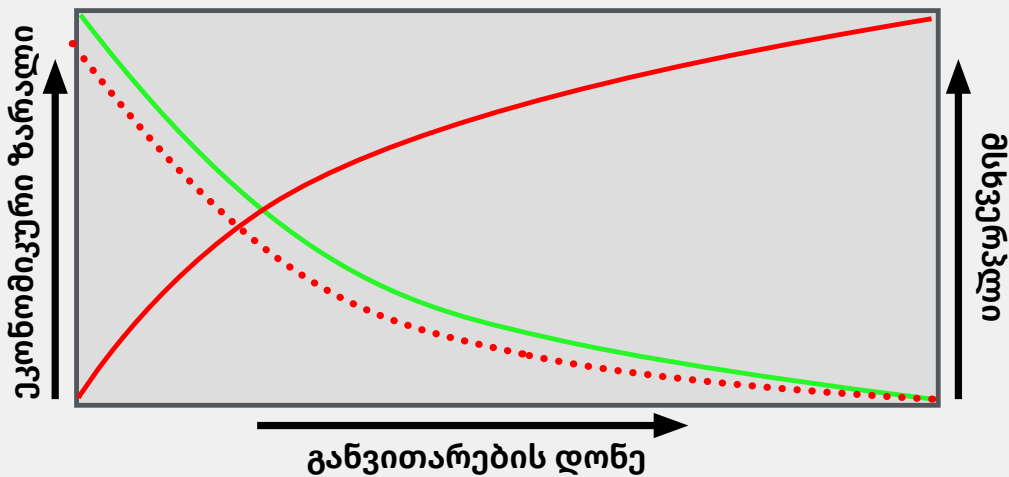
- გარემოს დეგრადაცია;
- ინფრასტრუქტურის არათანაბარი განაწილება;
- კლიმატის გლობალური ცვლილება;
- მჭიდროდ დასახლებული და ბუნებრივი საფრთხის შემცველი ტერიტორიები;
- ეკონომიკის არარაციონალური გადანაწილება;
- მიწით სარგებლობის წესების დარღვევა;
- ინფორმაციის ნაკლებობა და დაბალი ცნობიერება;
- ქალაქებისა და დიდი საინჟინრო ნაგებობების მშენებლობა;
- ახალი ტერიტორიების ათვისება;
- განსახლებისათვის შეუფერებელი ტერიტორიის შერჩევა;
- წიაღისეულის არამდგრადი მოპოვება;
- ეკონომიკური განვითარება.

გლობალურ-გარემოსდაცვით კატასტროფებს მიეკუთვნება მკაფური წვიმები, ატმოსფეროს დაბინძურება, გლობალური დათბობა, ზღვის დონის აწევა, ოზონის ფენის შემცირება. ტექნოლოგიურ კატასტროფებში კი შედის შეიარაღებული კონფლიქტები, სატრანსპორტო კატასტროფები, ატომური/ქიმიური ავარიები, ნავთობის დაღვრა, წყლის/ჰაერის/ნიადაგის დაბინძურება.

მოსახლეობის რაოდენობის ზრდასა და მეცნიერულ-ტექნიკური მიღწევების გავრცელებასთან ერთად, ადამიანი სულ უფრო მეტად დაუცველი ხდება ექსტრემალური ბუნებრივი მოვლენების წინაშე, რომელთა მიერ მიყენებული ზიანის ხარისხი დამოკიდებულია არა მხოლოდ მათი გავრცელების არეალზე, არამედ მოულოდნელობაზეც.

უკანასკნელი 50 წლის განმავლობაში ადამიანმა გარემო იმაზე მეტად შეცვალა, ვიდრე ის იცვლებოდა კაცობრიობის არსებობიდან დღემდე, რაც უპირველესად დედამიწის მოსახლეობის მზარდი რაოდენობით აიხსნება. ცხადია, მოსახლეობის რაოდენობის ზრდა ბუნებრივ რესურსებზე (საკვები, წყალი, ხე-ტყე, საწვავი) მოთხოვნის ზრდასაც იწვევს.

გარემოზე ინტენსიურმა, ხშირ შემთხვევაში კი, უკონტროლო ზემოქმედებამ, ერთი მხრივ, ხელი შეუწყო მსოფლიოში ეკონომიკური კეთილდღეობის ზრდას, მეორე მხრივ კი, ბიძგი მისცა გარემოში დეგრადაციული, უმეტესად, შეუქცევადი პროცესების დაწყებას, რაც რეალურ საფრთხეს უქმნის ადამიანის სოციალურ-ეკონომიკურ კეთილდღეობას.



სურათი 4.2.3 დამოკიდებულება ქვეყნების განვითარების დონეს, ეკონომიკურ ზარალსა და ადამიანურ მსხვერპლს შორის.

**დავალება:**

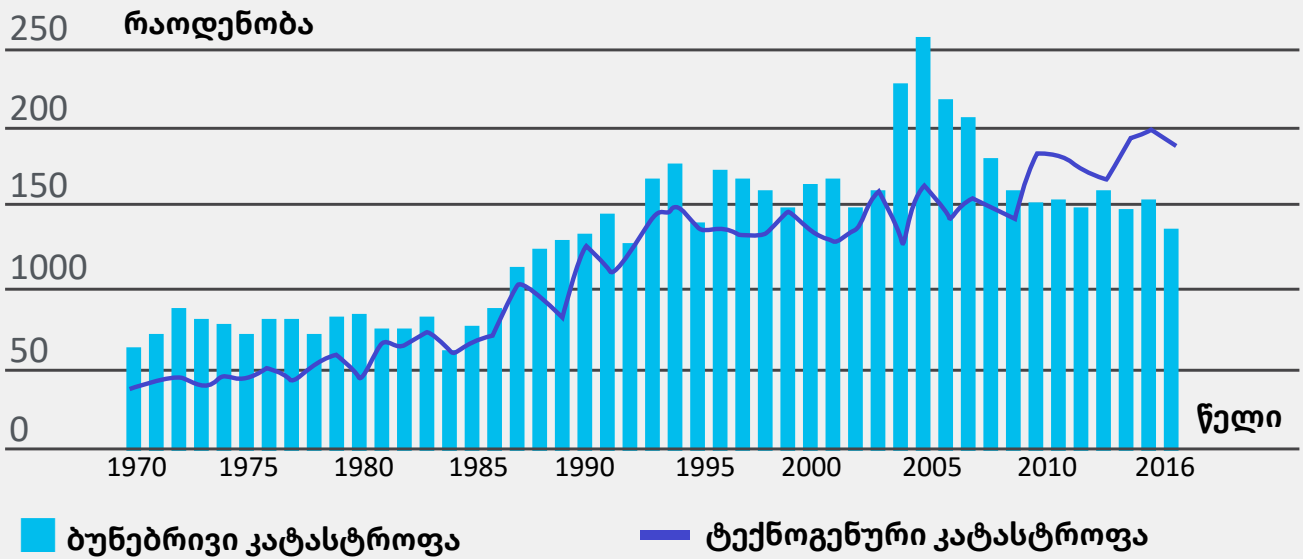
- (5). გააანალიზე დიაგრამა და დაადგინე, რა დამოკიდებულებაა ქვეყნების განვითარებას, ეკონომიკურ ზარალსა და ადამიანურ მსხვერპლს შორის?

ბუნებრივი კატასტროფების რისკი დღეისათვის სულ უფრო გლობალურ ხასიათს იღებს. ერთ რეგიონში მისმა წარმოშობამ და მოქმედებამ შეიძლება, რომელიმე სხვა რეგიონზე მოახდინოს ზეგავლენა და – პირიქით. დაუგეგმავმა ურბანიზაციამ, გარემოს დეგრადაციამ, კლიმატის გლობალურმა ცვლილებამ და დეფიციტური რესურსებისათვის არაგონივრულმა ბრძოლამ

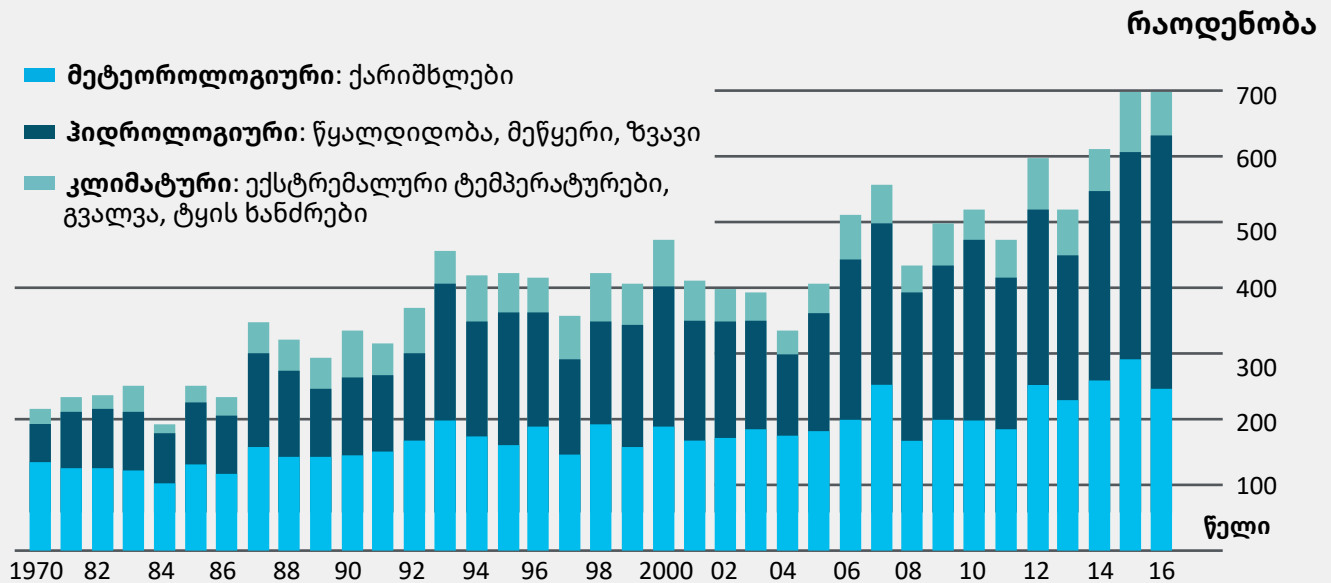
მომავალში შეიძლება, საფრთხის წინაშე დააყენოს მსოფლიო ეკონომიკა, მოსახლეობა და განვითარებადი ქვეყნების მდგრადი განვითარება.

ბოლო ათწლეულის განმავლობაში, მსოფლიო მასშტაბით, მნიშვნელოვნად არის გაზრდილი ბუნებრივი კატასტროფების სიხშირე, რასაც თან

სდევს მნიშვნელოვანი ადამიანური და მატერიალური დანაკარგები. 2017 წელს მსოფლიოში დაფიქსირებულ იქნა 330 (მინიმუმ) მასშტაბური ბუნებრივი კატასტროფა, რომლის ეკონომიკური ზარალიც 353 მილიარდ აშშ დოლარს შეადგენს.



სურათი 4.2.4 ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფების დინამიკა მსოფლიოში 1970-2016 წლები.



სურათი 4.2.5 ბუნებრივი კატასტროფების დინამიკა სახეების მიხედვით 1980-2016 წ.წ.

**დავალება:**

■ (6). გააანალიზეთ დიაგრამები და დაადგინეთ (იხ. სურათი 4.2.4, გვერდი 97) და (იხ. სურათი 4.2.5, გვერდი 97):

- ა) როგორია ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფების დინამიკა? ახსენით, რა არის ამ ცვლილებების გამომწვევი მიზეზები;
- ბ) ბუნებრივ კატასტროფებს შორის რომელი ჯგუფის კატასტროფების რიცხვი გაიზარდა და რატომ?
- გ) თქვენი აზრით, როგორია ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფების სამომავლო განვითარების სავარაუდო სცენარი?

ყველა ტიპის კატასტროფისათვის მთავარი დამახასიათებელი მისი უარყოფითი შედეგებია:

- ადამიანთა მსხვერპლი;
- მოსახლეობის მასობრივი გადასახლება (ეკომიგრაცია);
- მთის ფერდობების ჩამოშლა და ხეობების ჩახერგვა;
- მიწის სასარგებლო ფართობების შემცირება და ნათესების განადგურება;
- ეპიდემიების გავრცელება;
- მსხვილფეხა საქონლის დაღუპვა;
- ჰაერის, ნიადაგისა და წყლის დაბინძურება;
- გრუნტის წყლების დონის აწევა;
- კომუნიკაციის საშუალებების მოშლა;
- საცხოვრებელი შენობებისა და სხვა ნაგებობების ნგრევა.



**სურათი 4.2.6** კატასტროფის მართვა ურთიერთდაკავშირებული „ოთხი ფაზისგან“ შედგება.

სამწუხაროდ, ბუნებრივ კატასტროფათა უმრავლესობის თავიდან სრულად აცილება ან საფრთხის შეჩერება თითქმის შეუძლებელია. ამიტომაც აუცილებელია შესაბამისი შემარბილებელი ღონისძიებების გატარება, რაც მნიშვნელოვნად ამცირებს ასეთი კატასტროფების გამოვლენის რისკსა და მათგან გამოწვეულ ზარალს.

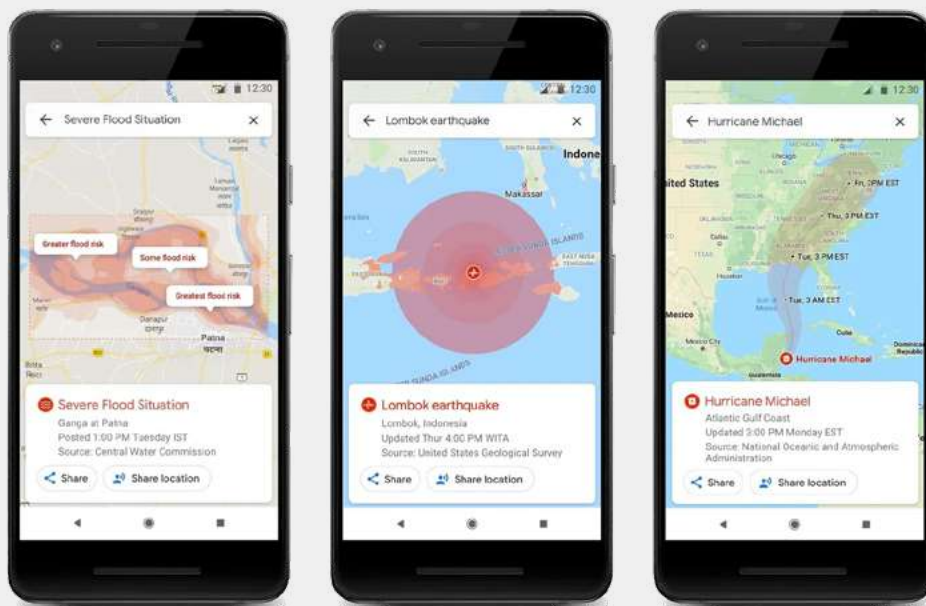
ნებისმიერი ადამიანი შეიძლება კატასტროფის მსხვერპლი გახდეს. კატასტროფებით გამოწვეული ზიანი და მასშტაბური ეკონომიკური ზარალი კი შეიძლება თავიდან იქნას აცილებული, საფრთხის კატასტროფად გადაქცევის რისკების შესწავლის, ცნობიერების ამაღლებისა და მოსახლეობის ჩართულობის უზრუნველყოფით, კატასტროფის მართვის ყველა ფაზაში (დადგომამდე, დადგომისას და დადგომის შემდეგ) სათანადო ღონისძიებების შემუშავებისა და განხორციელების შემთხვევაში.

კატასტროფის მართვის კონცეფცია წარმოადგენს სამთავრობო უწყებების მიერ გატარებული ღონისძიებების ერთობლიობას, რომლის მიზანია შესაძლო კატასტროფებით გამოწვეული სოციალური, ეკონომიკური და გარემოს ზიანის

თავიდან აცილება ან შემცირება, ადამიანების უსაფრთხოების, სწრაფი რეაგირების და ეფექტური აღდგენითი სამუშაოების უზრუნველყოფა.

ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებისა და მართვის (DRR, DRM) საკითხი პრიორიტეტული გახდა მთელი მსოფლიოს მასშტაბით. ამ მიმართულებით, გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის ეგიდით ჩატარდა იოჰანესბურგის (სამხრეთ აფრიკა) მსოფლიო სამიტი (2002 წ.), ჰიოგოს (იაპონია) საერთაშორისო კონფერენცია (2005 წ.) და სენდაის (იაპონია) კონფერენცია (2015 წ.) მიღებული გადაწყვეტილებები კატასტროფების რისკების შემცირებისა და მათი შედეგების შემსუბუქების საკითხებში საბაზისო სახელმძღვანელოდ იქნა მიღებული.

ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებისა და მართვის სფეროში ფართოდ გამოიყენება თანამედროვე ტექნოლოგიები. მაგალითად, google Maps-ს ფუნქცია SOS Alert-ი დაემატა, რომლის საშუალებითაც, აპლიკაციის მომხმარებელი რეალურ დროში მიიღებს ინფორმაციას სხვადასხვა ტიპის ბუნებრივი კატასტროფით გამოწვეული შესაძლო საფრთხის შესახებ.



**სურათი 4.2.7** თუ გეზს ისეთი ადგილისკენ აიღებთ, სადაც მიწისძვრის, ქარიშხლისა თუ წყალდიდობის საფრთხე არსებობს, google Maps-ის ფუნქცია SOS Alert-ი ამოქმედდება, მოგაწვდით ინფორმაციას და ალტერნატიულ მარშრუტებსაც შემოგთავაზებთ.

საქართველოს მთავრობის მიერ შექმნილია კატასტროფების რისკის შემცირების პოლიტიკა, რომელიც მიმართულია საქართველოში კატასტროფების პრევენციის ერთიანი სისტემის ჩამოყალიბებისკენ, რაც უზრუნველყოფს მოსახლეობის სიცოცხლისა და ჯანმრთელობის დაცვას, ეკონომიკური და ეკოლოგიური ზიანის შემცირებასა და ქვეყნის მდგრად განვითარებას.

**დავალება:**

- (7). ახსენი, როგორ შეიძლება გის სისტემისა და სხვა თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენება კატასტროფების პრევენციის მიზნით?
- (8). გაეცანი ცხრილს, გამოიყენე პროგრამა <https://mapmakerclassic.nationalgeographic.org/> და შეადგინე რუკა: მსოფლიოს კონტურულ რუკაზე აღნიშნე ბუნებრივი კატასტროფების ლოკაციები. თითოეულ ადგილს თან დაურთე ცხრილში მოცემული ინფორმაცია, ასევე ფოტო ან ვიდეომასალა.

**თუ გინდა, მეტი შეიტყო კატასტროფების შესახებ, ესტუმრე ინტერნეტგვერდებს:**

<http://drm.cenn.org/index.php/ka/>

<https://www.emdat.be/index.php>

ადგილი	ბუნებრივი კატასტროფა	დაზარალებულთა რიცხვი	გარდაცვლილთა რიცხვი
ტაივანი	მიწისძვრა	422	166
იაპონია	მიწისძვრა	1100	148
ეკვადორი	მიწისძვრა	50 000	692
შრი-ლანკა	წყალდიდობა, მეწყერი, წვიმა	450 000	200
რუსეთი	შტორმი	14	14
ჩინეთი	წყალდიდობა	32 000 000	186
აშშ	წყალდიდობა	244	24
მაკედონია	წყალდიდობა და მეწყერი	30	20
იტალია	მიწისძვრა	არაა მონაცემი	295

■ **ცხრილი:** მსოფლიოში მომხდარი ზოგიერთი ბუნებრივი კატასტროფა.

✦ ეს საინტერესოა!

დადგენილია, რომ დედამიწაზე მომხდარი ბუნებრივი კატასტროფების 9/10 შემდეგ ოთხ კატეგორიას განეკუთვნება: წყალდიდობები (40%), ტროპიკული ციკლონები (20%), მიწისძვრა (15%), გვალვა (15%).

ბუნებრივი კატასტროფებით გამოწვეული სიკვდილიანობის შემთხვევების 90%-ზე მეტი განვითარებად ქვეყნებზე მოდის. დღეისათვის განვითარებად ქვეყნებში კატასტროფების შედეგად დაღუპულთა რიცხვი, დაახლოებით, 13-ჯერ აღემატება ასეთ მსხვერპლთა რიცხვს განვითარებულ სახელმწიფოებში.

კატასტროფის რისკის მართვის სისტემის შესაბამისად, საქართველოს მთავრობის მიერ 2015 წელს მიღებული იქნა „საქართველოს საფრთხეების შეფასების 2015-2018 წწ. დოკუმენტი“, რომელშიც შესულია საქართველოს ტერიტორიაზე იდენტიფიცირებული და

შეფასებული ფართომასშტაბიანი ბუნებრივი და ტექნოგენური კატასტროფები.

მსოფლიოს 168 ქვეყნის მთავრობამ კატასტროფების რისკის შემცირების პასუხისმგებლობა იკისრა და ბუნებრივი კატასტროფების რისკების შემცირების მსოფლიო კონფერენციაზე, ჰიოგოში (იაპონია) სამოქმედო პროგრამა (2005-2015) მიიღო. მისი ამოცანა იყო 2015 წლისათვის სტიქიური უბედურებებით გამოწვეული ზიანის, კერძოდ კი, ადამიანთა მსხვერპლისა და ქვეყნების სოციალური, ეკონომიკური და ეკოლოგიური რესურსების განადგურების რისკის მნიშვნელოვნად შემცირება.

13 ოქტომბერს ბუნებრივი კატასტროფების შემცირების საერთაშორისო დღეა, რომელიც გაერთიანებული ერების ორგანიზაციამ 1989 წლის 22 დეკემბერს დააწესა.



### 4.3. ბუნებრივი კატასტროფები

დედამიწის სიღრმეში და მის ზედაპირზე მოქმედი ძალები დედამიწის ზედაპირს პერიოდულად უცვლის სახეს და ხშირია კატასტროფები ტრაგიკული შედეგებით. კაცობრიობის ისტორიამ შემოგვინახა ცნობები ისეთი ბუნებრივი კატაკლიზმების შესახებ, როგორებიცაა მიწისძვრები, ვულკანთა ამოფრქვევები, მეწყრები, ზვავები, წყალდიდობები, ცუნამი და სხვა სტიქიური მოვლენები, რომლებიც ხშირად ტრაგიკული შედეგებით მთავრდებოდა. მაგალითად, ქალაქი პომპეი, რომელიც ჩვენს წელთაღრიცხვამდე 79 წელს მთლიანად დაიმარხა ვულკან ვეზუვიდან ამოფრქვეული ლავის ქვეშ. ასევე კატასტროფული ხასიათი ჰქონდა ქ. ლისაბონის მიწისძვრას (1755 წ.) – მყისიერად დაინგრა ქალაქის დიდი ნაწილი, რასაც დიდი მატერიალური ზარალი და ადამიანთა მსხვერპლი მოჰყვა, ხოლო ლისაბონის სანაპიროზე 30 მ სიმაღლის ცუნამი წარმოიშვა.

#### 4.3.1. გეოლოგიურ-ტექტონიკური, მეტეოროლოგიურ-კლიმატური და ჰიდროლოგიური კატასტროფები

##### ბაიბსენა

1. სეისმურად აქტიური რომელი სარტყლებია გავრცელებული დედამიწაზე და რომელ გეოგრაფიულ ობიექტებსა და რეგიონებს მოიცავს?

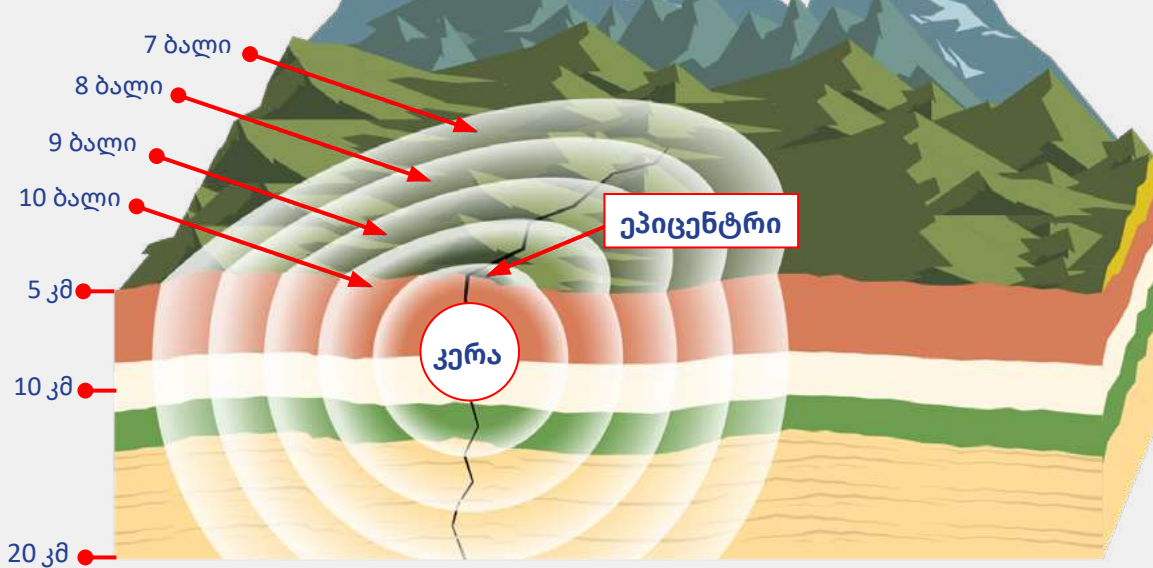
##### მიწისძვრა

მიწისძვრა არის ტექტონიკური (ლითოსფეროს) ფილების ანუ დედამიწის ქერქის მოძრაობის შედეგი, რაც სეისმურ ბიძგებს იწვევს. სეისმური მოვლენები ანუ მიწისქვეშა ბიძგები და მიწის ზედაპირის რყევა დედამიწის ქერქში ან მანტიის

ზედა ნაწილში მოულოდნელი გადაადგილებით არის გამოწვეული და, დრეკადი ტალღების სახით, დიდ მანძილზე ვრცელდება. მიწისძვრა, მეტწილად, დედამიწის წიაღში პოტენციური ენერგიის კინეტიკურ ენერგიაში მყისეულ გადასვლასთან, აგრეთვე, ვულკანურ მოვლენებთანაა დაკავშირებული.

მიწისძვრების გეოგრაფიული გავრცელება დედამიწის ქერქის არამდგრად უბნებს ემთხვევა. თანამედროვე მიწისძვრები უმთავრესად დაკავშირებულია გეოლოგიურ სტრუქტურებთან, მათ უახლეს და თანამედროვე ტექტონიკურ მოძრაობებთან. მოძრავ, აქტიურ ტექტონიკურ სარტყლებთან დაკავშირებულია დედამიწის ძირითადი თანამედროვე მთათა სისტემები, რომელთა არსებობა მათი აზევეების ტენდენციას მოწმობს.

**სურათი 4.3.1**  
მიწისძვრის სქემა.



**დავალება:**

- (2). გააანალიზე სქემა და ახსენი, რა დამოკიდებულებაა მიწისძვრის კერასა და მიწისძვრის ძალას შორის?

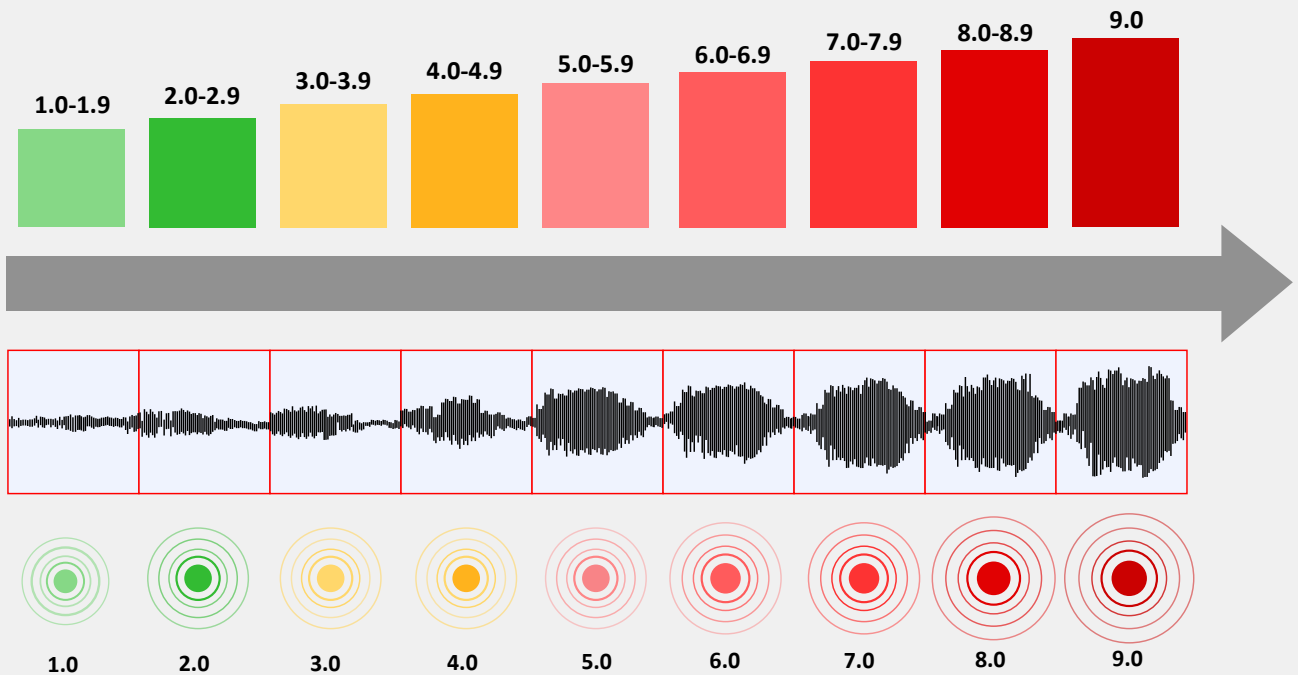
მიწისძვრის პროცესების განსაკუთრებულად მაღალი, ექსტრემალური გააქტიურება XX საუკუნის მეორე ნახევარში აღინიშნა, რასაც, სტიქიური პროცესების მაპროვოცირებელ ბუნებრივ ფაქტორებთან ერთად, ადამიანის, ხშირად არასწორმა, საქმიანობამ შეუწყო ხელი.

მიწისძვრის დამანგრეველი ძალა დამოკიდებულია მის ინტენსიურობაზე (გამოთავისუფლებული ენერჯის რაოდენობა) და მიწისძვრის კერის (დედამიწის წიაღის უბანი, სადაც ქანებში დიდი ხნის განმავლობაში დაგროვილი ენერჯის განტვირთვა ხდება) განლაგების სიღრმეზე. მიწისძვრის კერაში წარმოშობილი გარემოს ნაწილაკების რხევითი მოძრაობები ლითოსფეროს ქანების წყებებში და, ზოგადად, დედა-

მიწის სიღრმეში სეისმური ტალღების სახით ვრცელდება. მიწისძვრებს, კოლოსალურ ენერჯიასთან ერთად, მასშტაბური გავრცელება ახასიათებს. მაგალითად, იაპონიისა და სან ფრანცისკოს მიწისძვრა თითქმის 1 მლნ. კვ.კმ. ფართობზე იგრძნობოდა.

მიწისძვრის ძალის განმსაზღვრელად შემუშავებულია სკალა, სადაც ბალები მოცემულია რამდენიმე ნიშნის მიხედვით, რომელთა შორისაც მთავარია შენობებისა და ნაგებობების დაზიანების ხარისხი, ქანების ცვალებადობა, ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების რეჟიმის შეცვლა, რელიეფის დარღვევა და სხვ. დაბალი ბალის მქონე მიწისძვრის დროს, როდესაც ნაგებობები არ ზიანდება, მიწისძვრის ძალის დამახასიათებელ ნიშანს წარმოადგენს ადამიანთა შეგრძნებები.

მიწისძვრის მაგნიტუდა ენერჯის მახასიათებელი ერთეულია, რომელიც მიწისძვრის დროს სეისმური ტალღების სახით გამოიყოფა. მაგნიტუდის პირველი სკალა 1935 წელს წარადგინა ამერიკელმა სეისმოლოგმა ჩარლზ რიხტერმა, ამიტომ ჩვეულებრივ მაგნიტუდას „რიხტერის სკალას“ უწოდებენ (იხ. სურათი 4.3.3, გვერდი 104).



**სურათი 4.3.2** რიხტერის სკალა მოიცავს პირობით ერთულებს (1-დან 9-ის ჩათვლით) - მაგნიტუდებს, რომლებიც სეისმოგრაფის მიერ რეგისტრირებული ძვრით გამოითვლება. ამ სკალას ხშირად მიწისძვრის ძალის შეფასების სკალასთან აიგივებენ (12-ბალიანი), რომელიც დაფუძნებულია მიწისძვრის გარე გავლენაზე (გავლენა ადამიანზე, შენობებზე, ცხოველებზე, საგნებსა და სხვა ობიექტებზე).



**სურათი 4.3.3** დედამიწაზე მომხდარი მიწისძვრები მაგნიტუდების მიხედვით, 1900-2017 წლები.

**დავალება:**

- (3). მსოფლიოს პოლიტიკური და მოცემული რუკის მიხედვით დაადგინე, რომელ ქვეყნებში ხდება 9, 8, 7 და 6-მაგნიტუდიანი მიწისძვრები. ინფორმაცია წარმოადგინე ცხრილის სახით (იხ. სურათი 4.3.3, გვერდი 104).

მიწისძვრების შედეგად ადგილი აქვს დედამიწის მსხვილ დეფორმაციას, წარმოიქმნება დიდი ნაპრალები და სხლეტვები, მეწყრები და კლდეზავები, ქვათაცვენები, ბორცვები და ტბები, მდინარეთა შეგუბება, დიდი ზომის ოკეანური ტალღები (ცუნამი).

დედამიწაზე ყოველწლიურად მილიონზე მეტი მიწისქვეშა ბიძგი ფიქსირდება, რომელთაგან ადამიანები 100 ათასამდე მიწისძვრის ბიძგებს შეიგრძნობენ; მათ შორის 10-20 დამანგრეველია და დაახლოებით ერთი – კატასტროფული. მიწისძვრების შედეგად ყოველწლიურად 10 ათასამდე ადამიანი იღუპება.

ძლიერ მიწისძვრებს მიეკუთნება, მაგალითად, სან ფრანცისკოს (1906 წ.) მიწისძვრა, რომლის ღროსაც ქალაქი 60 წამის განმავლობაში დაინგრა; იაპონიაში კვანტის (1923 წ.) მიწისძვრამ ქალაქები ტოკიო და იოკოჰამა გაანადგურა, 140 ადამიანი დაიღუპა და დაახლოებით 1 მლნ უსახლკაროდ დარჩა. დამანგრეველი შედეგების მიხედვით აღსანიშნავია ასევე ტაშენტის, ყირიმის, აშხაბადის, სპიტაკის, კობეს, დაღესტნის, პერუს და სხვა მიწისძვრები.



**სურათი 4.3.4** ინდონეზიაში 2004 წლის 26 იანვარს მომხდარი 9.1 მაგნიტუდის მიწისძვრისა და თანამდევი ცუნამის შედეგად, წყნაროკეანური ცეცხლოვანი სარტყლის ქვეყნებში 239 ათასზე მეტი ადამიანი დაიღუპა.

საქართველოს ტერიტორია, როგორც კავკასიის სეისმოგენური რაიონის განუყოფელი ნაწილი, ხმელთაშუაზღვა-ჰიმალაის სეისმოაქტიურ სარტყელს მიეკუთვნება; მოსალოდნელი მიწისძვრების სიძლიერითა და თანამდევით უარყოფითი შედეგებით, ის ერთ-ერთ ურთულეს გეოდინამიკურ რეგიონთა რიცხვში შედის. მიწისძვრის მატალი აქტივობით გამოირჩევა ჯავახეთის ვულკანური მთიანეთი და კავკასიონის ღერძული ზონა სამხრეთ ფერდობითურთ.

მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში დამონტაჟებულია სეისმური სადგურები, რომლის საშუალებითაც განსაზღვრავენ მიწისძვრის ადგილს, დროს, ძალასა და მიმართულებას. სეისმოგრაფი აღნუსხავს და არეგისტრირებს ყველა ტიპის სეისმურ ტალღას, და მისი დახმარებით მეცნიერები ანგარიშობენ მიწისძვრის მაგნიტუდას.

მიწისძვრის გრძელვადიანი პროგნოზი გვეხმარება, თავიდან ავიცილოთ შესაძლო განადგურება და სიკვდილიანობა სეისმურად მედეგი ინფრასტრუქტურის მშენებლობით. მიწისძვრის შედეგად მიყენებული ზიანი, ძირითადად, მასშტაბურია, განსაკუთრებით, მჭიდროდ დასახლებულ ტერიტორიებზე, სადაც დიდია სიკვდილიანობა და ეკონომიკური ზარალი. ამიტომ სეისმური რაიონების სამეურნეო პრობლემებსა და საკითხებს, მათ ფარგლებში ქალაქების, დაბებისა და სხვადასხვაგვარი ნაგებობის აგებას ძალიან დიდი ყურადღება ექცევა.

მიწისძვრებს ბევრი მეორეული გეოლოგიური მოვლენა უკავშირდება, ამიტომ ის გეოლოგიური მოვლენები, რომლებიც დაკავშირებულია დედამიწის შიგა (ენდოგენურ) ძალებთან, მუდმივ ყურადღებას მოითხოვს.

## ვულკანი

### ბაიხსენა

3. რა ნაწილებისგან შედგება ვულკანი?
4. რა განსხვავებაა ლავასა და მაგმას შორის, მოქმედ და ჩამქრალ ვულკანებს შორის?

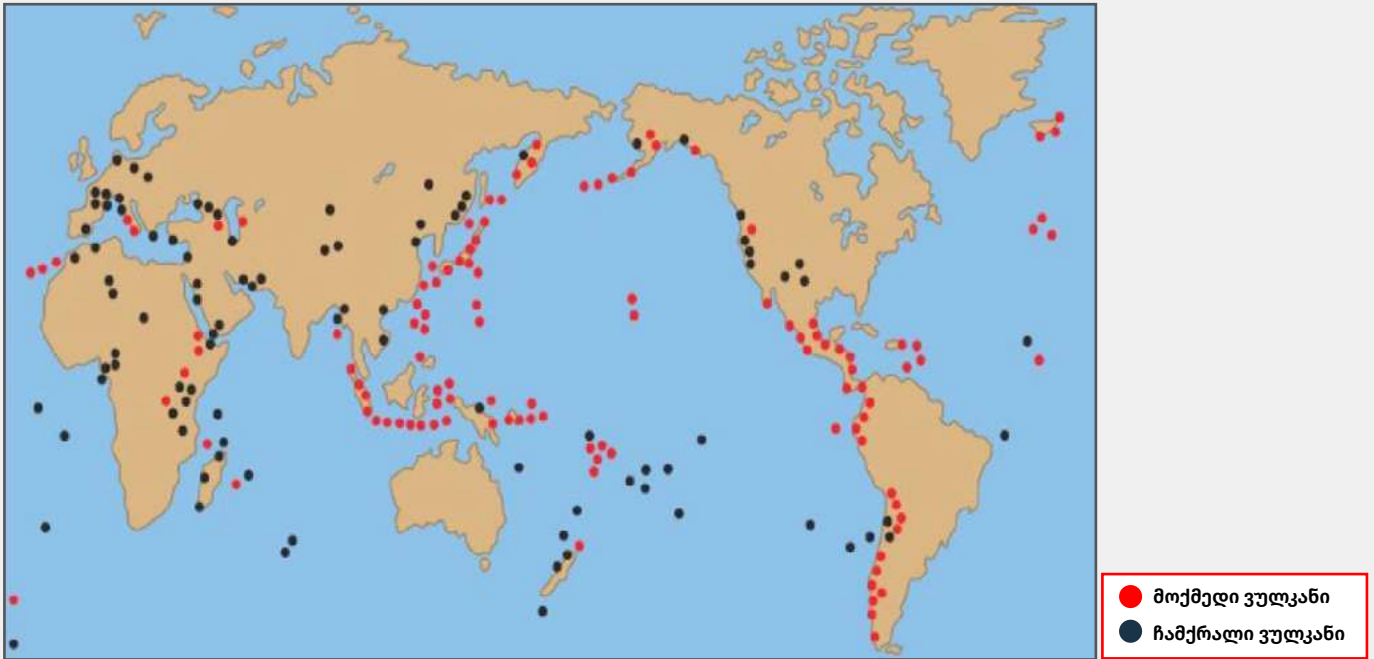
ვულკანიზმი საკმაოდ გავრცელებული მოვლენაა და, ამასთან, ყველაზე დიდი კატასტროფული შედეგების მომტანიც. ვულკანიზმი დედამიწის სიღრმეებიდან მის პერიფერიულ წყებებში ან უშუალოდ ზედაპირზე მატალი ტემპერატურის მქონე სხვადასხვა სახის მაგმური პროდუქტების შემოჭრა და ამოღვენაა, ის ადგილი კი, საიდანაც აღნიშნული ამოფრქვევა მიმდინარეობს, ვულკანად იწოდება.

ვულკანი გეოლოგიური წარმონაქმნია დედამიწის ქერქში, რომლიდანაც პერიოდულად იფრქვევა ლავა, გავარვარებული აირები და ქანების ნამსხვრევები. ამოფრქვეული ვულკანური ფერფლი ჰაერის მასებს ათასობით კილომეტრზე გადააქვს, ხოლო ლავა, რომლის ტემპერატურა 1000°C-ს აღწევს, 165 მ/წმ სიჩქარით მოედინება.

თითოეული ვულკანის ამოფრქვევა განსხვავებული ხასიათისაა და მაგმაში აირებისა და წყლის შემცველობაზეა დამოკიდებული. ერთი და იგივე ვულკანი სხვადასხვა დროს განსხვავებულად იფრქვევა. დედამიწაზე 800-მდე მოქმედი ვულკანია. გაცილებით უფრო მეტია ჩამქრალი ვულკანი.



**სურათი 4.3.5** მოქმედი ვულკანი ფუეგო გვატა-მალაში ბოლოს 2018 წელს ამოიფრქვა.



სურათი 4.3.6 მოქმედი და ჩამქრალი ვულკანები დედამიწაზე.

ვულკანების გავრცელება, მიწისძვრების მსგავსად, გარკვეულ კანონზომიერებას ემორჩილება. იგი, არსებითად, ოკეანეებისა და კონტინენტების შეხების ზოლს ემთხვევა. კაცობრიობის ისტორიას ახსოვს ისეთი შემზარავი ვულკანური ამოფრქვევები, როგორებიცაა ვეზუვის, ეტნას, მონპელესა და სხვ.

**დავალება:**

- (4). მსოფლიოს პოლიტიკური და დედამიწაზე მოქმედი და ჩამქრალი ვულკანების გავრცელების რუკის მიხედვით დაადგინე, რომელ ქვეყნებში მდებარეობს მოქმედი და ჩამქრალი ვულკანები.

ვულკანების ამოფრქვევას ყველაზე მეტად კატასტროფული ხასიათი აქვს და კაცობრიობისათვის უდიდესი ზარალის მოტანა შეუძლია. ადამიანს, რა თქმა უნდა, არ შეუძლია ჩაერიოს ბუნების ამ მოვლენის შეჩერება, მაგრამ, სამაგიეროდ, შეუძლია დახვეწოს პროგნოზირების მეთოდები და თავიდან აიცილოს საბედისწერო შედეგები.



სურათი 4.3.7 მოქმედი ვულკანი ფუეგო ვატემალაში.

უკანასკნელ ხანებში ამ მიმართულებით გარკვეული შედეგებია მიღებული, თუმცა პრობლემა საბოლოო გადაწყვეტისაგან ჯერ შორსაა.

საქართველოს ტერიტორიაზე სხვადასხვა გეოლოგიურ ეპოქაში არაერთხელ ჰქონია ადგილი ვულკანთა ამოფრქვევას. საქართველოს ახალგაზრდა ვულკანიზმის რეგიონებია ყელისა და ჯავახეთის ზეგნები, ყაზბეგის რაიონი, სადაც მრავლადაა შემორჩენილი სხვადასხვა ვულკანური ფორმები: ვულკანური პლატოები, ლავური ნაკადები და ზეწრები.

დავალება:

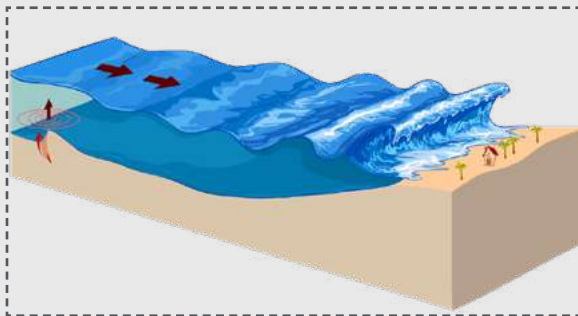
- (5). გაეცანი ჰოლანდიელი ვულკანოლოგის – ვან ბიომიოლენის მოსაზრებას და ახსენი, რაში მდგომარეობს ვულკანების „ხელსაყრელი“ როლი:

„მიუხედავად იმისა, რომ, როგორც წესი, ვულკანების ამოფრქვევას თან წგრევა და მსხვერპლი ახლავს, ისინი ინდონეზიის მოსახლეობისთვის, როგორც ერთ-ერთი ხელსაყრელი ფაქტორი, ისე შეიძლება იქნას განხილული“.

ცუნამი

გაიხსენა

- 5. სურათის მიხედვით აღწერე, როგორ წარმოიქმნება ცუნამი?



ვულკანიზმსა და მიწისძვრებთან დაკავშირებულია კიდევ ერთი ბუნებრივი კატასტროფული მოვლენა – ცუნამი. ზღვის ფსკერის უცაბედმა მოძრაობამ, რომელიც წყალქვეშა მიწისძვრითაა გამოწვეული, შეიძლება დასაბამი მისცეს გიგანტურ ტალღებს.

ცუნამი ოკეანის ფსკერზე მიწისძვრის ან წყალქვეშა ვულკანის მოქმედების შედეგად წამოიქმნება. ამ დროს ოკეანის ფსკერის დეფორმაცია იწვევს ტალღის ლოკალურ წარმოქმნას, რომელიც შემდგომში ოკეანის ზედაპირზე ვრცელდება. ცუნამის წარმოქმნას, ასევე, შესაძლებელია, ხელი შეუწყოს კონტინენტურ კალთაზე ჩამოწოლილმა



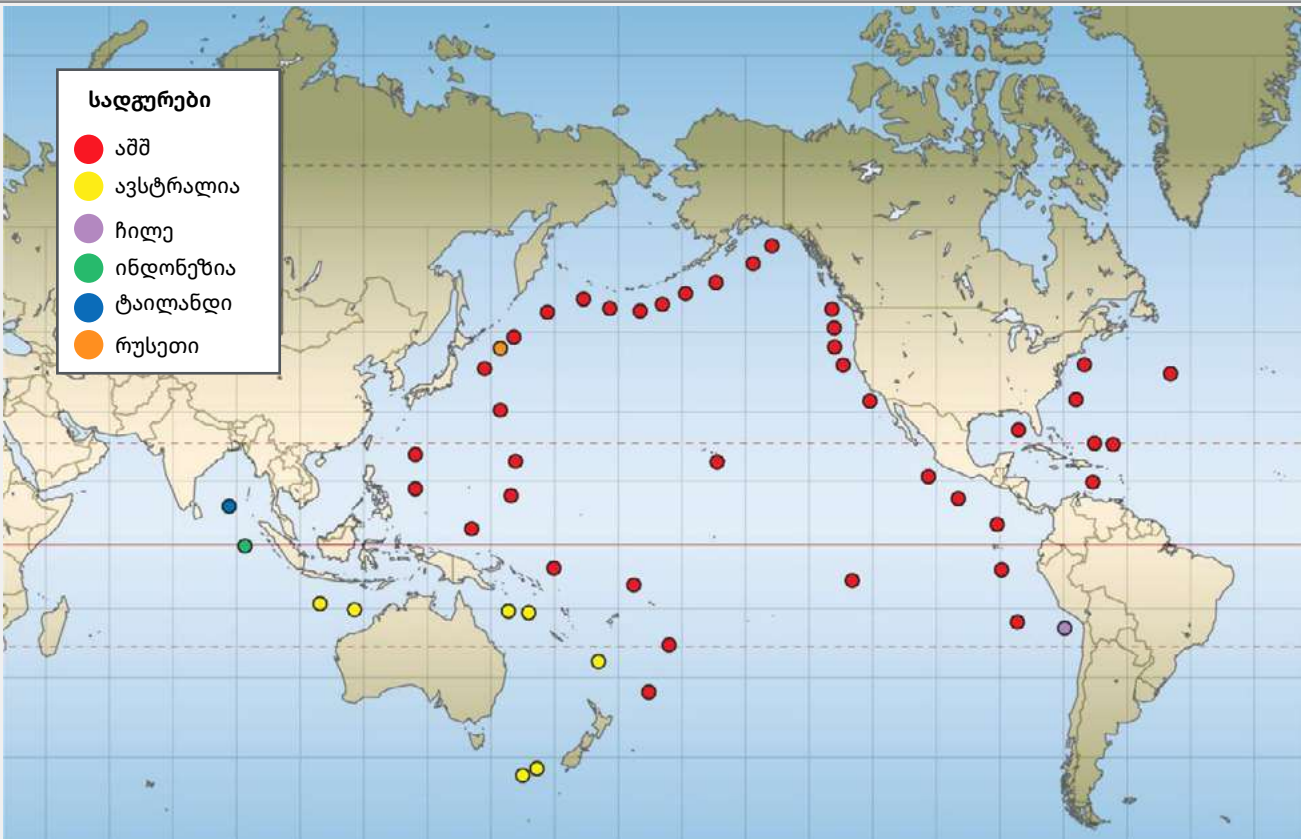
სურათი 4.3.8 ცუნამის ტალღა.

მეწყერმა ან ზვავმა. ხშირად ხმელეთზე მომხდარი მიწისძვრაც ყოფილა ცუნამის გამომწვევი მიზეზი (იხ. სურათი 4.3.9, გვერდი 109).

დავალება:

- (6). რატომ წარმოიქმნება ცუნამი უმეტესად წყნარ ოკეანეში?
- (7). რატომ არაა ცუნამი საშიში ღია ზღვასა და ოკეანეში?

ცუნამს შეიძლება ჰქონდეს 160 კმ სიგრძე და 275 კმ/სთ სიჩქარით მოძრაობდეს. ზოგჯერ ღია ოკეანეში ცუნამის სიჩქარე საათში 600-700 კმ-საც აღწევს. ღრმა წყალში ტალღების სიმაღლე დიდი არაა და მხოლოდ 0,6-2 მეტრამდე აღწევს, მაგრამ სანაპიროსთან უკვე 15-30 მეტრია, რაც სანაპიროს შეღფის ტოპოგრაფიაზეა დამოკიდებული. მაგალითად, 1946 წლის 1 აპრილს ალასკის ნაპირებთან წარმოქმნილმა ცუნამმა ჰავაის კუნძულებს მიაღწია, მთლიანად გაანადგურა ქალაქი ჰიკო და 159 ადამიანი იმსხვერპლა. 1960 წელს, ჩილეს მიწისძვრით გამოწვეულმა ცუნამმა გადალახა წყნარი ოკეანე და იაპონიამდე მიაღწია, სადაც დიდი მატერიალური ზარალი და ადამიანების მსხვერპლი გამოიწვია. 2004 წელს ცუნამმა, რომელიც ინდოეთის ოკეანის წყალქვეშა მიწისძვრის შედეგად წარმოიქმნა, დაახლოებით 300 000 ადამიანი შეიწირა (იხ. სურათი 4.3.10, გვერდი 109).



სურათი 4.3.9 ცუნამების წარმოქმნის კერები.



სურათი 4.3.10 ცუნამი და მისი შედეგი.

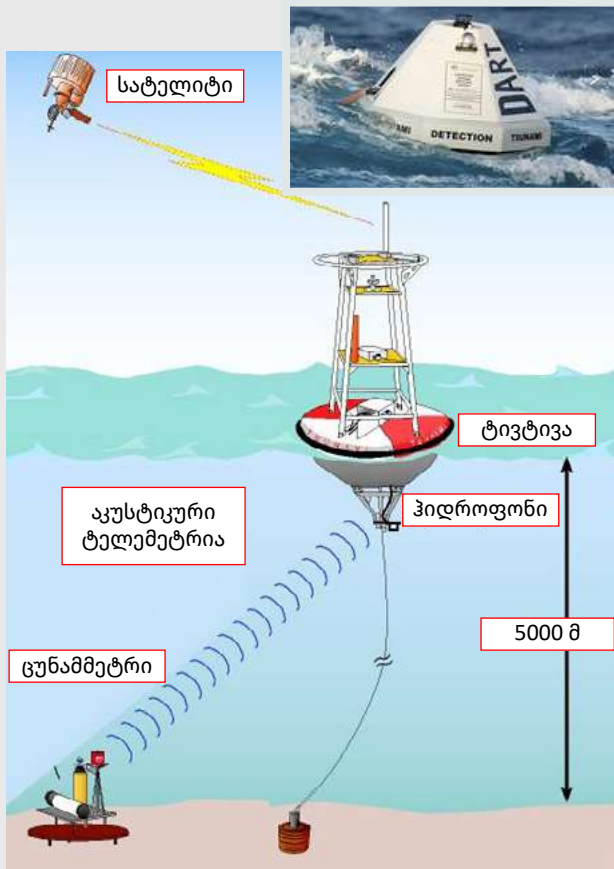
ცუნამი უდიდეს ნგრევასა და ადამიანთა მსხვერპლს იწვევს. მისი მოქმედებით გამოწვეული ბოლოდროინდელი კატასტროფების მიხედვით, თავისი მასშტაბურობით, სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიის რეგიონი გამოირჩევა.

თანამედროვე ტექნოლოგიებისა და მოწყობილობების გამოყენებით, ცუნამის პროგნოზირება შესაძლებელია. პროგნოზი მეცნიერებისა და ტექნიკის მიმართულებას – ტელემეტრიას ეფუძნება, რომელიც ტელემეტრული სისტემების – ავტომატიზებული საშუალებების კომპლექსის შემუშავებითა და ექსპლუატაციითაა დაკავებული. ეს სისტემები გაზომვითი (ტელემეტრული) ინფორმაციის მიღებას, გარდაქმნას, კავშირგაბმულობის

რება შესაძლებელია. პროგნოზი მეცნიერებისა და ტექნიკის მიმართულებას – ტელემეტრიას ეფუძნება, რომელიც ტელემეტრული სისტემების – ავტომატიზებული საშუალებების კომპლექსის შემუშავებითა და ექსპლუატაციითაა დაკავებული. ეს სისტემები გაზომვითი (ტელემეტრული) ინფორმაციის მიღებას, გარდაქმნას, კავშირგაბმულობის

არხების საშუალებით გადაცემას, დამუშავებას და, ასევე, სხვადასხვა მოვლენისა და პროცესის შორ მანძილზე კონტროლს უზრუნველყოფენ.

ტელემეტრიის არსი გასაზომი სიდიდეების საინფორმაციო სიგნალად გარდაქმნაში მდგომარეობს, რაც ობიექტიდან ტელემეტრული ინფორმაციის მიღებას, გადაცემას, დეკოდირებასა და რეგისტრაციას მოიცავს. ტელემეტრიის ობიექტები შეიძლება იყოს სხვადასხვა ტექნიკური მოწყობილობა, ცოცხალი ორგანიზმები ან ბუნების მოვლენები.



**სურათი 4.3.11** სეისმოლოგები ცუნამის პროგნოზირებისთვის სხვადასხვა მოწყობილობას იყენებენ. წყარო:

**დავალეა:**

- (8). სურათის მიხედვით აღწერე, როგორ ფუნქციონირებს ცუნამის პროგნოზირების მოწყობილობა?

**მეწყერი**

მეწყერი არის სიმძიმის ძალის შედეგად ქანების მასების, ნიადაგის უეცარი მოწყვეტა, მისი ფერდობის დახრის მიმართულებით გადაადგილება და ჩამოწოლა/აკუმულირება.

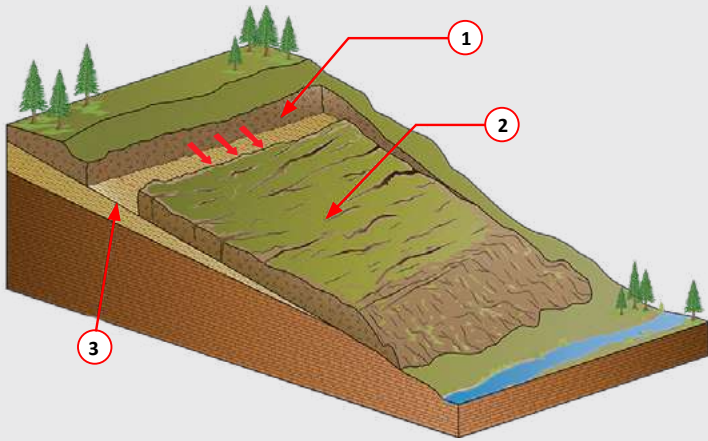
არსებობს მეწყრის განვითარების ბუნებრივი და ხელოვნური (ადამიანის მიერ ხელშეწყობილი) ფაქტორები. მეწყრის წარმოშობის მიზეზებად ითვლება: ქანების მასების წინასწარ დარღვევა, რომელიც ხდება ფერდობის დახრილობის, მათი ჩამოჭრის, დამუშავების ან გამორეცხვის დროს; და აგრეთვე, ქანების სიმტკიცის შესუსტება მათი ფიზიკური მდგომარეობის შეცვლის შედეგად, რაც გამოწვეულია დატენიანებით, გაჯირჯვებით, სიმკვრივის შემცირებით, გამოფიტვით, ბუნებრივი აგებულების დარღვევით და ა.შ.; ასევე შესაძლებელია, მეწყრის ჩამოწოლის წინაპირობად მიწისძვრა იქცეს; რაც შეეხება ანთროპოგენურ ფაქტორს, ეს უპირველესად ხეების გაჩეხვაა. ჩამოთვლილი მიზეზებიდან თითოეულს ცალ-ცალკე შეუძლია, ქანების მასების წონასწორობის დარღვევა გამოიწვიოს, მაგრამ ყველაზე ხშირად რამდენიმეს ერთობლივი გავლენა შეიმჩნევა.

მეწყრის შემადგენელი ნაწილებია: ჩამოწოლილი მასა ანუ მეწყრის სხული; ზედაპირი, რომელზეც მეწყერი გადაადგილდება; მეწყრული ბლოკი – მეწყრული სხულის ნაწილი, რომელიც გადაადგილებისას შედარებით ინარჩუნებს მთლიანობას; მეწყრული ენა – მეწყრული სხულის ქვედა ნაწილი; და ნაპრალები მეწყრის სხულზე.

**დავალეა:**

- (9). დაადგინე, მეწყრის შემადგენელი რომელი ნაწილებია სურათზე ციფრებით აღნიშნული (იხ. სურათი 4.3.12, გვერდი 111)?

იმ რაიონებში, სადაც გავრცელებული ან მოსალოდნელია მეწყრების წარმოშობა, ნაგებობების მშენებლობა და ექსპლუატაცია რთულ პრობლემას წარმოადგენს. ხშირად ერთი მეწყრული უბა-



**სურათი 4.3.12** მეწყრის შემადგენელი ნაწილები.

ნი ეკვრის მეორეს ან მისგან რაღაც მანძილითაა დაშორებული, ან ისინი ფერდობზე სპორადულად ჩნდება, ასეულობით კილომეტრზე ვრცელდება და ერთ მთლიან მეწყრულ რაიონს ქმნის.

თითოეულ მეწყერს აქვს მდგრადობის ესა თუ ის ხარისხი. მეწყერი მდგრადია, თუ ქანების მასები ჩამოცურებულია; თუ მათი გადაადგილების მიზეზები მთლიანად ან დროებით თავიდანაა აცილებული, მაშინ მეწყერი არამდგრადია.

მეწყრული პროცესები გვხვდება საქართველოში არსებულ ყველა კლიმატურ-გეომორფოლოგიურ ზონაში, დაწყებული ზღვისპირეთიდან, მაღალმთიანი ალპურით დამთავრებული. დღეისათვის დაფიქსირებულია 52000-ზე მეტი მეწყრული სხეული, რომელთა საერთო ფართობი 1,5 მლნ ჰა-ს აღემატება. ფიქსირებული მეწყრების 70%-მდე ურბანიზებულ ტერიტორიებზე, სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწებისა და საინჟინრო ობიექტების ზონებშია განვითარებული. მეწყრების უშუალო სიხშირების არეალშია მოქცეული ჩვენი ქვეყნის 2000-მდე დასახლებული პუნქტი 200 ათასზე მეტი მცხოვრებით, აგრეთვე, ცენტრალური საავტომობილო გზების, ნავთობ და გაზსადენების, დიდი ჰიდროტექნიკური წყალსაცავების არეალები.

მეწყერი დიდ ზიანს აყენებს ქალაქებს, კავშირგაბმულობას, აფერხებს ტრანსპორტის მოძრაობას, ანადგურებს სასოფლო-სამეურნეო სავარგულს,

არღვევს მდგრადობას და იწვევს კატასტროფებს, რომლებსაც ადამიანთა მსხვერპლი და დიდი ზარალი მოჰყვება. ამიტომ ნაგებობის დაპროექტების, მშენებლობისა და ექსპლუატაციის დროს მნიშვნელოვანია, არა მარტო გამოვლინდეს მეწყრების გავრცელება და მოხდეს პროგნოზირება, არამედ საჭიროა შეფასდეს მათი მდგრადობის ხარისხი, რათა აუცილებლობის შემთხვევაში შესაძლებელი გახდეს მათი განვითარების აცილება, მოქმედების (მოძრაობის) შეჩერება ან ლოკალიზება.



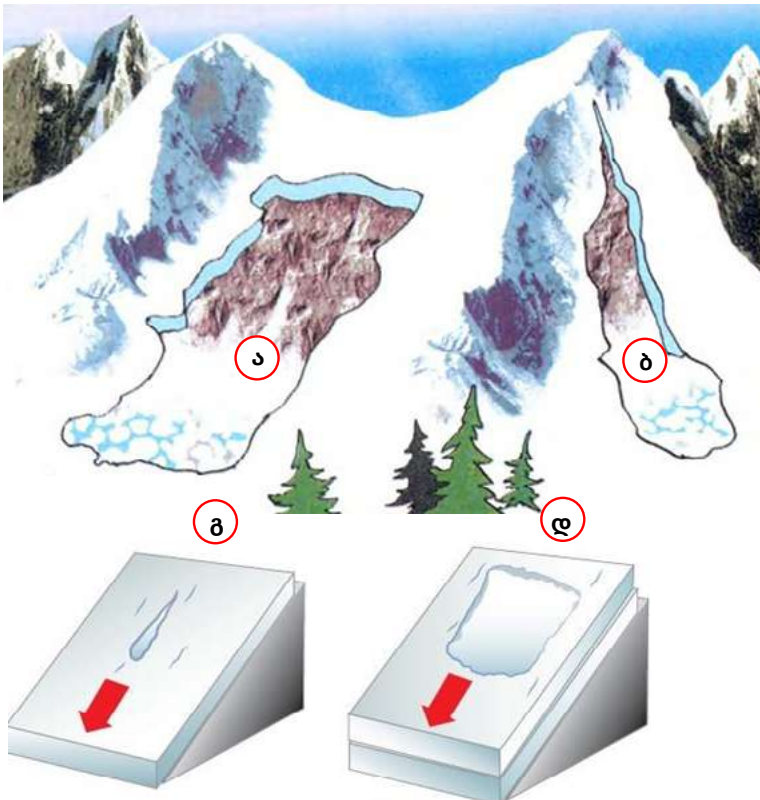
**სურათი 4.3.13** მეწყერი იაპონიის ქალაქ იაბაკეიში.

მეწყრული კატასტროფების თავიდან ასაცილებლად აუცილებელია სხვადასხვა ღონისძიების გატარება (ქანების მასების გამაგრება, საყრდენი და ანკერული (შენობის ცალკეული ელემენტების კედელთან დამაკავშირებელი ლითონის საბმური, ან რკინის ჭანჭიკი, ან კავი, რომლითაც ერთმანეთზე ამაგრებენ ქვის კედლის ნაწილებს), ნაგებობები, ნაპირების დაცვა გამორეცხვისაგან, დრენაჟი და სხვა) და ფერდობების გატყიანება – მცენარეულობა არეგულირებს ზედაპირულ ჩამონადენს, აფერხებს წვიმისა და თოვლის წყლების ინფილტრაციას, ხელს უწყობს ქანების მნიშვნელოვან ამოშრობას, იცავს ღრმა გაყინვისაგან; ფესვთა სისტემის დახმარებით, მექანიკურად ამაგრებს მათ მეწყრულ უბანზე და იცავს წვიმისა და თოვლის წყლებით გარეცხვა-ჩამორეცხვისაგან.

**ზვავი**

ზვავი დიდი რაოდენობით ყინულის, თოვლისა და ქვების ერთობლიობაა, რომელიც სწრაფად გადაადგილება მთის ფერდობზე. ზვავი შესაძლებელია როგორც გარკვეული ბუნებრივი, ისე ანთროპოგენური ფაქტორების მოქმედების შედეგად წარმოიქმნას. ბუნებრივ ფაქტორებს მიეკუთვნება ძლიერ დანაწევრებული და დახრილი რელიეფი, ინტენსიური თოვა, თოვლის საფარის სიმაღლის სწრაფი მატება, ქარბუქი, ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრი ცვლილება და წვიმა. ანთროპოგენური ფაქტორებია აფეთქება ან თუნდაც ადამიანის გადაადგილება.

ზვავების რამდენიმე კლასიფიკაცია არსებობს: წარმოშობის მიხედვით განასხვავებენ ორი ტიპის ზვავს – სველს, რომელიც სველი თოვლისგანაა წარმოქმნილი და მშრალს ანუ მშრალი/ფხვიერი თოვლისგან წარმოქმნილს, ხოლო ზომისა და გავრცელების მიხედვით – ფართობულსა და წერტილოვანს. ზვავის ტიპზეა დამოკიდებული მისი ძალისმიერება და შესაბამისი დამანგრეველი ეფექტიც.



**დავალება:**

- (10). დააკვირდი სურათებს და ახსენი, რომელი ზვავი უფრო საშიშია – სველი, მშრალი, ფართობული (დაფისმაგვარი) თუ წერტილოვანი? პასუხი დაასაბუთე.

ზვავების წარმოქმნის საშიშროება, ძირითადად, ზამთრის პერიოდშია. ყველაზე ხელსაყრელი წინაპირობა კი მაშინ არის, როცა უტყეო, 15-500-იანი დახრილობის მთის ფერდობებზე თოვლის საფარი 20 სმ-ს აღემატება.

საქართველო მაღალმთიანი ქვეყანაა და, შესაბამისად, ფართოა ზვავის გავრცელების გეოგრაფია. ამ მხრივ ყველაზე მოწყვლადია აჭარის მაღალმთიანეთი, სვანეთი, კობი-გუდაურის მონაკვეთი და სხვა.

თოვლის ზვავების შედეგად დიდი ზარალი ადგება ადამიანთა სამეურნეო საქმიანობას და დასახლებებს, იწვევს ადამიანთა მსხვერპლს, ნგრევას, გზების ჩახერგვას და, აქედან გამომდინარე, ტრანსპორტის მოძრაობის შეწყვეტას, ელექტროგადამცემი ანძებისა და გაზსადენების მწყობრიდან გამოსვლას, ტყის დაზიანებას და სხვა.

ზვავების წინააღმდეგ ბრძოლის საუკეთესო საშუალებაა მთის ტყეების დაცვა და ფერდობების გატყვიანება.

**სურათი 4.3.14** (ა) ფართობული (ბ) წერტილოვანი (გ) მშრალი და (დ) სველი ზვავი.

### 4.3.2. მეტეოროლოგიურ-კლიმატური კატასტროფები

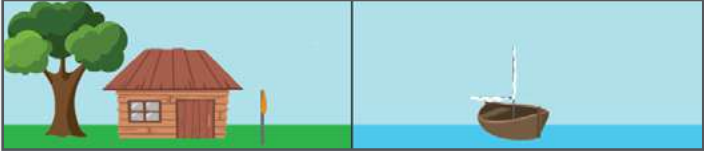
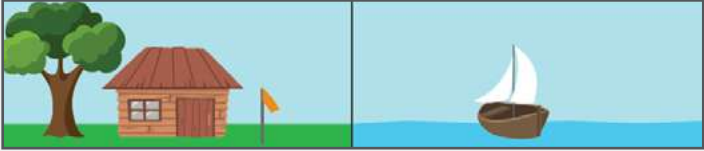
#### ქარები

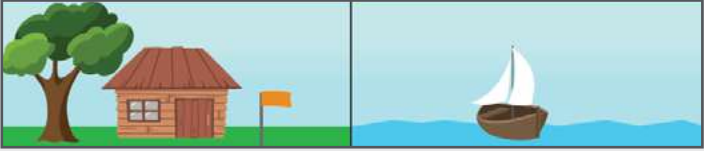
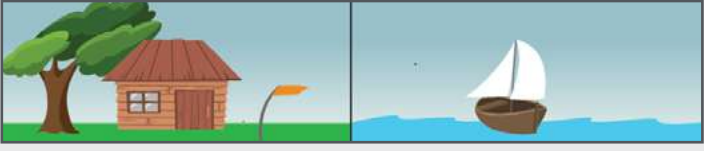

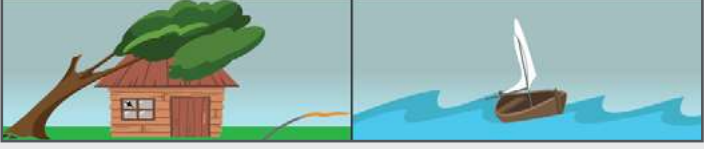
##### გაიხსენე

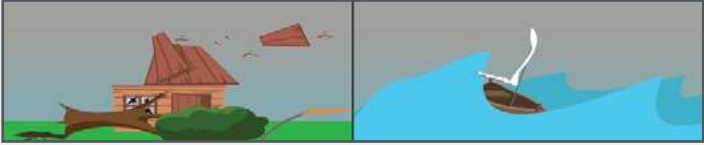
6. რა არის ქარი, რომელია მისი ძირითადი მახასიათებლები?
7. კატასტროფული ხასიათის რომელ ქარებს იცნობ და სად არის გავრცელებული?

დედამიწის ზედაპირზე ჰაერის მასები მეტ-ნაკლები სიძლიერით მუდმივ მოძრაობაშია და იშვიათად არის მშვიდი.

გრიგალს, ქარიშხალსა და ქარბორბალს (ტორნადოს) ერთი და იმავე წარმოშობის წყარო აქვთ (ქარი) და მათი სიძლიერე განსაზღვრულია მათივე სიჩქარით. გრიგალის სიჩქარე 120 კმ/სთ-ია, ხოლო მიწის ზედაპირთან 200 კმ/საათსაც აღწევს. გრიგალი ძალზე ძლიერი ქარია, თითქმის ყველაფერს სპობს, ამტვრევს ხეებს, ანგრევს შენობა-ნაგებობებს. გრიგალის სახესხვაობას წარმოადგენს ქარიშხალი.

ბოფორტის სკალა	ქარის სახელი	ქარის სიჩქარე, მ/წ	ქარის სიჩქარე, კვანძი	ვიზუალური ნიშნები ხმელეთსა და ზღვაზე
0	შტილი	0-0,2	0-1	უქარობა. კვამლი ვერტიკალურად ადის; ხეების ფოთლები არ იძვრის; ზღვა მშვიდია. 
1	წყნარი/სიო	0,3-1,5	1-3	ქარის მოძრაობას ვიგებთ კვამლის გადახრით, მაგრამ არა ფლუგერით; ზღვის ზედაპირი ოდნავ შესამჩევად მოძრაობს.
2	სუსტი/ნიაკვარი	1,6-3,3	4-6	ქარის მოძრაობას ვგრძნობთ პირისახით, ფოთლები შრიალებენ, მოძრაობას იწყებს ფლუგერი; ზღვის ზედაპირზე ტალღები შეინიშნება. 
3	სუსტი	3,4-5,4	7-10	ფოთლები და ხის წვრილი ტოტები გამუდმებით ირხევა; ქარი აფრიალებს მალა ამართულ დროშებს.

ბოფორტის სკალა	ქარის სახელი	ქარის სიჩქარე, მ/წ	ქარის სიჩქარე, კვანძი	ვიზუალური ნიშნები ხმელეთსა და ზღვაზე
4	ზომიერი	5,5-7,9	11-16	ქარი იტაცებს მტვერსა და ქაღალდის ფურცლებს, არხევს წვრილ ტოტებს. 
5	მოძლიერო	8,0-10,7	17-21	წვრილტანიანი ხეები ირხევა, ზღვაზე თხემიანი ტალღები ჩნდება.
6	ძლიერი	10,8-13,8	22-27	ირხევა ხის მსხვილი ტოტები, ელექტროსადენები ზუზუნებენ; ზღვაზე წარმოიქმნება დიდი ტალღები. 
7	მძაფრი	13,9-17,1	28-33	ხეები მთლიანად ირხევა. პირქარში სვლა ძნელდება; ტალღები ერთმანეთს აწყდება.
8	მეტად მძაფრი	17,2-20,7	34-40	ქარი ამტრევს ხის ტოტებს. პირქარში სვლა ძალიან ძნელია; ზღვაზე ზომიერად მაღალი გრძივი ტალღები წარმოიქმნება. 
9	შტორმი	20,8-24,4	41-47	მცირე ზიანი. ქარი აზიანებს შენობის სახურავებს; გლეჯს საკვამურის ხუფებსა და კრამიტს; წარმოიქმნება საკმაოდ მაღალი და განიერი ტალღები.
10	ძლიერი შტორმი	24,5-28,4	48-55	ნაგებობათა მნიშვნელოვანი დაზიანება. ქარი ძირიანად თხრის ხეებს. ასეთი ქარი ხმელეთზე იშვიათია; ზღვაზე წარმოიქმნება ძალიან მაღალი ტალღები, ქარი ქაფის ვეებერთელა ფანტელებს თეთრ ფართო ზოლებად მიერეკება; ზღვის ზედაპირი გადათეთრებულია ქაფით, ხილვადობა ცუდია. 
11	სასტიკი შტორმი	28,5-32,6	56-63	ძლიერი ნგრევა საკმაოდ დიდ ფართობზე. ხმელეთზე საკმაოდ იშვიათია; ზღვაზე წარმოიქმნება განსაკუთრებით მაღალი ტალღები; მცირე და საშუალო ზომის გემები დროდადრო უჩინარდება; ზღვა ერთიანად დაფარულია ქაფის გრძელი თეთრი ნაფლეთებით, რომლებიც ქარის მიმართულებით მიისწრაფიან; ტალღების კიდეები აქაფებულია; ხილვადობა ძალზე ცუდია.

ბოფორტის სკალა	ქარის სახელი	ქარის სიჩქარე, მ/წ	ქარის სიჩქარე, კვანძი	ვიზუალური ნიშნები ხმელეთსა და ზღვაზე
12	გრიგალი	> 32,6	> 64	<p>ძალიან დიდი ნგრევის მასშტაბები, სერიოზულადაა დაზიანებული შენობა-ნაგებობები; ხეები ამოგლეჯილია ფესვებიანად, მცენარეულობა განადგურებულია; ჰაერი სავსეა ქაფითა და შხეფებით. ზღვა მთლიანად დაფარულია ქაფის ზოლებით; ხილვადობა თითქმის არ არის; ასეთი ქარი ძალზე იშვიათია.</p> 

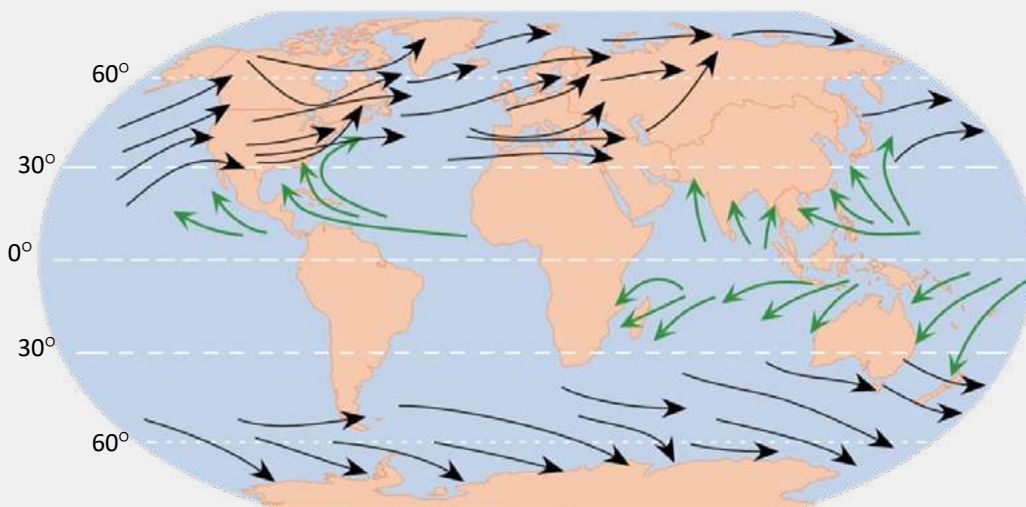
**ცხრილი:** ქარის ძალის შეფასების 12-ბალიანი სისტემა, შემოთავაზებული ფრენსის ბოფორტის მიერ 1806 წელს, მრავალჯერ შეიცვალა და შესწორდა. თანამედროვე სახე საერთაშორისო მეტეოროლოგიურმა ორგანიზაციამ 1963 წელს მისცა. სკალა ემყარება წყლის ზედაპირზე, კვამლზე, ალმებზე, გემის ზედნაშენზე, სანაპირო ნაგებობებზე ქარის მოქმედების თვალით აღქმას.

**შენიშვნა:** 1 კვანძი უდრის ერთ საზღვაო მილს ან 1.85 კმ-ს. შესაბამისად, 1 კვანძის ტოლი სიჩქარე უდრის 1.85 კმ / სთ სიჩქარეს ან 0.51 მ / წმ-ს.

კატასტროფული ხასიათისაა ტროპიკული ციკლონები, რომლებსაც ასევე ტროპიკულ დეპრესიას, ტროპიკულ შტორმს, ქარიშხალსა და ტაიფუნს უწოდებენ. ტროპიკული ციკლონი შტორმის

სისტემაა დახურული ცირკულაციით, დაბალი წნევის ცენტრის ირგვლივ, რომელსაც ორთქლიანი ჰაერის მასების ამღლებითა და კონდენსაციით გამოთავისუფლებული სიმბურვალე იწვევს.

- ➔ ტროპიკული ციკლონები
- ➔ არატროპიკული ციკლონები



**სურათი 4.3.1** ტროპიკული და არატროპიკული ციკლონების მოქმედების არეალები.

**დავალება:**

- (11). მსოფლიოს პოლიტიკური და ტროპიკული და არატროპიკული ციკლონების მოქმედების არეალების რუკების მიხედვით დაადგინე, რომელ ქვეყნებს ემუქრება ტროპიკული ციკლონები და რა მიზეზები განაპირობებს ამ რეგიონებში მათ გავრცელებას (იხ. სურათი 4.3.1, გვერდი 115)?

ტროპიკულ ციკლონებს შეუძლია ექსტრემალურად ძლიერი ქარების, ქარბორბალების (ტორნადოების) და ტორენციული წვიმების (მეწყრისა და მყისიერი წყალდიდობის შემქმნელი) წარმოქმნა, რაც ყველაზე მეტად და მძიმედ სანაპირო რაიონებში აისახება.

ქარბორბალა ჰაერის გრიგალური მოძრაობაა. იგი წარმოიქმნება ელჭექის ღრუბელში, შემდეგ ვრცელდება შავი გიგანტური სახელოს ან ხორთუმის მსგავსად, მიწის ზედაპირის ან ზღვის მიმართულებით. ქარბორბალის ზემო ნაწილი გაფართოებულია, გადადის ღრუბლებში და იკარგება. როდესაც ეშვება დედამიწის ზედაპირზე ან ზღვაზე, მისი ფუძე ფართოვდება და გადაბრუნებულ დაბრს მოგვავაგონებს. ამ დაბრის დიამეტრი ზღვაზე ათეულ მ-ს აღწევს, ხოლო ხმელეთზე – საშუალოდ 300 მ-ს (ზოგიერთ შემთხვევაში – 1000 მ-ს). ქარბორბალის სიმაღლე შეიძლება იყოს 800-1500 მეტრი. ქარბორბალა, დაბრის შიგნით წნევის დაბალი დონისა და უძლიერესი სისწრაფის გამო, იწოვს ქვიშას, წყალს და დიდ მანძილზე გადააქვს.

ძლიერი ქარები აზიანებს კავშირგაბმულობისა და ელექტროგადამცემ ხაზებს, იწვევს ზღვის დელვას, მტვრიან ქარიშხალს, ქარბუქს და თოვლის არათანაბარ განაწილებას, რასაც მოსდევს ნამქერების წარმოქმნა, ნიადაგის ტენისგან გაღარიბება და სხვა.

საქართველოში განსაკუთრებით არახელსაყრელი მოვლენაა სატრანსპორტო მაგისტრალებზე

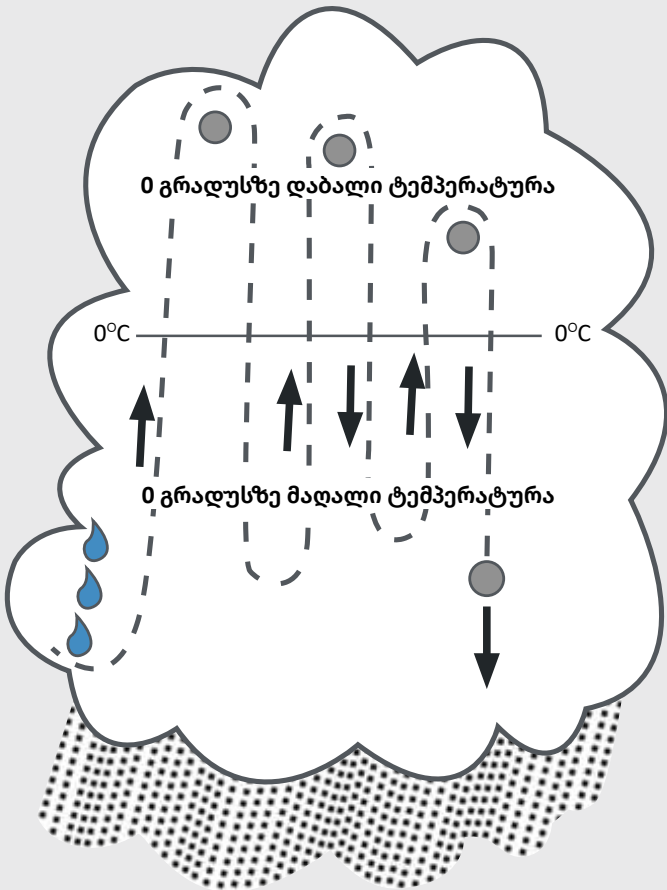


■ სურათი 4.3.2 ტროპიკული ციკლონის შედეგი.

ქარბუქით გამოწვეული ნამქერების წარმოქმნა, რაც ტრანსპორტის მუშაობას აფერხებს. ჩვენი ქვეყნის ტერიტორიაზე ძლიერი (25-30 მ/წმ სიჩქარის) ქარების განმეორებადობა მაღალია და წელიწადში 5-7-ის ფარგლებში მერყობს, ძალიან ძლიერი (30 მ/წმ-ზე მეტი) ქარები ქუთაისი-ზესტაფონის მონაკვეთსა და თბილისის გარეუბნებში — წელიწადში 1-2-ჯერ, ხოლო ქვეყნის სხვა რეგიონებში საშუალოდ 5 წელიწადში ერთხელ მეორდება.

## სეტყვა

სეტყვა ატმოსფერული ნალექის სახეობაა, რომელიც ყინულის სხვადასხვა ზომის (5-55 მმ; იშვიათად, 130 მმ-მდე) სფერული ნაწილაკების ან ნატეხებისაგან შედგება.



**სურათი 4.3.3** სეტყვის წარმოქმნის პროცესის სქემა.

### დავალება:

- (12). სქემის მიხედვით აღწერე, როგორ წარმოიქმნება სეტყვა (იხ. სურათი 4.3.3, გვერდი 117)?

სეტყვა, ძირითადად, წლის თბილი პერიოდისათვის არის დამახასიათებელი, როცა დედამიწის ზედაპირზე ტემპერატურა 20° C-ზე მაღალია. სეტყვა შეიძლება 6-15 წუთამდე გაგრძელდეს.



**სურათი 4.3.4** 1986 წელს ბანგლადეშში მსოფლიოში ყველაზე მძიმე სეტყვა დაფიქსირდა, მისი მასა 1,02 კგ-ს უდრიდა; ხოლო 2010 წელს ამერიკის შტატ სამხრეთ დაკოტაში ყველაზე დიდი ზომის — 20 სმ-იანი დიამეტრის მქონე სეტყვის მარცვალი აღირიცხა.

სეტყვა ჩვენი ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზე ფიქსირდება, თუმცა განსაკუთრებით ხშირია ბორცვიანი და პლატოსმაგვარი რელიეფის მქონე ადგილებში, იშვიათია დაბლობებსა და მდინარეთა ფართო ხეობებში. სეტყვის ინტენსივობა და სიხშირე განსაკუთრებით მაღალია აღმოსავლეთ საქართველოში. აქ ყოველწლიურად ამ მოვლენის 5-დან 15-მდე შემთხვევა აღინიშნება.

სეტყვა ერთ-ერთი არასასურველი კლიმატური მოვლენაა. მას შეუძლია მთლიანად გაანადგუროს ნათესები, მოსავალი, გახვრიტოს თუნუქის სახურავი, დაამსხვრიოს შიფერისა და კრამიტის სახურავები, ჩაამსხვრიოს მინები, დააზიანოს ავტომანქანები, დახოცოს საქონელი და ფრინველი. მისგან მიყენებული ყოველწლიური ზარალი მნიშვნელოვანია. როდესაც სეტყვის ცალკეული მარცვლების წონა 100-200 გრ და მეტია, შესაძლებელია ადამიანთა დაღუპვაც.

საქართველოში ფუნქციონირებს სეტყვის საწინააღმდეგო სისტემა. სეტყვის აღმკვეთი საშუალების მიზანია დაღმავალი სეტყვის მარცვლების ზომაში მკვეთრად შემცირება ან მათი გარდაქმნა წვიმის წვეთებად, ღრუბლების განსაზღვრულ სფეროებში სპეციალური რეაგენტის

(ვერცხლის იოდის) გაფანტვის გზით, მანამ, სანამ სეტყვის მარცვლების ფორმირება მოხდება. სეტყვის საწინააღმდეგო რაკეტა წარმოადგენს 60 მმ-იან უმართავ რაკეტას, რომელიც 50-70 გრამ ვერცხლის იოდის რეაგენტს შეიცავს. რეაგენტი 2,5-4,5 კმ სიმაღლიდან 30-35 წამის განმავლობაში იფანტება.



**სურათი 4.3.5** სეტყვის საწინააღმდეგო სარაკეტო გამშვები განთავსებულია სპეციალურად შემოღობილ ტერიტორიაზე, მისი კვება ავტონომიურია და მზის პანელით ხდება.

**გვალვა**

გვალვა კლიმატის კატასტროფული მოვლენაა. გვალვის ჩამოყალიბებას, ძირითადად, სამი ფაქტორი განაპირობებს – უნალექობა (ან მცირე ნალექები), მაღალი ტემპერატურა და ნიადაგში პროდუქტიული ტენის მარაგის დეფიციტი, რის გამოც მცენარის ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის არახელსაყრელი პირობები იქმნება, მინდვრის კულტურების მოსავლიანობა კი ეცემა ან სულაც ნადგურდება.

მაღალი ტემპერატურა, ჰაერის დაბალი ტენიანობა და ძლიერი აორთქლება აშრობს ნიადაგის ზედა ფენებს, აფერხებს ვეგეტაციური მასის დაგროვებას, ამცირებს მცენარის კვირტს და ზრდის ფესვებს, საერთო ჯამში კი, აქვეითებს ყველა სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოსავლიანობას.

გვალვა ხშირად ათასობით კვ. კმ. ტერიტორიებზე ვრცელდება. გვალვის დროს იღუპება როგორც ბუნებრივი, ისე კულტურული მცენარეულობა; ასევე, ცხოველთა ნაწილი იღუპება, ხოლო ნაწილი კი სხვა რაიონებში იწყებს მიგრაციას.

გვალვის ჩამოყალიბებას განაპირობებს ნალექების ნორმაზე გაცილებით დაბალი რაოდენობა, ჰაერის მაღალი ტემპერატურა და სხვა ანომალური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები.

კონტინენტი	გვალვიანი ტერიტორიების ფართობი, მლრდ ჰა	ტერიტორიების ფართობი, რომლებიც მნიშვნელოვან გვალვიანობას განიცდიან, მლრდ ჰა
აზია	1,8	1,4
აფრიკა	1.4	1
ავსტრალია	0,7	0,4
ჩრდილოეთი ამერიკა	0,6	0,4
სამხრეთი ამერიკა	0, 4	0, 3
ევროპა	0,17	0,1

**ცხრილი:** გვალვიანი რაიონები კონტინენტების მიხედვით. [დავალება](#)

- (13). გაანალიზე ცხრილში მოცემული მონაცემები: ა) იმსჯელე, რა მიზეზებმა განაპირობა გვალვიანი ტერიტორიების ასეთი გავრცელება? ბ) მოცემულ მონაცემებზე დაყრდნობით, ააგე გვალვიანი რაიონების კონტინენტების მიხედვით განაწილების სვეტოვანი დიაგრამები.

მცარი გვალვები ეკონომიკურად სუსტად განვითარებულ ქვეყნებში იწვევენ მოსახლეობის მასობრივ სიკვდილიანობასა და ეპიდემიებს. ასეთი კატასტროფული გვალვების მაგალითებია საჰელის, ეთიოპიის, სუდანისა და სხვა ცნობილი გვალვები. კატასტროფული გვალვები აღინიშნება ევროპისა და აზიის ტერიტორიებზეც. მაგალითად, 1976 წელს გვალვამ მოიცვა მთელი დასავლეთი ევროპა და დიდი ზარალი მიაყენა მთელ რიგ ქვეყნებს. გვალვებმა ძლიერი ხანძრები გამოიწვია საფრანგეთში და ტყეების დიდი მასივები განადგურდა. ინგლისში გვალვების შედეგად წყლის მარაგი 40-70%-მდე შემცირდა და ქვეყნის პარლამენტი იძულებული გახდა, გამოეცა კანონი სასმელი წყლით სარგებლობის შეზღუდვის შესახებ.

საქართველოს ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების წლიური მაჩვენებელი 400-დან 4500 მმ-მდე იცვლება. ნალექების ყველაზე მცირე

რაოდენობა აღმოსავლეთ საქართველოში, კერძოდ, გარდაბნის, დედოფლისწყაროს, გურჯაანის, საგარეჯოსა და სხვა რაიონებში აღინიშნება. შირაქის ვაკეზე ზოგჯერ მთელი წლის განმავლობაში 100 მმ-ზე მეტი ნალექი არ მოდის.

**დავალება:**

- (14). ინტერნეტგვერდზე [http://drm.cenn.org/Hazard\\_assessment\\_files/Drought\\_Hailstorm.pdf](http://drm.cenn.org/Hazard_assessment_files/Drought_Hailstorm.pdf) გაეცანი რუკებს „საქართველოს ტერიტორიაზე დაფიქსირებული გვალვები, სეტყვა და ძლიერი ქარი“ და დაადგინე: ა) რომელი რეგიონებისთვისაა ეს მოვლენები დამახასიათებელი? ბ) ახსენი, რა სმიზეზები განაპირობებს ამ ტერიტორიებზე გვალვას? გ) შეაფასე, როგორია გვალვისა და სეტყვის საფრთხეები?



**სურათი 4.3.6** გვალვისას ჯერ ნიადაგის შედაპირი შრეა, შემდეგ კი ბზარები წარმოიქმნება, რომლებიც თანდათან ღრმავდება და ფართოვდება.

4.3.3. ჰიდროლოგიური კატასტროფები (წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, ღვარცოფი);

 გაიხსენა

- 8. რა ძირითადი ჰიდროლოგიური მაჩვენებლებით ხასიათდება მდინარე?



სურათი 4.4.8 წყალდიდობისგან ყველაზე დაუცველი რეგიონები.

წყარო: <https://ourworldindata.org/natural-disasters>

ჭარბი ნალექების მოსვლისა და თოვლის სწრაფი დნობის შედეგად მდინარის დონე მკვეთრად იზრდება, კალაპოტიდან გადმოდის და მიმდებარე ტერიტორიის მთლიანად ან მისი ცალკეული ადგილების მნიშვნელოვან დატბორვას იწვევს. წყალდიდობა ძნელად პროგნოზირებადი მოვლენაა.

დავალება:

- (14). მსოფლიოს ფიზიკური, პოლიტიკური და მოცემული რუკების მიხედვით დაადგინე: ა) რომელ მდინარეებზე იცის წყალდიდობები? ბ) რომელი ქვეყნები და ქალაქები იმყოფებიან წყალდიდობების რისკის ქვეშ?

უმნიშვნელო წყალდიდობა	მნიშვნელოვანი წყალდიდობა	მასშტაბური წყალდიდობა	კატასტროფული წყალდიდობა
დამახასიათებელია ვაკის მდინარეებისათვის, აღინიშნება 5-10 წელიწადში ერთხელ. წყალდიდობისას იფარება მდინარის მიმდებარე ტერიტორიის 1/10, არ იწვევს მნიშვნელოვან მატერიალურ ზარალს და არ არღვევს ცხოვრების ჩვეულებრივ რიტმს.	დამახასიათებელია როგორც ვაკის, ისე მთის მდინარეებისათვის, აღინიშნება 20-25 წელიწადში ერთხელ. წყალდიდობისას იფარება მდინარის ხეობის მნიშვნელოვანი ნაწილი; იწვევს არსებით მატერიალურ ზარალს, მოსახლეობის გარკვეული ნაწილის ევაკუაციასა და ცხოვრების ჩვეულებრივ რიტმის შეცვლას.	მოიცავს მდინარის მთელ აუზს, აღინიშნება 50-100 წელიწადში ერთხელ. ხშირ შემთხვევაში თითქმის მთლიანად იფარება მდინარის მიმდებარე ტერიტორია, დასახლებული პუნქტები; იწვევს დიდ მატერიალურ ზარალს, მკვეთრად ცვლის ადამიანთა ყოფა-ცხოვრებასა და სამეურნეო საქმიანობას, მოითხოვს მოსახლეობისა და მატერიალური ფასეულობების ევაკუაციას.	იტბორება უზარმაზარი ტერიტორიები, მთლიანად პარალიზებულია ადამიანის საქმიანობა; მოიცავს არაერთი მდინარის აუზს, აღინიშნება 100-200 წელიწადში ერთხელ ან უფრო იშვიათად. ამგვარი წყალდიდობა იწვევს ადამიანთა მსხვერპლს, უდიდეს მატერიალურ ზარალს.

**ცხრილი: მდინარეთა წყალდიდობის ტიპები**

მდინარეთა წყალდიდობა ოთხი ტიპისაა; ისინი ერთმანეთისაგან განმეორების სიხშირით, მასშტაბითა და მიყენებული ზიანის ოდენობით განსხვავდებიან.

წყალდიდობა საშიშროებას უქმნის დედამიწის ¼ ნაწილს. იგი დამახასიათებელია საქართველოს თითქმის ყველა მდინარისთვის.

წყალდიდობისგან ზარალის შესამცირებლად და მსხვერპლის თავიდან ასაცილებლად სავალდებულოა მისი პროგნოზირება. სპეციალისტების მიერ შედგენილ, მეცნიერულად დასაბუთებულ პროგნოზში მითითებულია მოვლენის დადგომის სავარაუდო დრო, წყლის დონის მოსალოდნელი მაქსიმუმი, წყლის მაღალი დონის შესაძლო ხანგრძლივობა, მოსალოდნელი კოკისპირული და ხანგრძლივი წვიმები, თოვლის მოსალოდნელი სწრაფი დნობა და სხვ. პროგნოზი არსებობს მოკლე (10-12 დღე-ღამის) და გძელვადიანი (2-3 თვის); ასევე, შეიძლება იყოს ლოკალური (ცაკლეული მდინარეების, უბნებისა და წყალსატევებისათვის) ან ტერიტორიული, რომლებიც მოიცავენ მნიშვნელოვან ტერიტორიაზე განზოგადოებულ ცნობებს მოვლენის შესაძლო სიდიდისა და ვადების შესახებ.

**წყალდიდობისგან დაცვის მთავარი ზომებია:**

- მდინარის კალაპოტის გასუფთავება;

- დამცავი ჯებირებისა და წყალსაცავების მშენებლობა;
- ნაპირგამაგრებითი და ფსკერის ჩასაღრმავებელი სამუშაოების ჩატარება;
- მდინარეთა ნაპირებზე ტყის ზოლების გაშენება;
- ფერდობების დატერასება.

**დავალება:**

**(15). როგორ ფიქრობ, რა როლს ასრულებს გის სისტემები წყალდიდობის პროგნოზირების პროცესში?**

წყალმოვარდნა დიდი რაოდენობით წყლის დროებითი ნაკადია, რომელიც უეცრად წარმოიშობა მთის მდინარეების კალაპოტებსა და ქალაქში. წყალმოვარდნის გამომწვევი მიზეზებია ხანგრძლივი და უხვი წვიმები, თოვლის ან მყინვარის სწრაფი და ინტენსიური დნობა.

წყალდიდობა, წყალმოვარდნისგან განსხვავებით, ნელა ვითარდება. შესაბამისად, წყალმოვარდნა სწრაფ წყალდიდობად ითვლება, რომელიც უეცრად წარმოიშობა და დიდი სიჩქარით მოძრაობს.

წყალმოვარდნა, რომელშიც მყარი მასალა მხოლოდ 3-4%-ია, ღვარცოფიდან წყალდიდობაზე გარდამავალ მოვლენას წარმოადგენს. თუ წყალმოვარდნა გაძლიერდა და მასში მყარი მასალის რაოდენობა გაიზარდა, იგი ღვარცოფის სახეს მიიღებს; ხოლო თუ შესუსტდა და პროცესი გახანგრძლივდა, იგი წყალდიდობის სახესღებულობს.

წყალდიდობა-წყალმოვარდნა დიდ ზიანს აყენებს ინფრასტრუქტურას — აზიანებს საცხოვრებელ და საწარმოო შენობებს, სარკინიგზო და საავტომობილო გზებს, ელექტროგადამცემ და კავშირგაბულობის ხაზებს, სამელიორაციო სისტემებს, იწვევს გარემოს, პირუტყვისა და მოსავლის განადგურებას, ზოგჯერ ადამიანთა დაღუპვას.



**სურათი 4.3.4** 2015 წლის 13-14 ივნისს მდ. ვერეს აუზში დიდი რაოდენობით მოსულმა ნალექმა წყლის დონის მკვეთრი მატება გამოიწვია, რასაც ადამიანთა სიცოცხლის დაზიანება და მოსპობა, ქალაქის ინფრასტრუქტურის ობიექტების დაზიანება და განადგურება მოჰყვა.

გამართული პროგნოზის, სრულყოფილი ინფორმაციისა და შეტყობინებების სამსახურების ოპერატიული მუშაობის, ასევე, მოსახლეობის მათალი ორგანიზებულობისა და მომზადების შედეგად, მნიშვნელოვნად მცირდება წყალდიდობა-წყალმოვარდნებისგან მიყენებული მატერიალური ზარალი და მსხვერპლის რაოდენობა.

### ღვარცოფი (სელი)

#### ბაიხსენი

8. რომელია საქართველოს ყველაზე ღვარცოფული მდინარე?

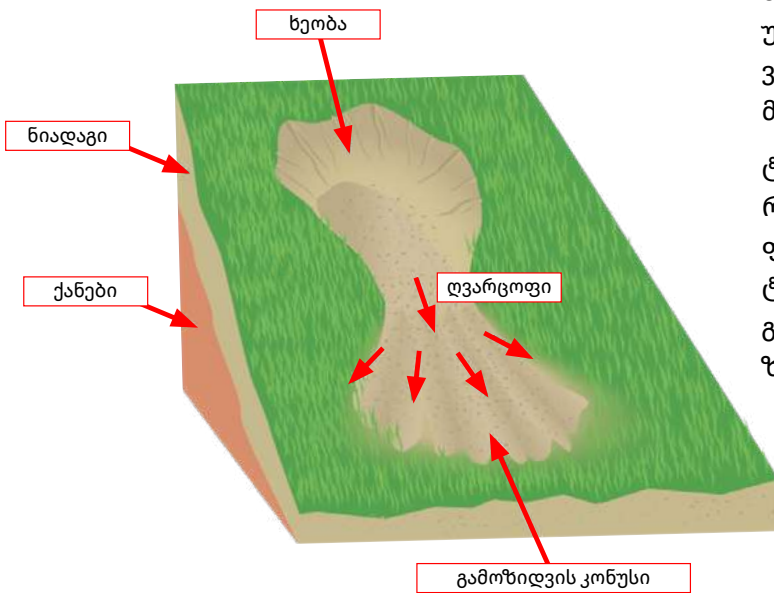
ღვარცოფი მოკლევადიანი ბობოქარი წყალდიდობაა მთის მდინარეზე. ამ მოვლენის დროს მყარი ნალექების კონსისტენცია წყალში საგრძობლად იზრდება, რაც მდინარეს ტალახის ან ქვა-ტალახის ნაკადის ხასიათს აძლევს. ღვარცოფი დიდი რაოდენობით, ზოგჯერ 90%-მდე მყარ მასალას შეიცავს და წარმოქმნის დამახასიათებელ ჩამონატანს. ღვარცოფებში რამდენიმე სახის ნაკადი გამოიყოფა. ესენია: ტალახიანი ნაკადი, ტალახქვიშიანი, ქვიშიან-ტალახიანი, ტალახ-ქვიანი, ქვიშიანქვიანი, ქვა-ტალახიანი, ქვა-ქვიშიანი და წყალ-ქვიანი.

ღვარცოფი წარმოშობის მოულოდნელობით, მოძრაობის დიდი სიჩქარითა და მნიშვნელოვანი დამანგრეველი ძალით ხასიათდება. ღვარცოფულ ნაკადს დინების მიმართულებით ახასიათებს პულსაციური რეჟიმი, რომელიც მოძრაობის პროცესში ჩახერგილი ადგილების შექმნასთანაა დაკავშირებული.

ღვარცოფის წარმოშობას განაპირობებს შემდეგი ბუნებრივი პირობები:

- ციცაბოფერლობიანი და ძლიერ დანაწევრებული რელიეფი, მუდმივი და დროებითი წყალსადინარების კალაპოტის მნიშვნელოვანი დახრით;

- მდინარის აუზში ფხვიერნამტვრევი მასალის დიდი მარაგი, რომელიც ღვარცოფის მყარ შემადგენელს წარმოადგენს;
- კალაპოტებისა და ფერდობების ინტენსიური ჩამონადენი, რომელიც გამოწვეულია წყალდიდობით, უხვი თოვლდნობით, იშვიათად ყინულდნობით ან ღია (კაშხლის ტიპის, მთის ტბის) და დახურული (მყინვარებსა და მორენებში) წყალსატევების გარღვევით.



ღვარცოფის აქტივიზაციის ბუნებრივ ფაქტორთა რიცხვს მიეკუთნება გეოლოგიური, გეომორფოლოგიური, ქაობნიადაგიანი, ასევე, ანთროპოგენური და სხვა ფაქტორები.

გამოყოფენ ორი ტიპის ღვარცოფს – სტრუქტურულს ანუ შეკრულს და ტურბულენტურს ანუ დენადს. ღვარცოფულ ნაკადებს შორის ძირითადი განმასხვავებელი ნიშანი მათში მყარი მასალის რაოდენობაა.

სტრუქტურული ღვარცოფი, რომელიც 70-80% მყარ მასალას შეიცავს, გაზაფხულ-ზაფხულის საზღვარზე 5-15 წელიწადში ერთხელ წარმოიქმნება. იგი განსაკუთრებულ გეომორფოლოგიურ, ლითოლოგიურ და კლიმატურ პირობებში ვითარდება და, ამიტომ, მხოლოდ ზოგიერთი მდინარის ზემო წელში გვხვდება.

ტურბულენტური ღვარცოფი, რომელშიც მყარი ღვარცოფული მასალა 20-30%-ზე მეტია, ფართოდაა გავრცელებული. ღვარცოფის ეს ტიპი წარმოიშვება სამ წელიწადში ერთხელ, გაზაფხულობით და შემოდგომაზე, ხანდახან კი ზაფხულშიც.

სურათი 4.3.5 ღვარცოფის წარმოქმნის სქემა.

ღვარცოფული მდინარის ხეობა შეიძლება დაიყოს სამ ნაწილად:

1. ზედა ნაწილი (მდინარის სათავეები), სადაც ხეობა გაფართოებულია და ფორმით წარმოადგენს ნახევრად ცირკს (სავარძლისებრი ჩაღრმავება ტროგის ზემო ნაწილში ან მყინვარებით დაფარულ მთის კალთებზე; ზოგჯერ გვხვდება შვეული ფერდობებით, რომლებიც, თავის მხრივ, დანაწევრებულია ღრმა ნარღვევებითა და ხრამებით, საიდანაც ყველა მხრიდან ჩამოედინება ძირითადი ნაკადის წარმომშობი წყლები და მდნარი წყლები). ეს არის მდინარის წყალშემკრები აუზის მთავარი ნაწილი; ძირითადად, სწორედ აქ ფორმირდება სელური წყალმოვარდნა;
  2. ხეობის შუა (ტრანზიტული) ნაწილი, რომელიც წარმოადგენს კანიონს (ვიწრო ხეობის ნაწილს ციცაბო და მაღალი ფერდობებით). მდინარის კალაპოტის დაქანება 25-30%-მდეა;
  3. წყალმარჩხოების დროს მდინარე ხეობის ძირს ხშირად მთლიანად იკავებს, ერთ ან რამდენიმე ნაკადად ჩამოედინება და დახვავებული ლოდების, კაჭარისა ან უფრო მცირე ზომის ნატეხოვან მასალას შორის იკაფავს გზას.
- ღვარცოფები განვითარებულია მხოლოდ მთიან ადგილებში. ისინი ხშირია კარპატებში, ყირიმში, კავკასიაში, შუა აზიასა და სხვ.



**სურათი 4.3.6** ღვარცოფმა ბრაზილიაში, მინას ჟერაის პროვინციაში 50 ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა.

ღვარცოფს უზარმაზარი ძალა აქვს და დიდ გეოლოგიურ სამუშაოს – გადარეცხვას, გადატანას და ნატეხოვანი მასალის დალექვას აწარმოებს. იგი ანგრევს ხილებს, კაშხლებს, დამბებს, ბალებს, პლანტაციებს. ღვარცოფების მოქმედების სფეროში მუდმივი საშიშროება ემუქრება მრავალ სოფელსა და მთელ რიგ ქალაქებს. მაგ., ალმა ათას, ლოს ანჟელესს; საქართველოში – თელავს, ყვარელს, ლაგოდეხს, საგარეჯოს, ბორჯომს, ლენტეხს, ონს, ცაგერს, მესტიას, ახალციხეს, ადიგენს, მცხეთასა და ასეულობით სასოფლო დასახლებას.

### დავალება:

- (16). ღვარცოფს სხვადასხვა სახელით მოიხსენიებენ. მას „ველურ ნაკადს“, „ჭუჭყიან ზვავს“ და ზოგჯერ „შავ სიკვდილსაც“ ეძახიან. მენ რა სახელს დაარქმევდი?
- (17). გაცნობილ ინფორმაციაზე დაყრდნობით შეადგინე სქემა: ბუნებრივი კატასტროფები.
- (18). მოამზადე სამახსოვრო ბუკლეტი კატასტროფებისგან თავდაცვის წესების შესახებ.

**ეს საინტერესოა!**

XX საუკუნის განმავლობაში მიწისძვრების შედეგად დაიღუპა არანაკლებ 800 ათასი ადამიანისა.

უძველესი დროიდან დღემდე საქართველოს ტერიტორიაზე რეგისტრირებულია 7 და 8-ბალიანი 17 მიწისძვრა: თმოგვის, სამცხის, ალავერდის, ახალქალაქის, მარტვილის, ქართლის (გორის) და ა.შ.

საქართველოში რიჩის, ამტყელისა და ქვედის ტბები გაჩენილია მიწისძვრის შედეგად მდინარეთა შეგუბებით.

ადამიანს თავისი საქმიანობითაც შეუძლია გამოიწვიოს მიწისძვრები. აღსანიშნავია წყალსაცავების მშენებლობა, ნავთობისა და გაზის მოპოვება, მიწისქვეშა აფეთქებები. დიდი წყალსაცავების მახლობლად ყალიბდება მიწისძვრის ეპიცენტრები. მიწისძვრათა აქტიურობა განსაკუთრებით მატულობს იმ შემთხვევაში, თუკი წყალსატევებში წყლის დონე მუდმივად იზრდება. მიწისძვრათა აქტივობის პერიოდი წყალსაცავის მახლობლად რამდენიმე წლის განმავლობაში გრძელდება. საშუალოდ 5-10 წლის შემდეგ აქტივობა კლებულობს და ფიქსირდება ნორმის ფარგლებში.

უხსოვარი დროიდან შემჩნეული იყო, თუ როგორ ამოინთხეოდა ტირენიის ზღვის ერთ-ერთი კუნძულის (კ. ვულკანო) მწვერვალიდან ცეცხლი და შავი კვამლისაგან შემდგარი ღრუბელი და ინტენსიურად გადმო-

იყრებოდა გავარვარებული ქვები, რომლის შედეგად ეს კუნძული სწრაფად იზრდებოდა. რომაული მითოლოგიის მიხედვით, ცეცხლისა და მჭედლობის ღმერთის – ვულკანის სახელწოდებით მოიხსენიება ყველა ცეცხლისმფრქვეველი მთა.

ტერმინი „ცუნამი“ იაპონური წარმოშობისაა და ნიშნავს „უბის ტალღას“.

სეტყვის საწინააღმდეგო სისტემები ფუნქციონირებს ბულგარეთში, ჩინეთში, არგენტინასა და სხვა ქვეყნებში.

ადრეული ტიპის სეტყვასაწინააღმდეგო სისტემა საქართველოში 1960 წლიდან 1990 წლამდე მუშაობდა. მაშინდელი სისტემა „ალაზანი“ პრიმიტიული ტექნოლოგიებით შექმნილ სისტემას წარმოადგენდა, რომლის მუშაობის ეფექტურობა არც ისე მაღალი იყო, გამოყენების შემდეგ კი იწვევდა მოსავლის ქიმიურ დაბინძურებას ტყვიის იოდით.

2000 წელს გვალვამ, რომელიც 7 თვე გაგრძელდა, საქართველოს ტერიტორიის 50%-ზე მეტი მოიცვა. სტიქიამ საერთაშორისო კლასიფიკაციით დადგენილი ოთხივე სტადია (მეტეოროლოგიური, ჰიდროლოგიური, სასოფლო-სამეურნეო და სოციალურ-ეკონომიკური) გაიარა. ზარალმა 300 მილიონ ლარს გადააჭარბა.

XX საუკუნის ბოლოსათვის საქართველოში დაფიქსირებული იყო 2750 ღვარცოფტრანსფორმირებადი მდინარის აუზი, ხოლო ღვარცოფული საშიშროების ზონაში ქვეყნის მთელი ტერიტორიიდან 2 მლნ ჰა აღმოჩნდა.

#### 4.3.4. ანთროპოგენური (ტექნოგენური) კატასტროფები

**გაიხსენა**

- რა არის ანთროპოგენური ლანდშაფტი, რომელი სახის მსგავს ლანდშაფტებს იცნობ?
- რომელი დარგები მიეკუთვნება მაღალტექნოლოგიურ დარგებს?
- რა პრინციპებს ემყარება „მწვანე ეკონომიკა“?
- რას მოიცავს ალტერნატიული ენერჯეტიკა და ორგანული სოფლის მეურნეობა?

ანთროპოგენური ანუ ტექნოგენური კატასტროფა ბუნებრივი კომპლექსების ცვლილებაა, გამოწვეული ადამიანის სამეურნეო საქმიანობის შედეგად. ტექნოგენური კატასტროფები სახეს უცვლიან გარემოს და ზიანს აყენებენ ადამიანის ჯანმრთელობას. არცთუ იშვიათად, მათი ზემოქმედებით, ბუნებრივ გარემოში კრიტიკული სიტუაცია იქმნება და შეუქცევადი პროცესები ვითარდება.

ეტაპის დასახელება	საწარმოო ძალების დახასიათება	არეალი
ანთროპოგენუზისი	ნადირობა, შემგროვებლობა.	
წერტილოვანი ტექნოგენური კატასტროფები	მიწათმოქმედების გაჩენა, ადამიანთა პირველი დასახლებების წარმოქმნა.	ტერიტორიის „წერტილოვანი“ ნაკვეთები, უბნები.
ლოკალური ტექნოგენური კატასტროფები	მიწათმოქმედებაში მრავალმინდვრიანი სისტემების გაჩენა; საქონლის, როგორც გამწევი ძალის გამოყენება; ქალაქების ჩასახვა.	აკვატორიებისა და ტერიტორიების გარკვეული უბნები.
მიკრორეგიონული ტექნოგენური კატასტროფები	XVII-XVIII სს-ების სამრეწველო რევოლუცია; საქონლის, როგორც გამწევი ძალის გამოყენება; ქალაქების წარმოქმნა.	სამრეწველო ცენტრების ფორმირება, რომლებიც ერთმანეთს ახალჩასახული სატრანსპორტო სისტემებით უკავშირდებიან.
მეზორეგიონული ტექნოგენური კატასტროფები	მოპოვებითი დარგების, მანქანათმშენებლობისა და ლითონდამუშავების შემდგომი განვითარება, ქიმიისა და ჰიდროენერჯეტიკის ფორმირება; სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობისათვის ვარგისი მიწების მთლიანად ათვისება; სარკინიგზო და საჰაერო ტრანსპორტის განვითარება.	ვრცელი ტერიტორიების წარმოქმნა, სადაც მთლიანად შეცვლილია ბუნებრივი გარემო, შეინიშნება აკვატორიასა და აეროტორიაზე ზემოქმედების შედეგები.

უტაპის დასახელება	საწარმოო ძალების დახასიათება	არეალი
მაკრორეგიონული ტექნოგენური კატასტროფები	მრეწველობის შემდგომი განვითარება, ატომური ენერგეტიკის ფორმირება, რეაქტიული საჰაერო ტრანსპორტის ინტენსიური განვითარება.	ბუნებრივი გარემოშეცვლილი რაიონების შერწყმა (შეერთება); ერთიანი ტექნოგენური გარემოს შექმნა; კლიმატურ პროცესებზე ზემოქმედების დასაწყისი
გლობალური ტექნოგენური კატასტროფები	ადამიანის სამეურნეო საქმიანობით პროცესების რაოდენობრივი და ხარისხობრივი გაფართოება, რომელმაც მთელი პლანეტა მოიცვა.	გეოგრაფიული გარემოსა და გეოგრაფიული გარსის გეოტორიალური (ტერიტორიული) შერწყმა, კლიმატზე მოქმედება.

**ცხრილი:** ტექნოგენური კატასტროფების განვითარების უტაპები

**დავალება:**

- (1). გაეცანი ცხრილში მოცემულ ინფორმაციას. როგორ ფიქრობ, კაცობრიობის განვითარების სხვადასხვა უტაპზე ადამიანის გარემოზე ზემოქმედების ფორმებიდან რომელია ყველაზე მნიშვნელოვანი და რატომ?
- (2). როგორ ფიქრობ, რა მიზეზებმა შეიძლება გამოიწვიოს ტექნოგენური კატასტროფები?

გენეტიკური თავისებურებების, მასშტაბებისა და გამოვლინების ფორმების მიხედვით, ბუნებრივ გარემოზე ტექნოგენური ზემოქმედების ორ სახეს განასხვავებენ: პირდაპირსა და ირიბს. სამეურნეო ობიექტების პირდაპირი ზემოქმედება ბუნებათსარგებლობის პროცესში ბუნებრივ გარემოზე უშუალო კონტაქტით ხორციელდება. იგი ამ ობიექტების ფუნქციონირების პარალელურად მიმდინარეობს, ხოლო ტერიტორიულ ჭრილში მისი გავრცელების ზონა, პრაქტიკულად, შესაბამისი სამეურნეო სისტემების მოქმედების ზონას ემთხვევა.

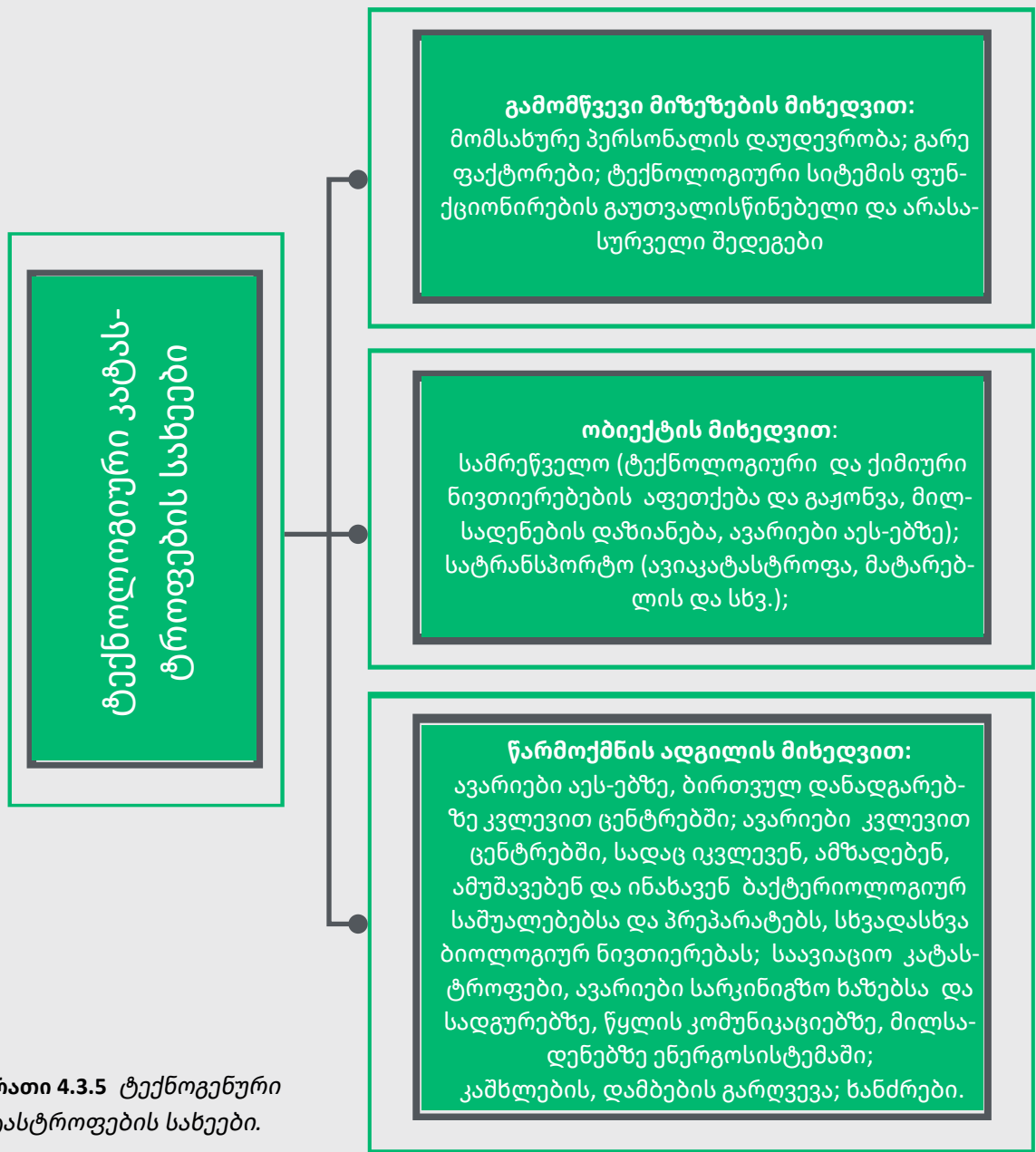
ბუნებრივ გარემოზე ირიბი ტექნოგენური ზემოქმედება პირდაპირი ზემოქმედებით გამოწვეული ჯაჭვური რეაქციის შედეგია. გეოსისტემაში მომხდარი

ნებისმიერი სახის ადგილობრივი, ლოკალური დარღვევები სხვადასხვა „არხით“ (მაგ. ჰაერის მასებით, მდინარეთა ჩამონადენით და სხვ.) მუზობელ ტერიტორიებზეც ვრცელდება. ასეთი გადაცემის საბოლოო შედეგს კი რეგიონული და ზოგჯერ პლანეტარული მნიშვნელობაც კი აქვს.

**დავალება:**

- (3). მოიყვანე ე.წ. ირიბი ტექნოგენური ზემოქმედების კონკრეტული მაგალითები, რომლებიც ბუნებრივ გარემოზე პირდაპირი ზემოქმედების შედეგად წარმოქმნილი „ჯაჭვური რეაქციის“ შედეგია.

ტექნოგენურ კატასტროფებს სხვადასხვა ნიშნის მიხედვით აჯგუფებენ, მაგ., წარმოქმნის პირობების, კატასტროფის ადგილმდებარეობის, შედეგების, მასშტაბებისა და სხვ.



**სურათი 4.3.5** ტექნოგენური კატასტროფების სახეები.

■ (4). გაიხსენე არალის ზღვა-ტბის და 1984 წელს ინდოეთის ქალაქ ბჰოპალიში მომხდარი ტექნოგენური კატასტროფები და ახსენი, რომელი სახის კატასტროფას მიაკუთვნებდი მათ მოცემული სქემის მიხედვით?

■ (5). გაეცანი ინფორმაციას და ახსენი, შეიძლება თუ არა აღწერილი შემთხვევა ტექნოგენურ კატასტროფად ჩაითვალოს; რომელი სახის კატასტროფას მიაკუთვნებდი და რატომ?



„2019 წლის 31 დეკემბერს ჩინეთის ხელისუფლებამ აქამდე უცნობი ვირუსის შესახებ პირველი განცხადება გააკეთა. სახელმწიფო ტელევიზია CCTV-ის მიერ გავრცელებულ ინფორმაციაში ნათქვამი იყო, რომ აღმოაჩინეს აქამდე უცნობი ვირუსი. ექსპერტების ჯგუფი სიტუაციაში გასარკვევად ადგილზე ჩავიდა. იმავე დღეს ქალაქ ვუჰანის მუნიციპალიტეტის ხელისუფლებამ ჯანდაცვის მსოფლიო ორგანიზაციას ახალი ვირუსის შესახებ შეატყობინა. 7 იანვარს ჩინელმა მეცნიერებმა დაადასტურეს, რომ ვუჰანში გავრცელებული უცნობი ვირუსი ახალი კორონავირუსია. 2021 წლის 9 სექტემბრის მონაცემებით, მსოფლიოში 219 მლნ ადამიანია ვირუსით ინფიცირებული, ხოლო 4,55 მლნ გარდაიცვალა.“

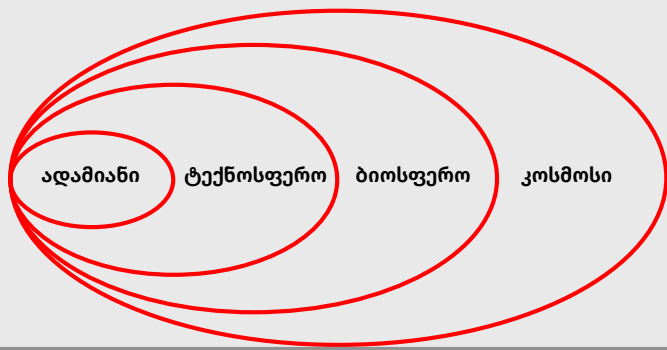
ტექნოლოგიების განვითარებასთან ერთად, ტექნოგენური კატასტროფების რიცხვი და გამოვლინების მასშტაბები იზრდება, ამასთან, კატასტროფები სულ უფრო დამანგრეველი ხდება, როგორც ადამიანური მსხვერპლის, ასევე გარემოსადმი მიყენებული ზიანის კუთხით.

პლანეტის მოსახლეობა მუდმივად იზრდება. ასევე, მაღალია სამრეწველო წარმოების ზრდის ტემპები. აღსანიშნავია, რომ მაღალტექნოლოგიურ დარგებთან ერთად, ჯერ კიდევ განსაკუთრებით სწრაფად ვითარდება ის დარგები, რომლებიც ყველაზე მეტ გავლენას ახდენენ ჩვენი პლანეტის ეკოლოგიურ მდგომარეობაზე. ესენია: ნავთობგადამუშავება და ნავთობქიმია, ენერგეტიკა, სატრანსპორტო მანქანათმშენებლობა, სამხედრო-სამრეწველო კომპლექსის დარგები და ატომური ინდუსტრია, რომლის განვითარების თანამდევი პრობლემა რადიაქტიური ნარჩენების დამარხვაა. მათ რიცხვს მიეკუთვნება, ასევე, ეკოლოგიურად ყველაზე „საიმედო“ დარგი – სოფლის მეურნეობაც კი, სადაც „მწვანე რევოლუციის“ მეთოდების ფართო გამოყენებამ მთელ რიგ განვითარებად ქვეყნებში მნიშვნელოვნად გაამწვავა ეკოლოგიური სიტუაცია, ამასთან, თვით ეკოლოგიურად ყველაზე „სუფთა“ რეგიონებშიც კი.

### დაიმახსოვრე!

ტექნოგენური კატასტროფები მნიშვნელოვან ნეგატიურ ზემოქმედებას ახდენს გარემოსა და ადამიანის ჯანმრთელობაზე. კატასტროფების შედეგად ირღვევა ბუნებრივი ეკოსისტემები. ბიოტას (რომელიმე ტერიტორიისათვის დამახასიათებელი ცოცხალ ორგანიზმთა ისტორიულად ჩამოყალიბებული ერთობლიობა) კომპონენტების განადგურებამ შესაძლოა, შეუქცევადი ხასიათი მიიღოს.

დედამიწაზე სულ უფრო მეტად იზრდება ტექნოსფეროს (დედამიწის ზედაპირის ახალი, ხელოვნური ფენა, რომელიც ადამიანის ექსკლუზიური მოქმედებით წარმოიშვა და მუდმივად იზრდება) ზეწოლა ბიოსფეროზე, სულ უფრო მეტად მცირდება ბუნებრივი ლანდშაფტები, სულ უფრო მეტად ფართოვდება სახეშეცვლილი და მთლიანად გარდაქმნილი ლანდშაფტების საზღვრები. ამ პროცესმა თითქმის მთელი დედამიწა მოიცვა და ისტორიაში არნახული ტემპებით ვითარდება.



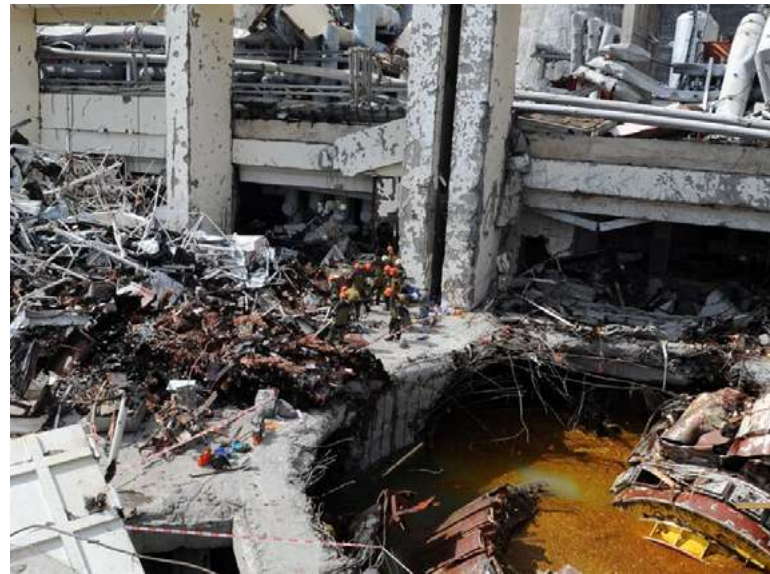
**სურათი 4.3.6** ადამიანისა და საცხოვრებელი გარემოს ურთიერთობის სქემა - ევოლუციური გადასვლა ტექნოსფეროზე.

მოსახლეობისა და მეურნეობის არაკონტროლირებადმა ზრდამ, უკვე დიდი ხანია, არა მარტო რეგიონული შედეგები გამოიღო, არამედ გლობალური ცვლილებებიც გამოიწვია. გეოგრაფიული გარსის განვითარების ისტორიაში დადგა ახალი ეტაპი, რომელიც უშუალოდაა დაკავშირებული ადამიანსა და მის სამეურნეო საქმიანობასთან. გეოგრაფიული გარსი, შეიძლება ითქვას, გადაიქცა ნოსოფეროდ ანუ ადამიანის გონების სფეროდ. ტექნოგენური პროცესების ძირითად შედეგებს მკვეთრად გამოხატული პლანეტარული მნიშვნელობა აქვს.

გლობალურ გარემოზე ძლიერ ზემოქმედებას ახდენს ენერგეტიკა, მით უმეტეს, თუ მისი განვითარების დინამიკურობას გავითვალისწინებთ. მიუხედავად იმისა, რომ მთელ რიგ ქვეყნებში იზრდება „მწვანე ენერგეტიკის“ როლი, ტრადიციული და ატომური ენერგეტიკა მაინც ინარჩუნებს წამყვან პოზიციებს და არც ტექნოგენური კატასტროფებისგანაა დაზღვეული.

2009 წლის 17 აგვისტოს რუსეთში, მდინარე ენისეიზე მდებარე საიანო-შუმენსკაიას ჰიდროელექტროსადგურზე რუსეთის თანამედროვე ისტორიაში ყველაზე მასშტაბური ტექნოგენური კატასტროფა მოხდა, რომელსაც 75 ადამიანი ემსხვერპლა. ჰიდროელექტროსადგურზე ერთ-ე-

რთი ჰიდროაგრეგატი მწყობრიდან გამოვიდა, რამაც სადგურისა და მიმდებარე ტერიტორიის დატბორვა გამოიწვია. კატასტროფის შედეგად, ენისეის წყლებში 40 ტონაზე მეტი ძრავის ზეთი ჩაიღვარა. ავარიის შედეგების აღმოსაფხვრელად 2 700-მდე ადამიანის მობილიზება გახდა საჭირო.



**სურათი 4.3.7** საიანო-შუმენსკაიას კატასტროფა მსოფლიო ჰიდროენერგეტიკის ისტორიაში ერთ-ერთი ყველაზე მასშტაბურია.

ევოლოგიური კუთხით, ატომური ენერგეტიკა ყველაზე „სუფთად“ ითვლება, თუმცა ჩერნობილის ატომურ ელექტროსადგურზე მომხდარი აფეთქების შემდეგ ატომური ენერგეტიკის მიმართ ბევრმა ქვეყანამ პოზიცია შეიცვალა.

ერთ-ერთ მნიშვნელოვანი ტექნოგენური კატასტროფაა ჩერნობილის (უკრაინა) ატომური ელექტროსადგურის აფეთქება 1986 წლის 26 აპრილს. ელექტროსადგურის ავარიის შედეგად, გარემოში რადიაქტიური ნივთიერებები გაიფრქვა და თითქმის 150 ათასი კმ<sup>2</sup> ფართობის ტერიტორია დაბინძურდა. ავარიიდან დღემდე დასხივებით დაახლოებით 300 ათასამდე ადამიანი გარდაიცვალა. ავარიის მომდევნო დღეებში რადიაქტიური ნივთიერებები ათასობით კილომეტრის რადიუსზე გავრცელდა და აღმოსავლეთი და დასავლეთი ევროპა თითქმის მთლიანად

მოიცვა; საქართველოში კი „რადიაქტიურმა დრუბლებმა“ ავარიიდან მეთაე დღეს მოაღწია. აფეთქების შემდეგ დაბინძურდა წყალი, ნიადაგი; სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები წლების განმავლობაში გამოუსადეგარი გახდა.

ჩერნობილის შემდეგ ყველაზე მასშტაბური ტექნოგენური კატასტროფა 2011 წლის 11 მარტს იაპონიაში მოხდა. ქვეყნის ჩრდილო-აღმოსავლეთში 9-ბალიანმა მიწისძვრამ და წარმოქმნილმა ცუნამმა „ფუკუშიმა 1“-ის ატომურ სადგურზე ავარია გამოიწვია. წყალმა სადგურის 6-დან 4 რეაქტორი დატბორა და გაგრილების სისტემა დააზიანა, რამაც „ფუკუშიმა 1“-ზე აფეთქებების სერია და რადიაქტიური ნივთიერებების გაჟონვა გამოიწვია. ტრაგედიის შედეგად გარდაიცვალა 600 ადამიანი, ახლომდებარე რეგიონებიდან კი 100 000-ზე მეტი სამოქალაქო პირის ევაკუაცია განხორციელდა. გაწმენდითი სამუშაოების დროს 300-მა ადამიანმა დასხივება მიიღო. ავარიის შედეგად იაპონია 74 მილიარდი აშშ დოლარით დაზარალდა. ექსპერტთა აზრით, კატასტროფის შედეგების აღმოსაფხვრელად, სულ მცირე, 40 წელიწადია საჭირო.



**სურათი 4.3.8** აფეთქება ფუკუშიმას ატომურ სადგურზე.

გარემოსა და ადამიანებისთვის მეტად საშიშია გარემოს ქიმიური დაბინძურება ქიმიური ნივთიერებებითა და მხამქიმიატებით, რომელთა ტოქსიკურობა (შხამიანობა), კარცეროგენულობა (კიბოს გამომწვევი უნარი) და ტერატოგენურობა (ახალშობილებში მახინჯი პათოლოგიების გამომწვევი უნარი) ჯერ კიდევ ბოლომდე არ არის გამოკვლეული.

2001 წლის 21 სექტემბერს საფრანგეთის ქალაქ ტულუზაში, ქიმიურ კომბინატ AZF-ზე 300 ტონა ამონიუმის ნიტრატი აფეთქდა. კატასტროფის შედეგად დაიღუპა 30, დაშავდა 3 000-ზე მეტი ადამიანი, ათასობით საცხოვრებელი სახლი და შენობა დაინგრა ან დაზიანდა, მათ შორის: 80



**სურათი 4.3.9** ტულუზაში მომხდარ ტრაგედიას 21-ე საუკუნის ერთ-ერთ ყველაზე მასშტაბურ ტექნოგენურ კატასტროფად მიიჩნევენ. პასუხისმგებლობა მომხდარ ავარიაზე AZF-ის კომბინატის ხელმძღვანელობას დაეკისრა, რომელმაც ფეთქებადი ნივთიერების უსაფრთხო შენახვა ვერ უზრუნველყო.

სკოლა, 2 უნივერსიტეტი და 185 საბავშვო ბაღი; 40 000 ადამიანი უსახლკაროდ დარჩა.ზარალის ოდენობამ 3 მილიარდი ევრო შეადგინა.

მაღალგანვითარებული ინდუსტრიული რეგიონებისთვის ჩვეულებრივი მოვლენაა სმოგი ანუ

ბოლნისლი. ამ დროს ჰაერში იმდენად მაღალია მტვრისა და ქიმიური ელემენტების კონცენტრაცია, რომ მზის რადიაცია 20-40%-ით მცირდება.

1952 წლის დეკემბერში ლონდონში რამდენიმე დღის განმავლობაში დაახლოებით 4000 ადამიანი დაიღუპა მურისა და გოგირდის ნაერთების მაღალი კონცენტრაციისგან, რომელიც დაბინძურებული ჰაერის მასისგან წარმოიშვა და უძრავი, სქელი ნისლის სახით გაჩნდა. ყველაზე მაღალი რისკის ჯგუფებს ბრონქული პრობლემების მქონე ხანში შესული მოსახლეობა და მცირეწლოვანი ბავშვები წარმოადგენდნენ. სმოგმა აპრილიდან ოქტომბრის ჩათვლით თითქმის მთლიანად დაფარა სამხრეთ-აღმოსავლეთი აზია.

ამჟამად სმოგი მწვავე პრობლემას აღარ წარმოადგენს, რადგან მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში ჰაერის დაბინძურებაზე მკაცრი კონტროლია დაწესებული. განვითარებული ქვეყნების ჰაერის სისუფთავის ხარისხი განუხრელად უმჯობესდება სამრეწველო და სატრანსპორტო სექტორში ძვირადღირებული ფილტრებისა და კატალიზატორების დანერგვის, ასევე, „მწვანე ტრანსპორტის“ განვითარების ხარჯზე.

ბევრი რეგიონისთვის, გარემოს დაბინძურების თვალსაზრისით, ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემა მჟავა ანუ მჟავური წვიმებია, რომლებიც პირდაპირი მნიშვნელობით ტექნოგენურ კატასტროფებს არ მიეკუთვნება, მაგრამ ატმოსფეროს ქიმიური დაბინძურების შედეგია. დასახელება „მჟავე წვიმები“ ისეთ მოვლენებს აერთიანებს, როგორებიცაა მჟავე ნისლი, მჟავე თოვლი და ა.შ., მაგრამ თითოეული მათგანი ატმოსფერულ ტენში მჟავათა არსებობასა და გარემოზე მათ დამაზიანებელ მოქმედებას გულისხმობს.

მჟავა წვიმის ორი უმთავრესი კომპონენტია გოგირდმჟავა და აზოტმჟავა. ზოგჯერ მჟავა წვიმები საკმაოდ შორს მოდის იმ ადგილებიდან, სადაც პირველადი დამაბინძურებელი ნაერთების წყაროებია. ამიტომ მჟავე წვიმების პრობლემა ამა თუ იმ ქვეყნის ფარგლებით არ შემოსისაზღვრება, რადგანაც ატმოსფერული დამაბინძურებლების გადაადგილებას ხშირად

დიდი მასშტაბები აქვს. მაგალითად, მჟავა წვიმების უმეტესობა, რომლებიც ნორვეგიაში, შვედეთსა და ნიდერლანდებში მოდის, ევროპის სხვა ქვეყნებში გამოყოფილი გოგირდისა და აზოტის ოქსიდებიდან წარმოიქმნება.

მჟავა წვიმები დიდ ზიანს აყენებს გარემოს, ცვლის ეკოლოგიურ ვითარებას, მჟავიანობის მომატება უარყოფითად მოქმედებს როგორც მცენარეულ, ისე ცხოველურ სამყაროზე.

### დავალება:

■ 6. მჟავურ წვიმებს ხშირად „შენელებული მოქმედების ნაღმს“ უწოდებენ. როგორ ფიქრობ, რატომ?

მსოფლიო ოკეანის დამაბინძურებელ ძირითად ნივთიერებებს წარმოადგენს ნავთობი და ნავთობპროდუქტები, პესტიციდები, სინთეტიურად აქტიური ნივთიერებები, მძიმე ლითონები (ვერცხლი, ტყვია, თუთია, კადმიუმი, სპილენძი და სხვა.). გარდა ამისა, მსოფლიო ოკეანეს აბინძურებენ ტექნოგენური წარმოშობის რადიაქტიური ნივთიერებები.

ნავთობის ძირითადი კომპონენტებია ნახშირბადები, რომელთა ხვედრითი შედგენილობა 98%-მდეა. ერთმანეთისაგან განასხვავებენ ნავთობის 4 კლასს, ესენია: პარაფინები, ციკლოპარაფინები, არომატული ნახშირბადები და ოლეფინები. ნავთობი შეიცავს, აგრეთვე, გოგირდს, ჟანგბადს, აზოტის შენაერთებს, კობალტს, ნიკელს და ა.შ. ნავთობი და ნავთობპროდუქტები ერთ-ერთი ყველაზე გავრცელებული დამაბინძურებელი ნივთიერებებია მსოფლიო ოკეანეში. ისინი წყალში სხვადასხვა გზით ხვდებიან, მაგრამ ნავთობის განსაკუთრებით დიდი რაოდენობა მსოფლიო ოკეანეში მისი ტრანსპორტირების დროს ხვდება. წყალში მოხვედრისას ნავთობი წარმოქმნის ზედაპირულ აპკს. ამ აპკის შეფერილობის მიხედვით შეგვიძლია განვსაზღვროთ მისი სისქე.

2010 წლის 20 აპრილს მექსიკის ყურეში, ლუი-

ზიანის შტატის სანაპიროებთან, კომპანია BP-ის კუთვნილი წყალქვეშა ჭაბურღილის პლატფორმა Deepwater Horizon-ზე აფეთქება მოხდა, რამაც მისი ჩაძირვა გამოიწვია. მეხანძრეებმა ცეცხლის ჩაქრობა მომხდარიდან 36 საათის შემდეგ შეძლეს. კატასტროფის შედეგად 11 ადამიანი დაი-

ღუპა, ოკეანეში კი 5 მლნ-მდე ბარელი (ნავთობის მოცულობის საზომი მსოფლიო ერთეული, 1 ბარელი (bbls) უდრის 158,98 ლიტრს) ნავთობი ჩაიღვარა. ავარიის შედეგების აღმოსაფხვრელად რამდენიმე თვე გახდა საჭირო. ოკეანის ეკოსისტემა მნიშვნელოვნად დაზიანდა.



**სურათი 4.4.9** მექსიკის ყურეში მომხდარი ავარია კაცობრიობის ისტორიაში ნავთობის ჩაღვრის ყველაზე მასშტაბური შემთხვევაა, ხოლო ჭაბურღილის პლატფორმაზე მომხდარი აფეთქება მეცნიერებმა აშშ-ს ისტორიაში ყველაზე დიდ ტექნოგენურ ავარიად შეაფასეს.

პესტიციდები ხელოვნურად შექმნილი ნივთიერებებია, რომლებიც მავნებლებისა და მცენარეთა დაავადებების წინააღმდეგ საბრძოლველად გამოიყენება. თანამედროვე პირობებში პესტიციდების დაახლოებით 1.5 მლნ ტონა ნივთიერებაა მოხვედრილი მიწისზედა და ოკეანურ ეკოსისტემებში. პესტიციდები დიდ ზიანს აყენებენ ორგანიზმებს და აქვეითებენ ბუნებრივი ბიოცენოზების ჯანმრთელობას.

სინთეტიკურად აქტიურ ნივთიერებებს შეიცავს სინთეტიური სარეცხი საშუალებები, რომლებიც ჯერ ზედაპირულ წყლებში და, საბოლოო ჯამ-

ში კი, ოკეანეებში ხვდება. სინთეტიური სარეცხი საშუალებანი ნატრიუმის პოლიფოსფატებს, სილიკატებსა და კიდევ სხვა, წყლის ორგანიზმებისათვის მომწამლავ ნივთიერებებს შეიცავს.

მძიმე ლითონებს ისეთი სახის ნივთიერებები მიეკუთვნება, რომლებიც ტოქსიკურ დამაბინძურებელ ნივთიერებებს წარმოადგენს. მძიმე ლითონები სხვადასხვა საწარმოში გამოიყენება და, მიუხედავად გამწმენდი საშუალებებისა, მათი გარკვეული ნაწილი ჩამონადენ წყლებს მაინც აბინძურებს. ამ შენაერთების დიდი ნაწილი მსოფლიო ოკეანეში ატმოსფეროდან ხვდება.

**დავალება:**

- (7). გაიხსენე, რომელი მძიმე ლითონებია განსაკუთრებით საშიში და რა გავლენას ახდენს ისინი ადამიანის ჯანმრთელობაზე?

ტექნოგენური წარმოშობის რადიოაქტიური ნივთიერებების, ძირითადად კი, ურანისა და პლუტონის დაშლის პროდუქტების მსოფლიო ოკეანეში დიდი რაოდენობით მოხვედრა 1945 წლის შემდეგ – ბირთვული იარაღის გამოცდისა და ატომური მრეწველობის განვითარების დასაწყისიდან დაიწყო. 1948-1962 წლებში მოხდა 450 ატომური ბომბის აფეთქება მათი გამოცდის მიზნით; შედეგად, ატმოსფეროში აეროზოლების სახით რადიოაქტიური მტვერი გავრცელდა. ატმოსფეროში არსებული რადიოაქტიური მტვერი, ჰაერის მასებთან ერთად, დიდ მანძილზე გადაიტანება და ილექება. მათი დიდი ნაწილი ჩ. გ. 450 და ს. გ. 450-ებს შორის ილექება.

მსოფლიო ოკეანეს არანაკლებ აბუნძურებენ წყალქვეშა ხომალდებზე დამონტაჟებული ატომური ენერგეტიკული დანადგარები, რასაც ავარიების მიზეზით გამოყოფილი რადიოაქტიურობა ემატება.

მრავალი სამეცნიერო ექსპედიციის ჩატარების შედეგად, დადგენილია მსოფლიო ოკეანის დაბინძურების თანამედროვე მდგომარეობა. დაბინძურება, მრავალი კომპონენტის თვალსაზრისით, გლობალური ხასიათისაა. ასევე, დადგენილია ძირითადი ცირკულაციური სისტემებისა და შედარებით მდგრადი ზონების როლი გამაჭუჭყიანებელი ნივთიერებების გადანაწილებასა და დაგროვებაში. ასე მაგალითად, გოლფსტრიმისა და ჩრდილოეთ ატლანტიკური დინების წყლები ინტენსიურად ბინძურდება ჩრდილოეთ ამერიკისა და ევროპის სანაპიროებთან, სამაგიეროდ, ნორვეგიისა და ბარენცის ზღვებში ისინი განიტვირთებიან. შეიძლება ითქვას, რომ არქტიკული რეგიონი, მასში შემავალი ზღვების ჩათვლით, მავნე ნივთიერებათა აკუმულატორს წარმოადგენს. ნავთობის ნახშირწყალბადებით

გაჭუჭყიანების რაიონები შეესაბამება შელფურ წყლებს. ნავთობის ნახშირწყალბადების მაქსიმალური კონცენტრაცია აღინიშნება წყლის ზედა ფენებში, ხოლო 500 მ-ის ქვემოთ ისინი, როგორც წესი, აღარ გვხვდება.

საქართველოში ღღისათვის ფუნქციონირებს ათასობით სხვადასხვა დანიშნულების მქონე მსხვილი, საშუალო და მცირე საწარმო. მოქმედ საწარმოებში შესაძლო ავარიებს მნიშვნელოვანი ზიანის მიყენება შეუძლია გარემოსა და მოსახლეობისათვის. გარდა ამისა, არსებობს მრავალი გაჩერებული საწარმო, რომლებიც, ხშირ შემთხვევაში, უსაფრთხოების ზომების დაცვის გარეშე, უკონტროლოდ არის მიტოვებული. ბევრი მათგანი საწარმოო პროცესებში იყენებდა ნავთობპროდუქტსა და სხვადასხვა სახის ქიმიურ ნივთიერებას, რომელთა გარკვეული მარაგი ნარჩენების სახით, შენახვის ნორმების დაცვის გარეშე დარჩა საწარმოს ტერიტორიაზე. შესაბამისად, სხვადასხვა ბუნებრივი თუ ანთროპოგენური ფაქტორის მოქმედების შედეგად იქმნება ამ საწარმოებიდან ავარიული დაბინძურების საშიშროება.

მოქმედი საწარმოებიდან განსაკუთრებით მაღალი რისკის მატარებელია ნავთობპროდუქტების, ქიმიური, პლასტმასის, მინერალური და საშენი მასალების, ასევე, მეტალურგიული პროდუქტებისა და ლითონის მზა ნაკეთობების წარმოება და სამთო მრეწველობა. კატასტროფის პროგნოზირება მისი ადგილმდებარეობის, დროისა და ძალის განსაზღვრას ნიშნავს. ბუნებრივ მოვლენებზე მუდმივი მონიტორინგის პირობებში მათი პროგნოზირება მეტ-ნაკლებად შესაძლებელია. ბუნებრივი კატასტროფებისგან განსხვავებით, ტექნოგენური კატასტროფების პროგნოზირება თითქმის წარმოუდგენელია, რადგან ისინი მოულოდნელად ხდება და არ არსებობს მათი წინასწარმეტყველების წინაპირობები და ხერხები.

კატასტროფების პროგნოზირება თანამედროვეობის რთული და მნიშვნელოვანი ამოცანაა, მასზე დამოკიდებულია კაცობრიობის უსაფრთხოება და განვითარება. თანამედროვე ტექნოლოგიური მოწყობილობებისა და სისტემების საშუალებით შესაძლებელია უსაფრთხოებისა

### დაიმახსოვრე!

ტექნოლოგიური კატასტროფების შედეგებია:

- ადამიანთა მსხვერპლი და ჯანმრთელობის დაზიანება;
- გარემოს დაზიანება;
- ობიექტების განადგურება და მატერიალური ზარალი;
- ადამიანების ცხოვრებისა და საქმიანობის პირობების დარღვევა;

და შრომისუნარიანობის მონიტორინგი. აგრეთვე, მნიშვნელოვანია კატასტროფების წინაპირობების დროული გამოვლენა, რათა მოხდეს კატასტროფების ლიკვიდაცია ან მათგან გამოწვეული ზარალის მინიმუმადე შემცირება. ასეთი წინაპირობებია, მაგ., ტექნიკური მიზეზების გამო მოწყობილობების ხარვეზი ან მწყობრიდან გამოსვლა, ასევე, მეტეოროლოგიური ან სეისმური პირობები.

### დავალება:

- (8). ტექნოგენური კატასტროფების კიდევ რომელი სახეები შეგიძლია გაიხსენო?
- (9). გსმენია თუ არა ტექნოგენური კატასტროფების გამოვლინებების შესახებ საქართველოში?
- (10). ამერიკელმა მეცნიერმა დენის მელოზმა შექმნა გლობალური განვითარების ფორმულა:  $I=PAT$ , სადაც  $I$  არის დატვირთვები გარემოზე,  $P$  – მოსახლეობა,  $A$  – კეთილდღეობა (იზომება 1 სულ მოსახლეზე) და  $T$  ტექნოლოგია (იზომება პროდუქციის ერთეულზე ამა თუ იმ ტექნოლოგიის მიერ მიყენებული ზარალით). შენი

აზრით, რომელი წევრია ამ ფორმულაში ყველაზე მნიშვნელოვანი და რატომ? ფორმულაში კიდევ რომელიმე წევრს ხომ არ დაამატებდი?

- (11). 1992 წელს გაერო-ს გარემოსდაცვით და განვითარების კონფერენციაზე სხვადასხვა კონფესიის (რელიგიური აღმსარებლობა) წარმომადგენლებმა წერილი მოამზადეს. წაიკითხე იგი და გამოთქვი შენი მოსაზრება:



„პლანეტა დედამიწა ისეთ საფრთხეში იმყოფება, რომელშიც იგი არასდროს ყოფილა. კაცობრიობამ მაღალფარდოვნად და თავდაჯერებულად უარყო შემოქმედის კანონები, რომლებიც ღვთიურ ბუნებრივ კანონზომიერებაშია ჩაღებულნი; დღეს თითოეული ადამიანის მოვალეობაა, გააკეთოს არჩევანი ბნელსა და სამართლიან, ნათელ ძალებს შორის; ამიტომ ჩვენ უნდა შევცვალოთ ჩვენივე ზრახვები, მიდგომები, ღირებულებები და გამოვიჩინოთ პატივისცემა ღვთიური ბუნების კანონების მამართ“.

### ეს საინტერესოა!

მოვლენა მქავერი წვიმა 1800 წელს ბრიტანეთში ანგუს სმიტმა აღწერა, თუმცა 1950 წლამდე მივიწყებული იყო. ეს პროცესი, ბუნებრივ წვიმასთან შედარებით, წვიმის წყლის მქავეიანობის მომატებას გულისხმობს.

გაზრდილი მქავეიანობა მკვეთრად ამცირებს თევზის პოპულაციას. თევზების სახეობათა მხოლოდ მცირე რიცხვს შეუძლია გადარჩეს და მქავე არეში რეპროდუქცია განახორციელოს.

## 4.4. დაცული ტერიტორიები

### გაიხსენა

1. რა არის ბიოსფერო, ბიომრავალფეროვნება, ეკოსისტემა, ლანდშაფტი?
2. რა არის დაცული ტერიტორია და მისი რომელი სახეები არსებობს?
3. რომელი დაცული ტერიტორია შეიქმნა პირველად მსოფლიოსა და საქართველოში?
4. რა არის „წითელი წიგნი“, „წითელი ნუსხა“, და რა განსხვავებაა მათ შორის?
5. რომელ გარემოსდაცვით საერთაშორისო ორგანიზაციებს იცნობ?

მცენარეთა, ცხოველთა და მიკროორგანიზმთა მრავალფეროვნება ბიოსფეროს ერთ-ერთი ყველაზე მნიშვნელოვანი თავისებურებაა. იგი ორგანული სამყაროს ევოლუციის შედეგია და ბიოსფეროს განვითარების მთელი ისტორიის განმავლობაში მუდმივ ცვლილებას განიცდის.

ბიომრავალფეროვნება ცოცხალი ორგანიზმების სახეობების რაოდენობასა და ცვალებადობას გულისხმობს. იგი სახეობების მრავალფეროვნებას, აგრეთვე, ეკოსისტემებისა და ლანდშაფტების მრავალფეროვნებას აერთიანებს. ბიომრავალფეროვნება სამ დონეზე განიხილება: ლოკალური, რაიონული და რეგიონული.

ამა თუ იმ ადგილის ბიომრავალფეროვნების დასადგენად, ჩვეულებრივ, ითვლიან ცოცხალი ორგანიზმების სახეობათა რაოდენობას, რაც ხშირად არ ასახავს რეალობას. სახეობათა რაოდენობა უშუალო კავშირშია როგორც გეოგრაფიულ ფაქტორებთან, ისე ქვეყნის სიდიდესთან. რაც უფრო დიდია ქვეყანა, მით მეტი ლანდშაფტია წარმოდგენილი მის ტერიტორიაზე, ანუ მით უფრო გამორჩეულია ბიომრავალფეროვნებით.

ქვეყნების ბიომრავალფეროვნების დასადგენად სპეციალურ მაჩვენებელს იყენებენ, რომელსაც აქტუალური ბიომრავალფეროვნების ინდექსი (ABI) უწოდებენ. მისი საშუალებით ხდება ცალკეული ქვეყნების ბიომრავალფეროვნების ერთმანეთთან შედარება. აქტუალური ბიომრავალფეროვნების ინდექსის გამოთვლისას უმაღლესი მცენარეების, ძუძუმწოვრების, ფრინველების, ქვეწარმავლებისა და ამფიბიების, ასევე მტკნარი წყლის თევზების რაოდენობა იყოფა ქვეყნის ფართობზე და მაჩვენებელს ემატება ამ ქვეყანაში არსებულ ენდემურ სახეობათა რიცხვი. მსოფლიოს აქტუალური ბიომრავალფეროვნების საშუალო ინდექსი უდრის 2700-ს, ხოლო მსოფლიოში ბიომრავალფეროვნებით გამორჩეულია შემდეგი ქვეყნები: კოლუმბია – 11558; ბრაზილია – 9626; ეკვადორი – 8600; ინდონეზია – 8580; კოსტა-რიკა – 7791;

დედამიწაზე ბიომრავალფეროვნების მიხედვით განსაკუთრებული მნიშვნელობის 200-მდე რეგიონია, სადაც მსოფლიოს მცენარეთა და ცხოველთა სამყაროს უდიდესი ნაწილია თავმოყრილი.

ლანდშაფტური მრავალფეროვნება ფართობის ერთეულზე ლანდშაფტური ერთეულების რაოდენობით გამოითვლება. მსოფლიოში ლანდშაფტური მრავალფეროვნებით ჩრდილოეთ და სამხრეთ ამერიკის კონტინენტები გამოირჩევა. შედარებით დაბალია იგი აფრიკის კონტინენტზე, რაც რელიეფის ერთგვაროვნებით აიხსნება. დასავლეთ და ცენტრალურ ევროპას ლანდშაფტური მრავალფეროვნებით შუალედური მდგომარეობა უჭირავს, ავსტრალიის კონტინენტზე კი ამ თვალსაზრისით მხოლოდ აღმოსავლეთი მთიანი ნაწილი გამოირჩევა. ყველაზე დაბალი ლანდშაფტური მრავალფეროვნება ანტარქტიდის კონტინენტზეა.

საქართველო ლანდშაფტური მრავალფეროვნებით ფართობის ერთეულზე არა მხოლოდ ევროპაში, არამედ მთელ მსოფლიოში გამოირჩევა.

დედამიწის ხმელეთის ყოველ 10 ათას კმ<sup>2</sup>-ზე, საშუალოდ, ლანდშაფტის 2 ტიპი მოდის, მაშინ როცა საქართველოში (69,7 ათას კმ-ზე) 22 ტიპია წარმოდგენილი. ჩვენს ქვეყანაში ლანდშაფტური მრავალფეროვნებით დასავლეთ საქართველოს რეგიონები აღმოსავლეთისას ჩამორჩება, რაც დასავლეთ საქართველოში არიდული (მშრალი) და სემიარიდული (ნახევრადმშრალი) ლანდშაფტების არარსებობით არის განპირობებული.

**დავალება:**

- (1). როგორ ფიქრობ, რატომ გამოირჩევა ჩრდილოეთი და სამხრეთი ამერიკა ლანდშაფტური მრავალფეროვნებით და რატომ არის ღარიბი აფრიკა და ანტარქტიდა?
- (2). იმსჯელე, რამ განაპირობა საქართველოში ლანდშაფტური მრავალფეროვნება?

ბიომრავალფეროვნების ერთ-ერთი მთავარი მაჩვენებელი ენდემური სახეობების წილია მცენარეთა და ცხოველთა სახეობების საერთო რაოდენობაში. ამ მაჩვენებლით პირველ ადგილზეა ავსტრალია (90%). საქართველო ენდემიზმით (8%) 56-ე ადგილზეა.

ბიომრავალფეროვნების მაჩვენებელი ნათლად ასახავს ბუნებრივი გარემოს მდგომარეობას. მისი დაქვეითება ბუნებრივი ლანდშაფტების დეგრადაციასა და მათი თვითაღდგენის უნარის დაკარგვას იწვევს. ბიომრავალფეროვნების დაქვეითება ბუნებრივი და ანთროპოგენური ფაქტორებითაა გამოწვეული. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ანთროპოგენური ფაქტორი, რომელიც გარემოზე ზემოქმედების მასშტაბებით ბევრად აჭარბებს ბუნებრივს.

ამჟამად დედამიწაზე ყოველწლიურად 27000 სახეობა გადაშენდება. ბუნების განადგურების ასეთი ტემპი ბოლოს 65 მილიონი წლის წინ, მეხუთე მასობრივი გადაშენების დროს იყო,

რასაც დინოზავრების გაქრობა მოჰყვა. ჩვენს პლანეტაზე მიმდინარე პროცესს „მეექვსე მასობრივ გადაშენებას“ უწოდებენ, რისი მიზეზიც ადამიანის ცხოვრების წესია. ტყეების გაჩეხვა, სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნარჩენები, წყლის, ჰაერისა და ნიადაგის დაბინძურება, წიაღისეულის მოპოვება, ტბებისა და ჭაობების ამოშრობა, მდინარეების კაშხლებით ჩახერგვა ფლორისა და ფაუნის სახეობებს ანადგურებს და მათ საარსებო ადგილს აღარ უტოვებს.

ბუნების დაცვის საერთაშორისო კავშირის (IUCN) თანახმად, გადაშენების საფრთხე ემუქრება 35 500 სახეობას – მეცნიერებისათვის ცნობილი სახეობების 28%-ს. ექსპერტთა გამოთვლებით, გადაშენების საშიშროების წინაშე მდგარ სახეობათა რიცხვი XXI ს-ის ბოლოსთვის მილიონს მიაღწევს.

ეკოლოგებმა ბოლო დროს დაადგინეს პლანეტის ცხელი წერტილები, ანუ რეგიონები, რომლებიც გადაშენებულ ან გადაშენების საშიშროების წინაშე მდგარ სახეობათა სიმრავლით გამოირჩევა (იხ. სურათი 4.4.1, გვერდი 138).

**დავალება:**

- (3). ანთროპოგენური ცვლილებების ამსახველ თავისებურ ლაკმუსის ქალაქად მცენარეულობა მიიჩნევა. როგორ ფიქრობ, რატომ მცენარეულობა და არა რელიეფი, ჰიდროგრაფიული ქსელი ან გარემოს სხვა კომპონენტი?
- (4). რომელი გეოგრაფიული ფაქტორები განსაზღვრავს ტერიტორიის ლანდშაფტურ მრავალფეროვნებას?
- (5). გაეცანი მსოფლიოს ეკორეგიონების რუკას, შეარჩიე ერთი რომელიმე კრიტიკული ეკორეგიონი, მოიძიე ინფორმაცია, თუ რატომ მოხვდა იგი კრიტიკული ეკორეგიონების რიცხვში და მოამზადე პრეზენტაცია.



- |                                  |   |  |
|----------------------------------|---|--|
| 1. აფრიკის რიფტული ტბები;        | 13. მარჯნის სამკუთხედი;                 | დაბლობი;   |
| 2. ალტაი-საიანები;               | 14. აღმოსავლეთის ჰემიჰილია;             | 26. მდინარე ორინოკო და ჭალის ტყეები;               |
| 3. ამაზონი და გუანიანისი;        | 15. ფინბოში;                            | 27. სამხრეთ-აღმოსავლეთის მდინარეები და ჩანჩქერები; |
| 4. ამური;                        | 16. გალაპაგოსის კუნძულები;              | 28. სამხრეთი ჩილე;                                 |
| 5. არქტიკა;                      | 17. შავი ზღვის აუზი;                    | 29. სამხრეთის ოკეანე;                              |
| 6. ატლანტისპირა ტყეები;          | 18. ბაიკალის ტბა;                       | 30. სამხრეთ-დასავლეთი ავსტრალია;                   |
| 7. ბორნეო;                       | 19. მადაგასკარი;                        | 31. სუმატრა;                                       |
| 8. პანტანალი;                    | 20. ხმელთაშუაზღვისპირეთი;               | 33. დასავლეთი აფრიკა;                              |
| 9. ჩიუაუას უდაბნო;               | 21. მეკონგის კომპლექსი;                 | 34. დასავლეთი გატები;                              |
| 10. ჩოკო დარიენი;                | 22. მიომბოს ვუდლანდი;                   | 35. იანძის აუზი.                                   |
| 11. აღმოსავლეთ აფრიკის სანაპირო; | 23. ნამიბი-კარო;                        |  |
| 12. კონგოს აუზი;                 | 24. ახალი გვინეა და ოფშორული კუნძულები; |  |
|                                  | 25. ჩრდილოეთის დიდი                     |  |

**სურათი 4.4.1 მსოფლიოს ეკორეგიონები.**

კაცობრიობის ისტორიის მანძილზე, ანთროპოგენური ზემოქმედების შედეგად, საგრძნობლად შემცირდა როგორც ბიომრავალფეროვნება, ასევე ლანდშაფტური მრავალფეროვნება. ბიოდა ლანდშაფტური მრავალფეროვნების შენარჩუნებისთვის განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება დაცული ტერიტორიების გაფართოებას, ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ გამოყენე-

ბასა და მოსახლეობის ეკოლოგიური ცნობიერების ამაღლებას. აუცილებელია შეიქმნას ფლორისტულ-ფაუნისტური კადასტრები, რომლებშიც თავმოყრილი და აღრიცხული იქნება მონაცემები რეგიონისა და მთელი პლანეტის მასშტაბით.

დაცული ტერიტორია არის არეალი მკაფიოდ დადგენილი საზღვრებით, სადაც კანონმდებლობა იცავს სახეობებს, ბუნებრივ რესურსებსა

და კულტურულ ფენომენებს და არეგულირებს მათთან დაკავშირებულ საქმიანობას. სახეობათა გადარჩენის ყველაზე ეფექტურ საშუალებად დაცული ტერიტორიები მიიჩნევა. მათ ბუნების დაცვის (ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის) ქვაკუთხედსაც უწოდებენ, ვინაიდან ინარჩუნებენ ხელუხლებელ ბუნებას, იცავენ სახეობებს, ხელს უწყობენ სახეცვლილი გარემოს აღდგენას და ეკოლოგიური პროცესების რეგულირებას.

დაცული ტერიტორიების სისტემის შექმნის მიზანია ბუნებრივი ლანდშაფტების, ცოცხალი ბუნების მრავალფეროვნებისა და მისი გენოფონდის შენარჩუნება, რომლის მთავარი ფუნქციაა განახლებადი ბუნებრივი რესურსების მოვლა და განახლება, საზიანო ბუნებრივი მოვლენების თავიდან აცილება და სხვ. საკმაოდ მრავალგვარია დაცული ტერიტორიების დანიშნულება: სამეურნეო, კულტურულ-საგანმანათლებლო, ტურისტულ-რეკრეაციული, ესთეტიკური და სხვა.

განუსაზღვრელია დაცული ტერიტორიების როლი ადამიანის კეთილდღეობისათვის: ისინი საარსებო წყაროა 1,1 მილიარდი ადამიანი-

სათვის, ვინაიდან სასმელი წყლით ამარაგებენ დიდი ქალაქების მესამედს და მთავარ ფაქტორს წარმოადგენენ სასურსათო უსაფრთხოების უზრუნველყოფაში. კარგი მენეჯმენტის (მართვის) პირობებში, დაცულ ტერიტორიებს, რომელთა მმართველობა თანასწორუფლებიან, სამართლიან მონაწილეობას ეფუძნება, უდიდესი სარგებელი მოაქვთ ეროვნული ეკონომიკისთვის და ხელს უწყობენ სიღარიბის აღმოფხვრას; მათი როლი მნიშვნელოვანია ასევე საგანმანათლებლო, სამეცნიერო და რეკრეაციული თვალსაზრისით, საუკეთესო საშუალებაა ტურიზმის განვითარებისთვის.

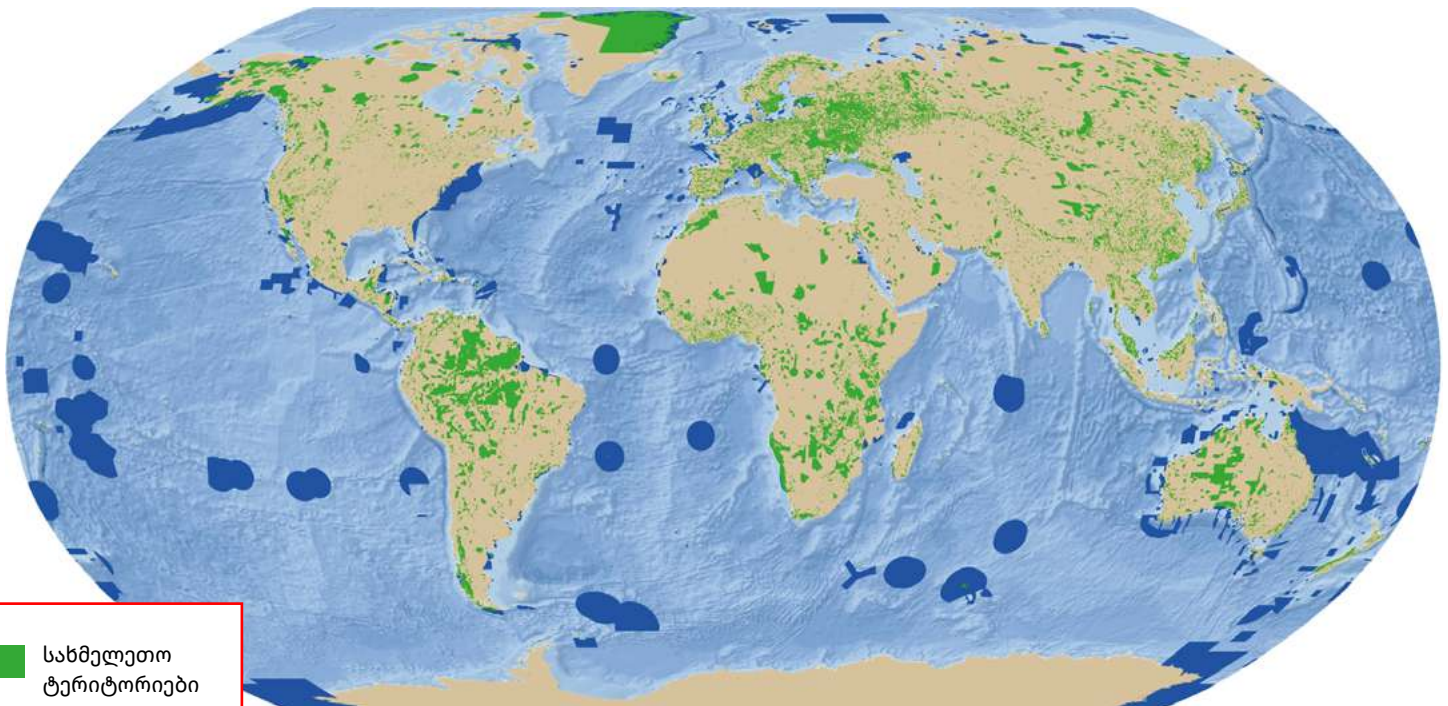
დაცული ტერიტორიის არსებობა ავტომატურად არ ნიშნავს, რომ ბუნების დაცვა გარანტირებულია. დასაცავი ტერიტორიის მდგომარეობა და მისი ლანდშაფტის ხასიათი განსაზღვრავს დაცვის რეჟიმს, მის ფუნქციონირებას და, შესაბამისად, იქმნება დაცული ტერიტორიის სხვადასხვა ორგანიზაციული ფორმა: ნაკრძალი, აღკვეთილი, ეროვნული პარკი, ბიოფერული რეზერვატი და სხვა.

დაცული ტერიტორიის ტიპი	დანიშნულება
ნაკრძალი IUCN I	მკაცრი დაცვა, სამეცნიერო კვლევები, გარემოსდაცვითი მონიტორინგი.
ეროვნული პარკი IUCN II	ბიომრავალფეროვნების კონსერვაცია, ეკოგანათლება, რეკრეაცია, ტურიზმი, ტრადიციული წესით გარკვეული ბუნებრივი რესურსებით სარგებლობა.
ბუნების ძეგლი IUCN III	ბუნებრივი წარმონაქმნებისა და მათი ბიომრავალფეროვნების დაცვა, ტურიზმი.
აღკვეთილი IUCN IV	სახეობების/ჰაბიტატების შენარჩუნება და აღდგენა აქტიური მართვის მეშვეობით.
დაცული ლანდშაფტი IUCN V	ბუნებრივი ლანდშაფტების, ადამიანისა და ბუნების ურთიერთქმედების შედეგად ჩამოყალიბებული ბუნებრივ-კულტურული გარემოს დაცვა.
მრავალმხრივი გამოყენების ტერიტორია IUCN VI	ბიომრავალფეროვნების დაცვა და ბუნებრივი რესურსების მდგრადი გამოყენება ადგილობრივი მოსახლეობის მიერ.

**ცხრილი:** დაცული ტერიტორიების კატეგორიები ბუნების დაცვის მსოფლიო კავშირის (IUCN) შესაბამისად.

XXI ს-ის დასაწყისში დაცულ ტერიტორიებს ხმელეთის დაახლოებით 11,7% და მსოფლიო ოკეანის აკვატორიის 1% ეკავათ. 2014 წლისთვის მათი ფართობები, შესაბამისად, 14% და 3,4%-ით გაიზარდა, ხოლო 2020 წლის მონაცემებით,

მსოფლიოში 250 ათასზე მეტი სახმელეთო და 14 688 საზღვაო დაცული ტერიტორია არსებობდა. სახმელეთო დაცულ ტერიტორიებს თითქმის 19,3 მლნ კვ. კმ ანუ ხმელეთის 13% უკავიათ.



- სახმელეთო ტერიტორიები
- საზღვაო და სანაპირო ტერიტორიები

**სურათი 4.4.2** სახმელეთო და საზღვაო დაცული ტერიტორიები.

ბოლო პერიოდში დაცული ტერიტორიების რიცხვი სწრაფად გაიზარდა, რაშიც მნიშვნელოვანი წვლილი ბუნებისდაცვითი პროფილის მქონე ეროვნული თუ საერთაშორისო ორგანიზაციების ჩამოყალიბებას მიუძღვის.

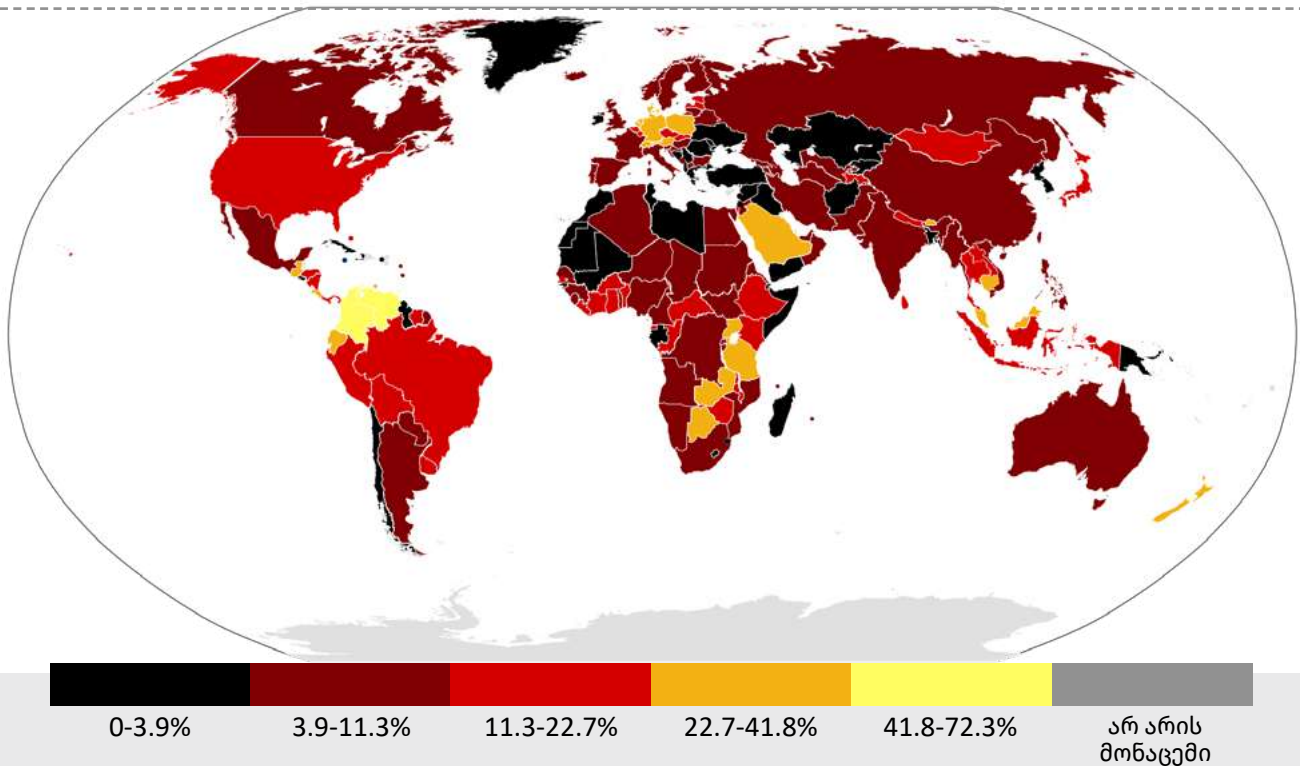
დაცულ ტერიტორიებს შორის განსაკუთრებული ბიომრავალფეროვნებით გამოირჩევა: გრენლანდიის ეროვნული პარკი (7 მლნ ჰა), ცენტრალური კალაჰარის რეზერვატი აფრიკაში (5,3 მლნ ჰა), გობის დიდი ნაკრძალი მონღოლეთში (5 მლნ ჰა), ვუდ-ბაფალოს ეროვნული პარკი კანადაში (4,5 მლნ ჰა), სერენგეტის ეროვნული პარკი ტანზანიაში (1,5 მლნ ჰა), გრეით ვიქტორია დუზერტის ეროვნული პარკი ავსტრალიაში (2,1 მლნ ჰა) და სხვა

(იხ. სურათი 4.4.3, გვერდი 141).

ეროვნულ პარკებში დაცვის სხვადასხვა ობიექტია, მაგ., სერენგეტის ეროვნულ პარკში დაცულია აფრიკის სავანის ლანდშაფტი; ინდოეთის კორბეტის ეროვნულ პარკში დაცვის მთავარი ობიექტია ინდური ვეფხვი; სტეპის ლანდშაფტების დაცვას ემსახურება ასკანია-ნოვას ნაკრძალი (სამხრეთი უკრაინა); აფრიკის ცენტრში, რუანდის ტერიტორიაზე, აღსანიშნავია ეროვნული პარკი ვირუნგა, სადაც დაცვის მთავარი ობიექტია მაიმუნი გორილა. (იხ. სურათი 4.4.4, გვერდი 141)



**სურათი 4.4.3** სამხრეთ კორეის ყველაზე დიდ კუნძულ ჩეჟუდოზე, ქვეყნის უმაღლესი მწვერვალი, ჩამქრალი ვულკანი ჰალასანი, რომლის მიდამოები ეროვნულ პარკადაა გამოცხადებული. პარკის უნიკალურ ბუნებას იუნესკო იცავს - ის მსოფლიო მემკვიდრეობის ნუსხაშია, ხოლო 2011 წელს მსოფლიოს ახალ 7 საოცრებას შორის მოხვდა.



**სურათი 4.4.4** დაცული ტერიტორიების სვედრიითი წილი (%) მსოფლიოს ქვეყნებში მათ ფართობთან მიმართებაში (2019 წლის მონაცემები).

წყარო: [https://en.wikipedia.org/wiki/Protected\\_area](https://en.wikipedia.org/wiki/Protected_area)

დავალება:

- (6). მსოფლიოს პოლიტიკური და მოცემული რუკის მიხედვით დაადგინე თითოეული კონტინენტის 2 ქვეყანა, რომლებიც დაცული ტერიტორიებით გამოირჩევა. მოიძიე ინფორმაცია ამ ქვეყნებში მდებარე რომელიმე დაცული ტერიტორიის შესახებ და პროგრამა <https://mapmakerclassic.nationalgeographic.org/>-ის დახმარებით მოამზადე ინტერაქტიული რუკა: მსოფლიოს საბაზისო რუკაზე აღნიშნე ეს დაცული ტერიტორიები, დაურთე მოკლე აღწერილობა და ფოტო ან ვიდეომასალა.

საქართველოს კანონმდებლობით, დღეისათვის (2021 წლის მარტის მდგომარეობით) არსებობს

97 დაცული ტერიტორია. მათ შორისაა 14 სახელმწიფო ნაკრძალი, 13 ეროვნული პარკი, 23 აღკვეთილი, 40 ბუნების ძეგლი, 3 დაცული ლანდშაფტი, 4 მრავალმხრივი გამოყენების ტერიტორია. ამათგან 4 სახელმწიფო ნაკრძალი რუსეთის მიერ ოკუპირებულ ტერიტორიებზე (3 აფხაზეთში და 1 ცხინვალის რეგიონში) მდებარეობს. ჩვენს ქვეყანაში დაცული ტერიტორიების საერთო ფართობი შეადგენს 801349 ჰექტარს, რაც ქვეყნის ტერიტორიის დაახლოებით 11,5%-ია.

საქართველოს 4 დაცულ ტერიტორიას – კოლხეთისა და მტირალას ეროვნული პარკების, კინტრისისა და ქობულეთის დაცულ ტერიტორიებს იუნესკო-ს მსოფლიო ბუნებრივი მემკვიდრეობის სტატუსი მიენიჭა. მსოფლიო მასშტაბით, ეს სტატუსი მხოლოდ 213 ტერიტორიას აქვს მინიჭებული, მათ შორის: ამაზონის ტყეს, გრანდ კანიონის (დიდი კანიონის) ეროვნულ პარკს, იელოუსტონის ეროვნულ პარკს, მთა ეტნას, შვეიცარიის ალპებს.



**სურათი 4.4.5** შავი ზღვის სანაპიროზე, პალიასტომის ტბის მიდამოებში მდებარე ნაკრძალის ტერიტორიაზე შემონახულია კოლხეთისათვის დამახასიათებელი, ჭაობისა და დაბლობის ტყეების ლანდშაფტი. მხოლოდ ამ ადგილზეა გავრცელებული მცენარეთა ისეთი იშვიათი სახეობები, როგორებიცაა: მურყანი, წიფელი, რცხილა, კოლხური სურო, წყავი, შქერი და რელიქტური ბალახოვანი მცენარეები.

**თუ გინდა, მეტი შეიტყო საქართველოს ეროვნული პარკების შესახებ, ესტუმრე ინტერნეტგვერდს**

<https://nationalparks.ge/ka/main>

**თუ გინდა, გაეცნო საქართველოს დაცული ტერიტორიების რუკებს, ესტუმრე ინტერნეტგვერდს**

<http://www.eiec.gov.ge/%E1%83%97%E1%83%94%E1%83%9B%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/%E1%83%93%E1%83%90%E1%83%AA%E1%83%A3%E1%83%9A%E1%83%98-%E1%83%A2%E1%83%94%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%A2%E1%83%9D%E1%83%A0%E1%83%98%E1%83%94%E1%83%91%E1%83%98/Data/Maps.aspx>

დაცული ტერიტორიების დაარსება ნიშნავს არა მის ამოღებას სამეურნეო სფეროდან, არამედ ამ ტერიტორიაზე არსებული ბუნებრივი რესურსების ტრადიციული, უტილიტური (გამოყენებითი, პრაქტიკული) გამოყენების შეზღუდვას, ბუნებათსარგებლობის ფორმების არსებით ცვლილებას. ეს უბნები ახალ, განსაკუთრებულ სამეურნეო ციკლში ერთვებიან, რომელიც, სოციალურ-ეკონომიკური თვალსაზრისით, გაცილებით უფრო რენტაბელურია (სამეურნეო თვალსაზრისით მიზანშეწონილი, სარგებლიანი, შემოსავლიანი), ვიდრე ტრადიციული მეურნეობა, რადგან მდგრად ეკონომიკურ განვითარებას უზრუნველყოფს. კაპიტალდაბანდებას დონე ასეთ უბნებში საკმაოდ მცირეა, ხოლო მიღებული შედეგი – ძალზე მნიშვნელოვანი.

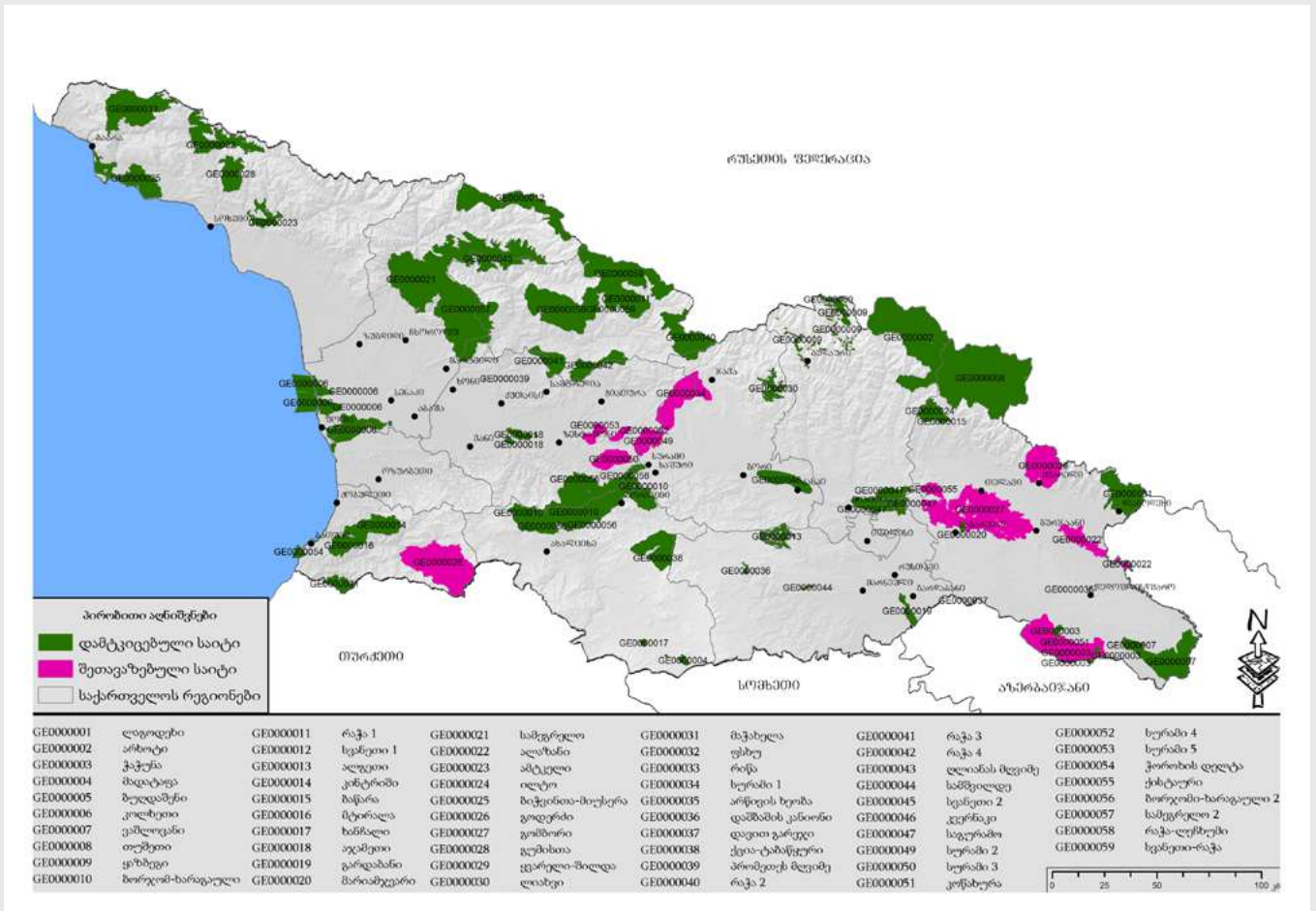
ეროვნულ პარკებში, ნაკრძალებისგან განსხვავებით, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება ტერიტორიის ტურისტულ-რეკრეაციული პოტენციალის გამოყენებას. მრავალი ქვეყნის ეკონომიკის ერთ-ერთი უმთავრესი მიმართულება სწორედ ეკოტურიზმი – ბუნების წიაღში დასვენების ორგანიზებაა. ეს დარგი განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია განვითარებადი ქვეყნებისათვის, სადაც შემოსავალი საერთაშორისო ტურიზმიდან ეროვნული ბიუჯეტის მნიშვნელოვან ნაწილს

შეადგენს; ამიტომ მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში, ამა თუ იმ რაიონის ეკონომიკური პოტენციალის შეფასებისას, დიდი მნიშვნელობა ენიჭება მიმზიდველობის მაჩვენებელს, ანუ ველური ლანდშაფტებისა და ისტორიული ღირსშესანიშნაობების არსებობას, მაგ., სამხრეთ აფრიკის რესპუბლიკაში არსებულ 17 ეროვნულ პარკს ქვეყნისათვის ყოველწლიურად მილიონობით შემოსავალი მოაქვს. იაპონელმა სპეციალისტებმა, შეისწავლეს რა ზოგიერთი ტყის მასივი, დაასკვნეს, რომ მათი რეკრეაციული მიზნებით გამოყენება 6-ჯერ უფრო მოგებიანი იქნება, ვიდრე მოჭრა და მასალად გაყიდვა.

დაცული ტერიტორიების ეკონომიკური ეფექტიანობის შესახებ სხვა მონაცემებიც არსებობს, რომლებიც ტყეების წყალგამწმენდ, ნიადაგდამცავ და კლიმატის მარეგულირებელ როლს ასახავენ, მაგ., ამერიკელ მკვლევართა აზრით, 1 ჰა ფართოფოთლოვანი ტყის მიერ შესრულებული ჰაერის გამწმენდი „სამუშაო“ წელიწადში 25 800 დოლარად არის შეფასებული, ხოლო მისი წყალგამწმენდი ფუნქცია – 1000 დოლარად.

დაცულ ტერიტორიებს მრავალი სიკეთისა თუ სარგებლის მოტანა შეუძლიათ. მართალია, ეს დადებითი ასპექტები სხვადასხვა „წონისაა“, დროში არათანხვედრილია და მოსახლეობის სხვადასხვა ფენას ეხება, მაგრამ აღსანიშნავია, რომ მათი მოქმედება ჯამურია და თითოეულ სარგებელს თავისი წვლილი შეაქვს რეგიონისა თუ ქვეყნის მდგრად განვითარებაში. ამრიგად, დაცულ ტერიტორიებს უდიდესი ეკონომიკური, სოციალური და ეკოლოგიური მნიშვნელობა აქვთ, რადგან ისინი ეფექტიანად უზრუნველყოფენ ქვეყნის ბუნების შენარჩუნებას და, ამავე დროს, ხელს უწყობენ მის სოციალურ-ეკონომიკურ განვითარებას.

„ზურმუხტის ქსელი“ პანევროპული ეკოლოგიური ქსელია, რომელიც ევროპის ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნებას ემსახურება. მისი ჩამოყალიბება ევროპის ველური ბუნებისა და ბუნებრივი ჰაბიტატების დაცვის კონვენციის (ბერნი, 1979), ანუ „ბერნის კონვენციის“ აუცილებელი მოთხოვნა და მისი დანერგვის ერთ-ერთი მთავარი მექანიზმია. 2009 წელს ამ კონვენციას საქართველოც შეუერთდა (იხ. სურათი 4.4.6, გვერდი 144).



სურათი 4.4.6 საქართველოს ზურმუხტის ქსელი.

თუ გინდა, მეტი შეიტყო „ზურმუხტის ქსელის“ შესახებ, ესტუმრე ინტერნეტგვერდს

<http://www.nacres.org/wm.php?page=news&id=8>

„ზურმუხტის ქსელს“, კლასიკური დაცული ტერიტორიებისგან განსხვავებით, ადამიანის საქმიანობაში სტანდარტული შეზღუდვები არ შემოაქვს. ზურმუხტის ტერიტორიებზე ადამიანის საქმიანობის შეზღუდვები შეიძლება განსხვავებული იყოს სხვადასხვა ადგილას, რადგან აქ ნებადართულია, პრაქტიკულად, ყველა საქმიანობა, რომელიც ზიანს არ აყენებს ბერნის კონვენციით დაცულ კონკრეტულ სახეობას ან ჰაბიტატს, რომელიც აქ გვხვდება და რომელთა დასაცავადაც შეიქმნა მოცემული ტერიტორია.

დავალება:

- (7). ჩამოთვალე და დაასახუთე დაცული ტერიტორიების ძირითადი მიზნები და ფუნქციები.
- (8). გაიხსენე, რა პრინციპებს ეფუძნება ეკოტურიზმი და იმსჯელე, რა კავშირია ეკოტურიზმსა და დაცულ ტერიტორიებს შორის?
- (9). გაეცანი ტექსტს და გამოთქვი შენი მოსაზრება, რატომ „ვაგებთ ომს“?

„დღეს ყველაფერი კეთდება, რომ შევძლოთ ჩვენი პლანეტის შენარჩუნება, მაგრამ ეს მაინც

არასაკმარისია. ჩვენ ბევრ ბრძოლას ვიგებთ, მაგრამ ვაგებთ ომს“.

გარემოსდაცვითი ორგანიზაცია „გრინფისის“ აღმასრულებელი დირექტორი კუმი ნაიდუ.

■ (10). შენ რომელ ტერიტორიას ან ადგილს მიაჩნებდი დაცული ტერიტორიის სტატუსს მსოფლიოსა და საქართველოში? პასუხი დაასაბუთე.

■ (11). წარმოიდგინე, რომ ნაკრძალის, ეროვნული პარკის დაარსებას აპირებ. მოამზადე პროექტი ამ საკითხთან დაკავშირებით. ამისათვის უპასუხე კითხვებს:

ა) რატომ ქმნით ნაკრძალს/ეროვნულ პარკს და რის დაცვას აპირებთ იქ?

ბ) რა წესებს შემოიღებდით ნაკრძალში/ეროვნულ პარკში, რომ იქ მცენარეები და ცხოველები დაიცვათ?

გ) როგორ უზრუნველყოფდით, რომ ადამიანებს დადგენილი წესები დაეცვათ?

დ) როგორ გაიგებდით, რომ თქვენი ნაკრძალი/ეროვნული პარკი დასახულ მიზნებს ემსახურება, რომ ნაკრძალში/ეროვნულ პარკში მცენარეები და ცხოველები დაცულია და სტუმრები სათანადოდ ექცევიან ბუნებასა და ცხოველებს?

ე) რა პრობლემები შეიძლება წარმოიქმნას თქვენს ნაკრძალში/ეროვნულ პარკში და როგორ აპირებთ მათთან გამკლავებას?

მოამზადე მასალები და ააწყვე შენი წარმოსახვითი ნაკრძალის/ეროვნული პარკის მაკეტი.

**★ ეს საინტერესოა!**

ტერმინი „ბიომრავალფეროვნება“ პირველად ინგლისელმა ბუნებისმეტყველმა და მოგზაურმა ჰენრი უოლტერ ბეიტსმა გამოიყენა (1892 წ) თავის ცნობილ ნაწარმოებში „ნატურალისტი ამაზონზე“, რომელშიც ერთსაათი-

ანი ექსკურსიის განმავლობაში შეხვედრილი პეპლების 700 სახეობაა აღწერილი.

1992 წელს გაერო-მ გარემოს დაცვისა და განვითარების კონფერენციაზე მიიღო კონვენცია ბიომრავალფეროვნების შესახებ. საქართველო ამ კონვენციას 1994 წელს შეუერთდა. გაერო-ს დადგენილებით, 2010 წელი ბიომრავალფეროვნების საერთაშორისო წლად გამოცხადდა, ხოლო 2011-2020 წლები ბიომრავალფეროვნების დეკადად.

ამაზონის ჯუნგლებში არის ადგილები, სადაც რამდენიმე კვ.კმ-ზე 1000-ზე მეტი სახეობის უმაღლესი მცენარეა. ამაზონის ტყეები მაღალი ბიომრავალფეროვნებით გამოირჩევა, მაშინ როცა იმავე ტყეების 1000 კვ.კმ-ზე გადაჭიმულ ტერიტორიებზე ერთი და იგივე ლანდშაფტია გავრცელებული.

აქტუალური ბიომრავალფეროვნების ინდექსის (2728) მიხედვით, საქართველო მსოფლიოში – 36-ე, ხოლო ევროპაში პირველ ადგილზეა. საქართველო ასევე პირველ ადგილზეა იმ ქვეყნებს შორის, რომლებიც ჩვენს განედებზე, ან უფრო ჩრდილოეთით მდებარეობს.

ძველ ხელნაწერებში დაცულია ცნობები ძველი ბაბილონის, ინდოეთის, საბერძნეთის „საკულტო ნაკრძალების“ შესახებ. ჰეროდოტეს მიხედვით, ძველ ეგვიპტეში არსებობდა წყალსატევები წმინდა ცხოველებისათვის და მათი ხელყოფა მკაცრად ისჯებოდა.

XVI-XVIII სს-ში ევროპაში დაცული ტყის 300-მდე უბანი არსებობდა.

მსოფლიოში ეროვნული პარკებიდან ფართობით ყველაზე დიდია ვუდ-ბაფალო კანადაში (4480 ათასი ჰა), რეზერვატებიდან – ცენტრალური კალაჰარის რეზერვატი ბოსტვანაში (5280 ათასი ჰა), ნაკრძალებს შორის – უსტ-ლენის (14 მლნ ჰა) ნაკრძალი რუსეთში.

ეკონომისტების შეფასებით, ამერიკაში ეროვნული პარკის ორგანიზებისთვის დახარჯულ ყოველ 1 დოლარს 10-15 დოლარი მოგება მოაქვს.

**თუ გინდა, მეტი შეიტყო, ესტუმრა ინტერნეტგვერდებს:**

**გეოგრაფიული გარემო**

<https://www.nationalgeographic.org/education/what-is-geography/>

**სტიქიური მოვლენები და ბუნებრივი კატასტროფები:**

<http://drm.cenn.org/index.php/ka/>

<http://drm.cenn.org/index.php/ka/2012-03-28-07-09-00/2012-06-08-06-42-47>

<https://www.emdat.be/index.php>

<https://ourworldindata.org/natural-disasters>

**ბუნებრივი კატასტროფები:**

**ა. გეოლოგიურ-ტექტონიკური კატასტროფები:** (მიწისძვრა; ვულკანები; ცუნამი; მეწყერი; ზვავი);

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/tsunamis>

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/volcanoes>

**ბ. მეტეოროლოგიურ-კლიმატური კატასტროფები:** (ქარები - შტორმი, ტორნადო, ტროპიკული ციკლონები; გვალვა; სეტყვა;)

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/tornadoes>

<https://www.nationalgeographic.com/environment/topic/natural-disasters-weather>

**ბ. ჰიდროლოგიური კატასტროფები:** (წყალდიდობა, წყალმოვარდნა; ღვრაცოფი;)

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/floods>

<https://www.nationalgeographic.com/environment/topic/natural-disasters-weather>

**ანთროპოგენური კატასტროფები:** (ავარიები და აფეთქებები თბო, ჰიდრო და ატომურ ელექტროსადგურებზე; ნავთობის ჩადვრა ზღვებსა და ოკეანეებში; ქიმიური ნივთიერებების გაჟონვა.)

<https://www.nationalgeographic.org/education/what-is-geography/>

**დაცული ტერიტორიები**

<https://nationalparks.ge/ka/main>

<http://www.eiec.gov.ge>

<https://www.protectedplanet.net/en>

# მეცნიერება და ტექნოლოგიები



## თემა IV

### საცხოვრებელი გარემო და ეკოლოგია

ჯანსაღი გარემო ადამინის ჯანმრთელობის აუცილებელი პირობაა. გარემოს მავნე ზემოქმედების პრევენცია და შემცირება 21-ე საუკუნის პრიორიტეტია. ეკონომიკის განვითარებასთან ერთად იზრდება ეკოლოგიური საფრთხეების ალბათობა. ამის თავიდან ასაცილებლად კი საჭიროა ეკოლოგიური აზროვნების ჩამოყალიბება, რაც იმას გულისხმობს, რომ თითოეული ადამიანი უნდა ზრუნავდეს ჯანსაღ გარემოზე, მცენარეულ საფარსა თუ ცხოველთა სამყაროზე.

წარმოების განვითარებამ, ინდუსტრიული პროცესების სწრაფმა ზრდამ, სოფლის მეურნეობის ქიმიზაციამ გამოიწვია ჩვენი საარსებო გარემოს ფიზიკურ-ქიმიური მახასიათებლების ცვლილება. ნიადაგში, ატმოსფეროში, ჩამდინარე წყლებში ხვდება დიდი რაოდენობით წარმოების ნარჩენები, მხამქიმიკატები, რადიაქტიური ნივთიერებები, რაც დიდ ზიანს აყენებს ბუნებას.

დაბინძურებული ჰაერიდან, ნიადაგიდან, წყლიდან კი ბევრი მავნე ნივთიერება ხვდება ადამიანის ორგანიზმში და იწვევს სხვადასხვა დაავადებას. მაგ., პესტიციდები, საყოფაცხოვრებო ნაგვის წვის პროდუქტები.

რომელი ბუნებრივი თუ ანთროპოგენური ფაქტორები განაპირობებს ეკოლოგიური პრობლემების წარმოშობას?

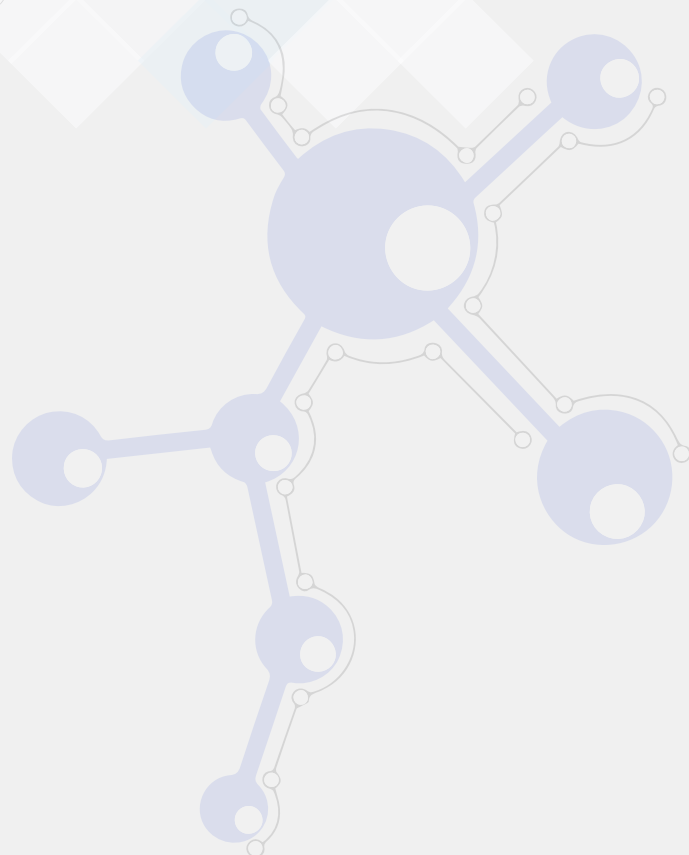
# ქიმია IV თემა

## ძირითადი საკითხები

4.1. ნავთობი და ნავთობპროდუქტები

4.2. ეკოლოგია

4.3. მწვანე ქიმია

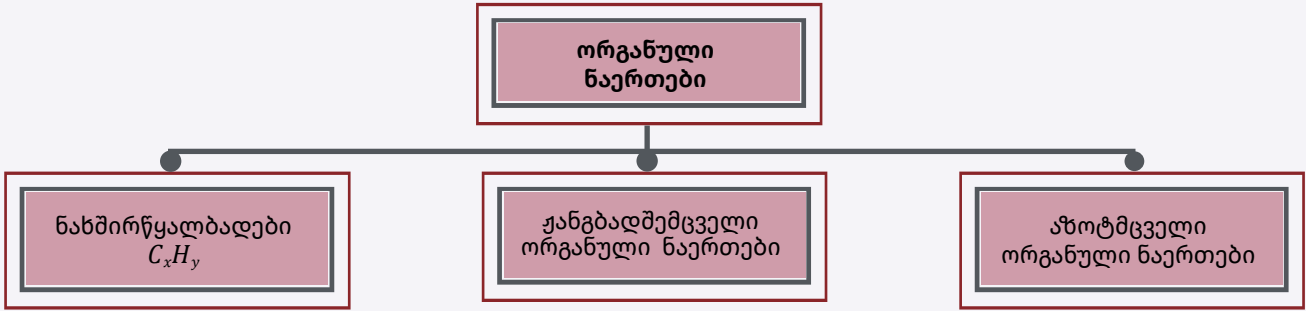


## 4.1. ნავთობი და ნავთობპროდუქტები

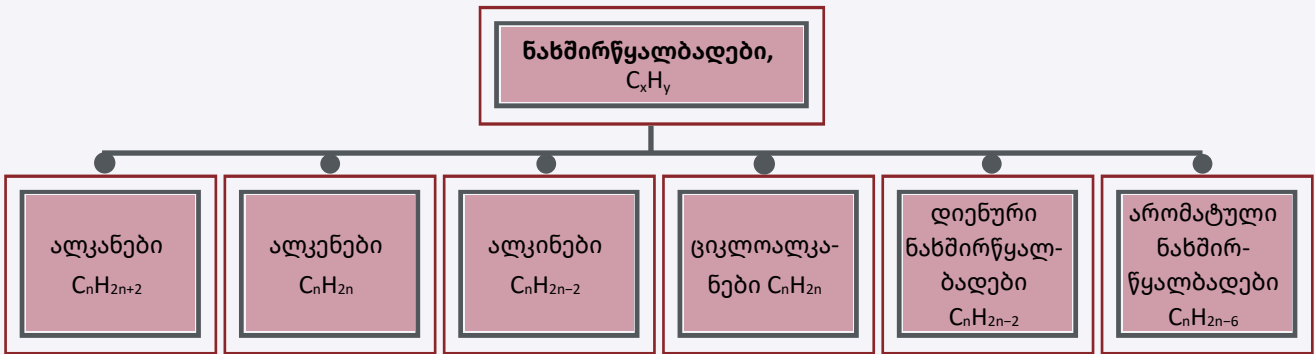


ჩვენი ცხოვრება წარმოუდგენელია ტრანსპორტის გარეშე, რომლის დიდ ნაწილს სჭირდება საწვავი. საწვავის ხარისხზე დიდად არის დამოკიდებული სატრანსპორტო საშუალების მწყობრში ყოფნა. საწვავი სხვა არაფერია, თუ არა ნახშირწყალბადების ნარევი. ნახშირწყალბადები ბინა-

რული ორგანული ნაერთებია, რომელთა შედგენილობაში შედის ნახშირბადი და წყალბადი. ორგანულ ნაერთებში პირობითად შეიძლება გამოვყოთ სამი მიმართულება – ნახშირწყალბადები, ჟანგბადშემცველი ორგანული ნაერთები და აზოტშემცველი ორგანული ნაერთები.



ჩვენი განხილვის საგანია ნახშირწყალბადები. სქემაზე მოცემულია ნახშირწყალბადების კლასიფიკაცია:



### ნახშირწყალბადების ჰომოლოგიური რიგი, ნომენკლატურა

ალკანები,  $C_nH_{2n+2}$  ჰომოლოგიური რიგი

N	ქიმიური ფ-ლა	დასახელება	რადიკალი	დასახელება
1	$CH_4$	მეთანი	$-CH_3$	მეთილის რადიკალი
2	$C_2H_6$	ეთანი	$-C_2H_5$	ეთილის რადიკალი
3	$C_3H_8$	პროპანი	$-C_3H_7$	პროპილის რადიკალი
4	$C_4H_{10}$	ბუტანი		
5	$C_5H_{12}$	პენტანი		
6	$C_6H_{14}$	ჰექსანი		
7	$C_7H_{16}$	ჰეპტანი		
8	$C_8H_{18}$	ოქტანი		
9	$C_9H_{20}$	ნონანი		
10	$C_{10}H_{22}$	დეკანი		

**ჰომოლოგები** მსგავსი აღნაგობის და განსხვავებული შედგენილობის ნივთიერებებია. ისინი ერთმანეთისგან განსხვავდებიან ერთი ან რამდენიმე  $-CH_2-$  ჯგუფით, რომელსაც მეთილენური

ჯგუფი ან **ჰომოლოგიური სხვაობა** ეწოდება.

**ჰომოლოგიური რიგი** – ეს არის ჰომოლოგებისგან შემდგარი რიგი.

**ალკანები,  $C_nH_{2n}$ , ოლეფინების ჰომოლოგიური რიგი**

N	ქიმიური ფ-ლა	დასახელება
1	$C_2H_4$	ეთენი, ეთილენი
2	$C_3H_6$	პროპენი, პროპილენი
3	$C_4H_8$	ბუტენი
4	$C_5H_{10}$	პენტენი
5	$C_6H_{12}$	ჰექსენი
6	$C_7H_{14}$	ჰეპტენი

**ალკინების  $C_nH_{2n-2}$  ჰომოლოგიური რიგი**

N	ქიმიური ფ-ლა	დასახელება
1	$C_2H_2$	ეთინი, აცეტილენი
2	$C_3H_4$	პროპინი
3	$C_4H_6$	ბუტინი
4	$C_5H_8$	პენტინი
5	$C_6H_{10}$	ჰექსინი
6	$C_7H_{12}$	ჰეპტინი

**განმტოებული ალკანების დასახელების წესი:**

1. მოვძებნოთ ყველაზე გრძელი ნახშირბადოვანი ჯაჭვი;
2. დავნომროთ ეს ჯაჭვი იმ ბოლოდან, რომელთანაც უფრო ახლოს არის ჩამნაცვლებელი;
3. დავასახელოთ ჩამნაცვლებლები;
4. დავნომროთ ჩამნაცვლებლები;
5. დავასახელოთ ეს ჩამნაცვლებლები ანბანური თანმიმდევრობით. პრეფიქსები: დი-, ტრი-, მეორეულ -, ნ- მხედველობაში არ მიიღება ანბანური თანმიმდევრობით დასახელებისას, ხოლო ციკლო-, იზო-, ნეო- უნდა გავითვალისწინოთ დასახელებაში (მაგ., უპირატესობა ენიჭება იზოპროპილს პროპილთან შედარებით).

### აქტივობა 1

- ცხრილში მოცემული ნიმუშის მიხედვით დაწერეთ პენტანის ყველა იზომერის სტრუქტურული ფორმულა და დაასახელეთ.

N	სტრუქტურული ფორმულა	დასახელება
1	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	ნ.ჰექსანი (ნორმალური ანუ არაგანშტოებული ჰექსანი)
2	$\begin{array}{ccccccc} \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\ & & & & & &   & & \\ & & & & & & \text{CH}_3 & & \end{array}$	2-მეთილპენტანი
3	$\begin{array}{ccccccc} \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 \\ & & & &   & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$	3-მეთილპენტანი
4	$\begin{array}{ccccccc} & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & & & \\ & &   & &   & & & & \\ \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH} & - & \text{CH} & - & \text{CH}_3 \\ & &   & &   & & & & \\ & & \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$	2,3-დიმეთილბუტანი
5	$\begin{array}{ccccccc} & & & & \text{CH}_3 & & & & \\ & & & &   & & & & \\ \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH}_2 & - & \text{C} & - & \text{CH}_3 \\ & & & &   & & & & \\ & & & & \text{CH}_3 & & & & \end{array}$	2,2-დიმეთილბუტანი

**იზომერები** – ნივთიერებები, რომელთაც ერთნაირი შედგენილობა და განსხვავებული აღნაგობა აქვთ.

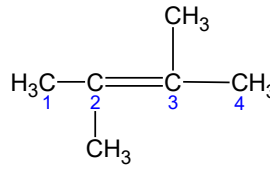
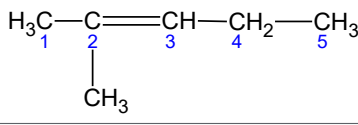
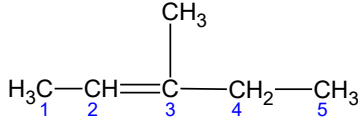
### აქტივობა 2

განშტოებული ალკენების დასახელებისას უნდა გავითვალისწინოთ შემდეგი: ძირითად ჯაჭვში უნდა შედიოდეს ორმაგი ბმა. დანომვრა იწყება იმ ბოლოდან, რომელთანაც უფრო ახლოს არის ორმაგი ბმა, ვუთითებთ ბმის მდებარეობას – თუ პირველსა და მეორე ნახშირბადატომებს შორის არის, ვუთითებთ 1-ს.

- ცხრილში მოცემული ნიმუშის მიხედვით დაწერეთ პენტენის ყველა იზომერის სტრუქტურული ფორმულა და დაასახელეთ.

N	სტრუქტურული ფორმულა	დასახელება
1	$\begin{array}{ccccccc} \text{H}_2\text{C} & = & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 \\ & &   & &   & &   & &   & & \\ & & 1 & & 2 & & 3 & & 4 & & 5 & & 6 \end{array}$	ჰექსენ-1
2	$\begin{array}{ccccccc} \text{H}_3\text{C} & - & \text{CH} & = & \text{CH} & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_2 & - & \text{CH}_3 \\ & &   & &   & &   & &   & & \\ & & 1 & & 2 & & 3 & & 4 & & 5 & & 6 \end{array}$	ჰექსენ-2

N	სტრუქტურული ფორმულა	დასახელება
3	$\begin{array}{cccccc} \text{H}_3\text{C} & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & =\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 \end{array}$	ჰექსენ-3
4	$\begin{array}{cccccc} \text{H}_2\text{C} & =\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ & & &   & \\ & & & \text{CH}_3 & \end{array}$ <p>და არა</p> $\begin{array}{cccccc} \text{H}_2\text{C} & =\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH} & -\text{CH}_3 \\ 5 & 4 & 3 & 2 & 1 \\ & & &   & \\ & & & \text{CH}_3 & \end{array}$	4-მეთილპენტენ-1
5	$\begin{array}{cccccc} & & \text{CH}_3 & & & \\ & &   & & & \\ \text{H}_2\text{C} & =\text{CH} & -\text{CH} & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array}$	3-მეთილპენტენ-1
6	$\begin{array}{cccccc} \text{H}_2\text{C} & =\text{C} & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ &   & & & \\ & \text{CH}_3 & & & \end{array}$	2-მეთილპენტენ-1
7	$\begin{array}{cccccc} & & \text{CH}_3 & & & \\ & &   & & & \\ \text{H}_2\text{C} & =\text{CH} & -\text{C} & -\text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ & &   & \\ & & \text{CH}_3 & \end{array}$	3,3-დიმეთილბუტენ-1
8	$\begin{array}{cccccc} & & \text{CH}_3 & & & \\ & &   & & & \\ \text{H}_2\text{C} & =\text{C} & -\text{CH} & -\text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \\ &   & & \\ & \text{CH}_3 & & \end{array}$	2,3-დიმეთილბუტენ-1
9	$\begin{array}{cccccc} \text{H}_3\text{C} & -\text{CH} & =\text{CH} & -\text{CH} & -\text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ & & &   & \\ & & & \text{CH}_3 & \end{array}$	4-მეთილპენტენ-2
10	$\begin{array}{cccccc} & & \text{CH}_3 & & & \\ & &   & & & \\ \text{H}_3\text{C} & -\text{CH} & =\text{C} & -\text{CH}_2 & -\text{CH}_3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \end{array}$	3-მეთილპენტენ-2

N	სტრუქტურული ფორმულა	დასახელება
11		2,3-დიმეთილბუტენ-2
12		2-მეთილპენტენ-2
13		3-მეთილპენტენ-2

როგორია სწორად დანომრილი ჯაჭვი?



ალკინების შემთხვევაში ყველაფერი ანალოგიურად იქნება, მხოლოდ დაბოლოება ენ-ი შეიცვლება დაბოლოება ინ-ით.

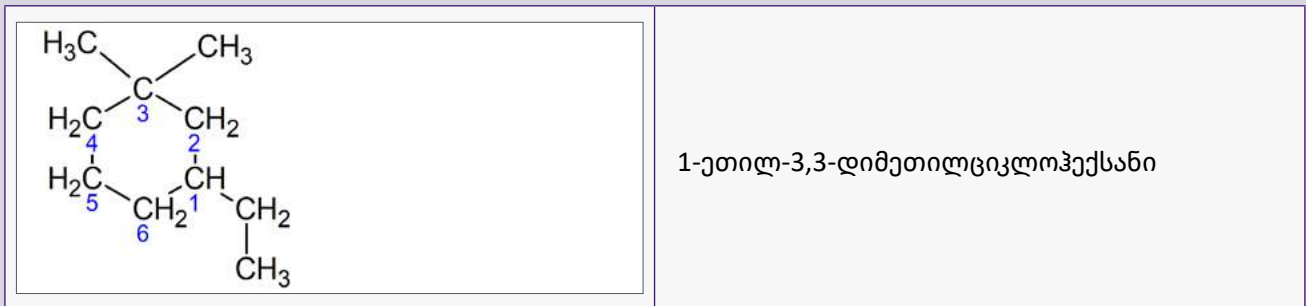
**აქტივობა 3**

დაწერეთ ჰექსინის ყველა შესაძლო იზომერის სტრუქტურული ფორმულა და დაასახელო.

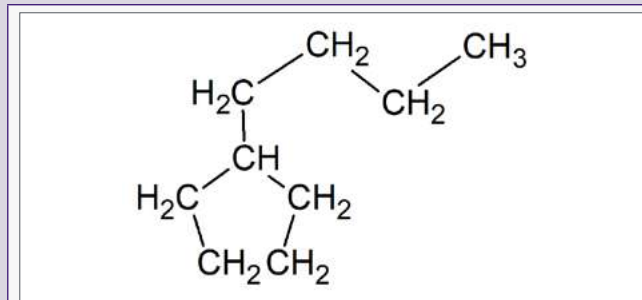
**ციკლოალკანები**

1. თუ ერთი ჩამნაცვლებელია, დანომვრა არ არის საჭირო (მაგ., მეთილციკლოჰექსანი, ეთილციკლოპენტანი და ა.შ.); ორი ჩამნაცვლებლის შემთხვევაში, ჩამნაცვლებლები უნდა დავნომროთ ანბანური თანმიმდევრობით, ამასთან,

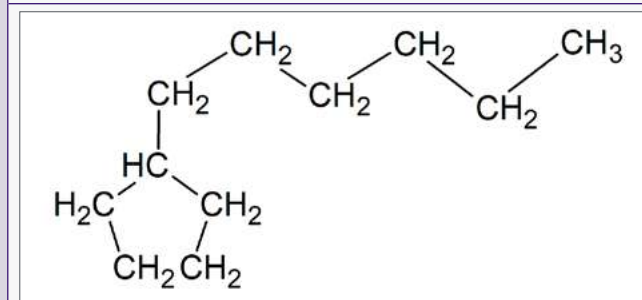
პირველი უნდა იყოს ანბანით პირველი, ხოლო მეორე ჩამნაცვლებელს უნდა ჰქონდეს უმცირესი რიცხვი, იქნება ეს საათის ისრის მიმართულებით თუ მის საწინააღმდეგოდ. მაგ.:



თუ ჯაჭვში არის ციკლიც და ღიაჯაჭვიანი ნაწილიც, უპირატესობა მიენიჭება ციკლს, ანუ ის იქნება სუფიქსი. ძველი წესით, რომელშიც იქნებოდა ნახშირბადის მეტი ატომი, ის ჩაითვლებოდა სუფიქსად.



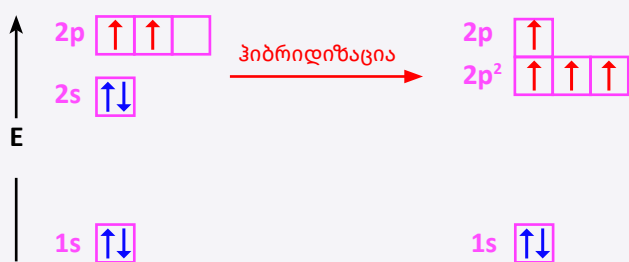
ბუტილციკლოპენტანი



ჰექსილციკლოპენტანი  
და არა  
ციკლოპენტილჰექსანი

### ჰიბრიდიზაცია

რატომ არის ნახშირბადის ატომი ოთხვალენტიანი, თუ გარე შრეზე მას მხოლოდ ორი გაუწყვილებელი ელექტრონი აქვს?



ჩვეულებრივ მდგომარეობაში ნახშირბადის ატომის აღნაგობა გამოისახება  $1s^2 2s^2 2p^2$  ფორმულით და მას გარე შრეზე აქვს 2 – გაწყვილებული, 2 გაუწყვილებელი ელექტრონი და ერთი თავისუფალი p ორბიტალი. როდესაც ნახშირბადის ატომი ამყარებს ბმას სხვა ატომთან, 2s ქვედონეზე მდებარე გაწყვილებული ელექტრონებიდან ერთი გადადის თავისუფალ p ორბიტალზე და მეორე ენერგეტიკულ დონეზე ვლებულობთ ერთ

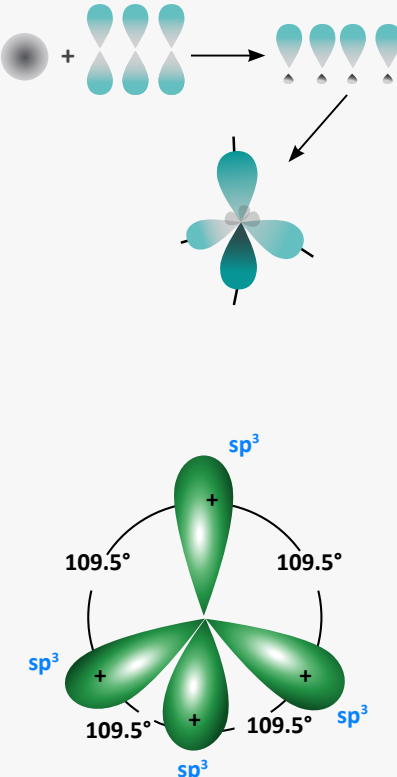
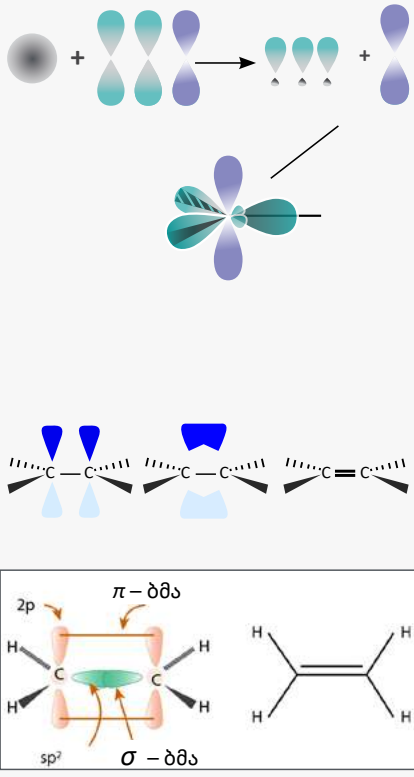
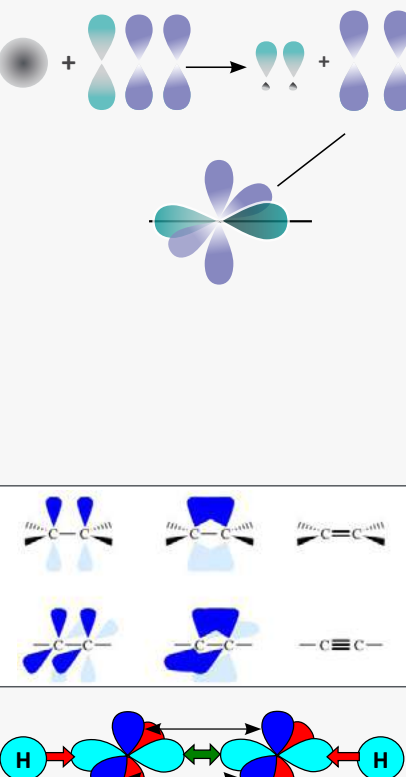
ს სფეროსებურ და 3p რვიანის ფორმის ელექტრონულ ღრუბელს.

**ალკანების** შემთხვევაში ოთხივე ელექტრონული ღრუბელი ერევა ერთმანეთს და გვაძლევს სრულიად იდენტურ 4 ჰიბრიდულ ღრუბელს –  $sp^3$  ჰიბრიდიზაცია, **ალკენებში** – ერთმანეთს შეერევა ერთი s და 2 p ელექტრონული ღრუბელი –  $sp^2$  ჰიბრიდიზაცია, ხოლო ალკინებში – ერთი s და ერთი p –  $sp$  ჰიბრიდიზაცია.

ჰიბრიდიზაციის მოვლენის შეჯამება იხილეთ ცხრილში.  $\alpha$  – კუთხე ჰიბრიდულ ორბიტალებს შორის.

#### ჰიბრიდიზაციის შესახებ დამატებით ინფორმაციას გაეცანით ბმულებზე:

- <https://www.khanacademy.org/science/chemistry/chemical-bonds/hybridization-and-hybrid-orbitals-chemistry/e/bond-hybridization-quiz>
- [https://www.youtube.com/watch?v=8VBs\\_xf7yLs](https://www.youtube.com/watch?v=8VBs_xf7yLs)
- [https://www.youtube.com/watch?v=J9oNPj\\_GAws](https://www.youtube.com/watch?v=J9oNPj_GAws)
- <https://www.youtube.com/watch?v=g1fGXDRxS6k>
- <https://www.youtube.com/watch?v=vHXViZTxLXo>

ალკანები	ალკენები	ალკინები
<p><b>sp<sup>3</sup></b>  აღნაგობა – ტეტრაედრული  C – C ბმის სიგრძე 0,154 ნმ, α = 109.5°  C – C ბმაში მხოლოდ ერთი σ ბმა  ჰიბრიდიზაციაში მონაწილეობს 1s და 3p ორბიტალები – sp<sup>3</sup> ჰიბრიდიზაცია</p> 	<p><b>sp<sup>2</sup></b> C = C ბმის სიგრძე 0,134 ნმ, α = 120°  აღნაგობა – ბრტყელი სამკუთხა  ჰიბრიდიზაციაში მონაწილეობს 1s და 2p ორბიტალები – sp<sup>2</sup> ჰიბრიდიზაცია  C = C ბმაში ერთი σ და ერთი π ბმა</p> 	<p><b>sp</b> C ≡ C ბმის სიგრძე 0,120 ნმ α = 180°  აღნაგობა – ხაზოვანი  ჰიბრიდიზაციაში მონაწილეობს 1s და 1p ორბიტალები – sp ჰიბრიდიზაცია  C ≡ C ბმაში ერთი σ და ორი π ბმა</p> 

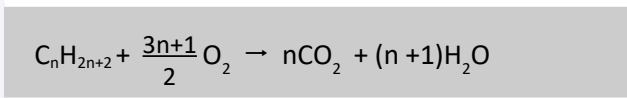
ბმის ჯერადობა	ბმის ტიპი	ჰიბრიდიზაციის ტიპი	ჰიბრიდიზაციის კუთხე	მაგალითები
ერთმაგი	$\sigma$	$sp^3$	$109,5^\circ C$	$C - C$ ალკანი
ორმაგი	$\sigma, \pi$	$sp^2$	$120^\circ C$	$C = C$ ალკენი
სამმაგი	$\sigma, \pi, \pi$	$sp$	$180^\circ C$	$C \equiv C$ ალკინი

ალკანების  $C_nH_{2n+2}$  მიღება

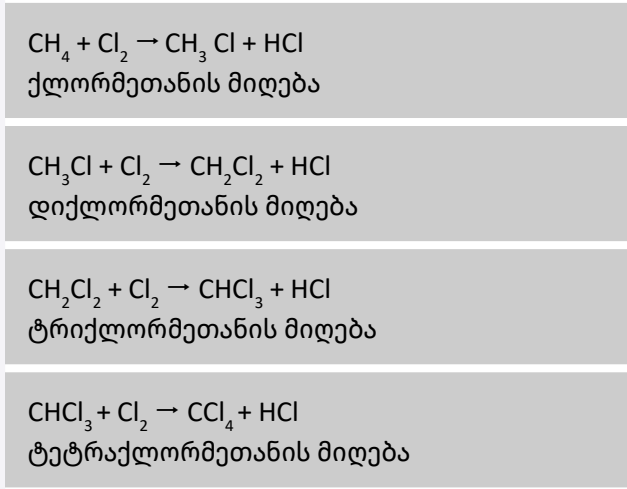
N	ალკანების მიღების ხერხი	ქიმიური რეაქციის ტოლობა
1	ალკენების ჰიდრირება: ეთილენის ჰიდრირებით მიიღება ეთანი:	$CH_2 = CH_2 + H_2 \rightarrow CH_3 - CH_3$
2	ვიურცის რეაქცია – ქლორალკანის ურთიერთქმედება მეტალურ ნატრიუმთან. რეაქცია მიდის ნახშირბადოვანი ჯაჭვის დაგრძელებით.	$2RCl + 2Na \rightarrow 2 NaCl + R - R$ ქლორმეთანიდან ეთანის მიღება: $2 CH_3Cl + 2Na \rightarrow CH_3 - CH_3 + 2NaCl$ ქლორმეთანისა და ქლორეთანიდან პროპანის მიღება: $CH_3Cl + C_2H_5Cl + 2Na \rightarrow CH_3 - C_2H_5 + 2NaCl$ ქლორეთანიდან ბუტანის მიღება: $2C_2H_5Cl + 2Na \rightarrow C_2H_5 - C_2H_5 + 2NaCl$
3	ფიშერ-ტროპშის რეაქცია	$nCO + (2n+1) H_2 \longrightarrow C_nH_{2n+2} + nH_2O$
4	დიუმას რეაქცია (კარბონმჟავას ნატრიუმის მარილი + ნატრიუმის ტუტე)	$RCOONa + NaOH \rightarrow R - H + Na_2CO_3$
5	ალუმინის კარბიდის ჰიდროლიზი	$Al_4C_3 + 12H_2O \rightarrow 4Al(OH)_3 \downarrow + 3CH_4 \uparrow$

**ქიმიური თვისებები:**

**1) წვა**



**2) ჩანაცვლება (მეთანის ქლორირება);** რეაქცია წარიმართება სინათლეზე ან მაღალ ტემპერატურაზე (250 – 400 °C) სიბნელეში.

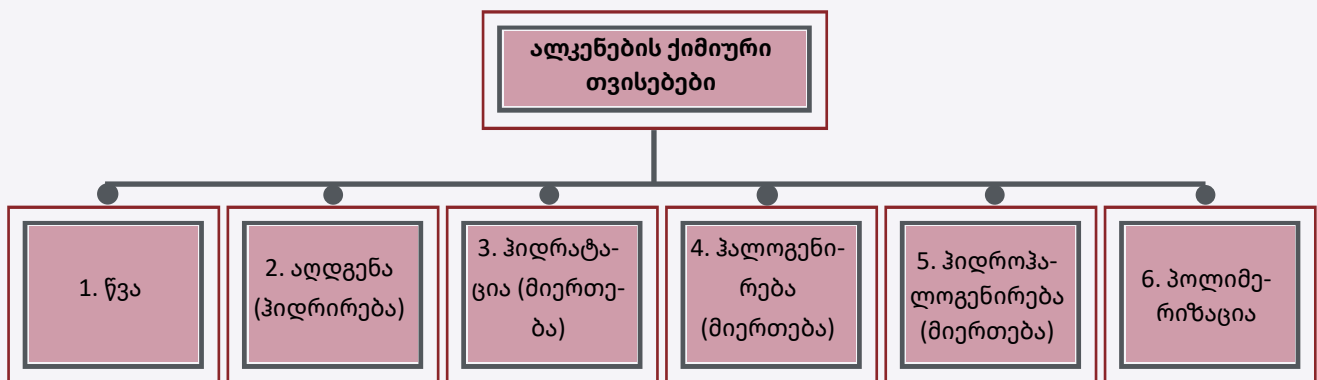


**ალკენები C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>**

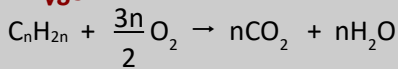
**მიღება**

შეავსეთ ცხრილი:

N	ალკენების მიღების ხერხი	ქიმიური რეაქციის ტოლობა
1	სპირტის შიდამოლეკულური დეჰიდრატაციით	კატალიზატორი - კონც. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH → ... + ...
2	ჰალოგენნაწარმების დეჰიდროჰალოგენირებით	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> Cl $\xrightarrow{KOH/სპს}$ ... + ...
3	ალკანების დეჰიდრირებით	..... $\xrightarrow{Cr_2O_3}$ ..... + H <sub>2</sub>
4	დიჰალოგენნაწარმების დეჰალოგენირებით	..... + Zn → ZnCl <sub>2</sub> + .....

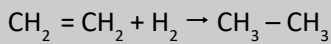


**1. წვა**

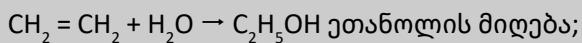


**მიერთება** (π ბმის გაწყვეტის ხარჯზე);

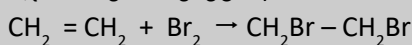
**2. აღდგენა** ჰიდრირება კატალიზური (Pt)



**3. ჰიდრატაცია** (გოგირდმჟავას თანაობისას)

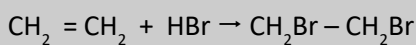


**4. ბრომირება** (უჯერი ნახშირწყალბადების აღმომჩენი რეაქცია)



ეთილენის ბრომთან მიერთების გამო აღგილი აქვს ბრომიანი წყლის გაუფერულებას;

**5. ჰალოგენწყალბადის (HX) მიერთება** (მარკოვნიკოვის წესი – წყალბადი უერთდება მეტად ჰიდრირებულ ნახშირბადატომს, ჰალოგენი – ნაკლებად ჰიდრირებულს);



**6. პოლიმერიზაცია**

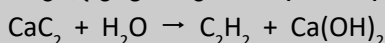
$n CH_2 = CH_2 \rightarrow (-CH_2 - CH_2-)_n$  პოლიეთილენი, სადაც

n არის პოლიმერიზაციის ხარისხი;  $CH_2 = CH_2$  მონომერია;  $-CH_2 - CH_2-$  კი ელემენტარული რგოლი.

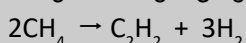
**ალკინები  $C_nH_{2n-2}$**

**მიღება:**

**1.** კალციუმის კარბიდის ჰიდროლიზით:

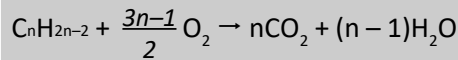


**2.** მეთანის გახურებით დამლით  $1500^\circ C$  -ზე:

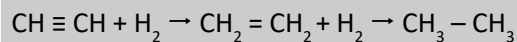


**ქიმიური თვისებები:**

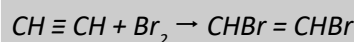
**1. წვა**



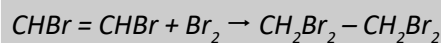
**2. აღდგენა/ჰიდრირება** (აცეტილენიდან ეთილენის და ეთანის მიღება)



**4. ჰალოგენირება** (ბრომირება)

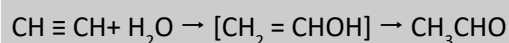


1,2-დიბრომეთენი

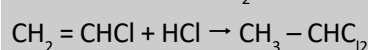
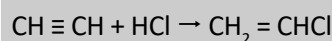


1,1,2,2-ტეტრაბრომეთანი

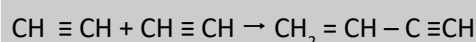
**5. ჰიდრატაცია** (კუჩეროვის რეაქცია); მიიღება აცეტალდეჰიდი:



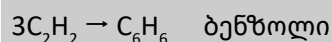
**6. ჰიდროჰალოგენირება** (ქლორვინილსა და 1,1-დიქლორეთანის მიღება)



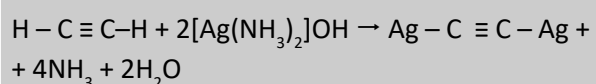
**7. დი-, ტრიმერიზაცია**



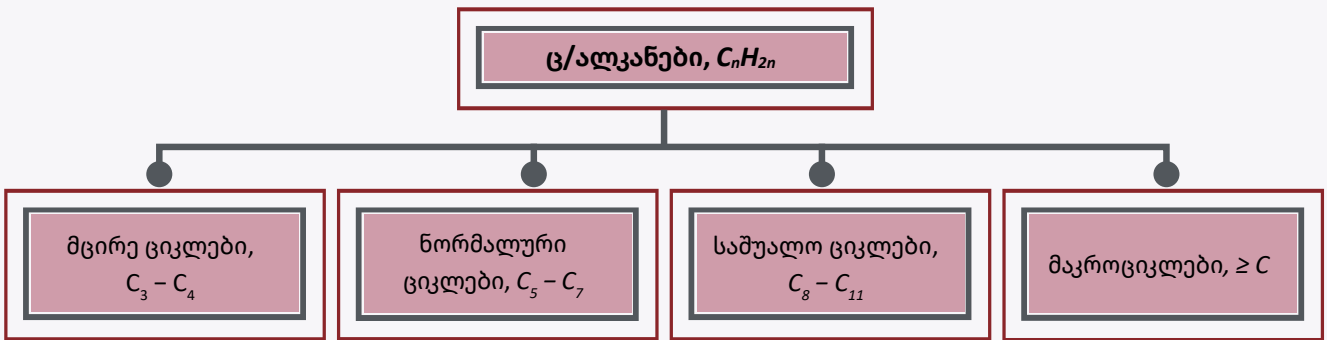
ვინილაცეტილენი



**8. ჩანაცვლება** (ვერცხლის აცეტილენიდის მიღება)



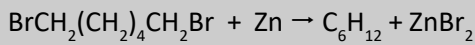
ციკლოალკანები  $C_nH_{2n}$



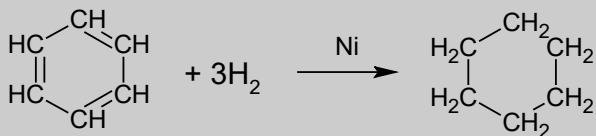
N	დასახელება	სტრუქტურული ფორმულა
1	ციკლოპროპანი	
2	ციკლობუტანი	
3	ციკლოპენტანი	
4	ციკლოჰექსანი	

**მიღება:**

1. 1,6 – დიბრომჰექსანის ურთიერთქმედებით თუთიასთან:

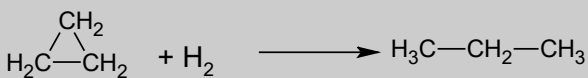


2. ბენზოლის კატალიზური ჰიდრირება (ციკლოჰექსანის მიღება)

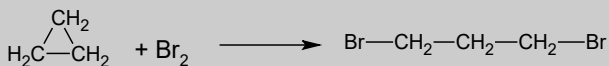


**ქიმიური თვისებები:**

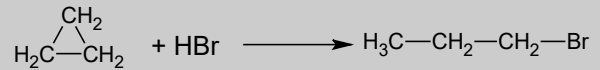
ჰიდრირება (ციკლოპროპანი → პროპანი)



ჰალოგენირება (ციკლოპროპანი → 1,3-დიბრომპროპანი)



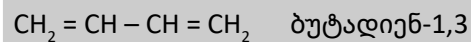
ჰიდროჰალოგენირება (ციკლოპროპანი → 1-ბრომპროპანი)



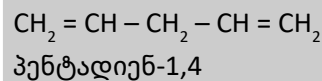
**ალკადიენები C<sub>n</sub>H<sub>2n-2</sub>**

კუმულირებული (ერთ C-თან ორივე ორმაგი ბმა):  
CH<sub>2</sub> = C = CH<sub>2</sub> პროპადიენ-1,2

შუღლეებული (ორმაგი ბმები გამოყოფილია ერთი მარტივი σ ბმით):



იზოლირებული ორმაგი ბმები (ორმაგი ბმები ერთმანეთისაგან გამოყოფილია ორი ან მეტი მარტივი σ ბმით):



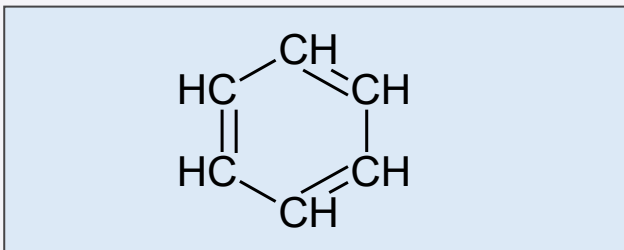
მნიშვნელოვანი წარმომადგენლები: ბუტადიენ-1,3 და 2-მეთილბუტადიენ-1,3/იზოპრენი

N	კაუჩუკი	მონომერი	პოლიმერი
1	ბუნებრივი	ბუტადიენ-1,3 CH <sub>2</sub> = CH – CH = CH <sub>2</sub> ბუტადიენ-1,3	$\left[ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_2 \right]_n$
2	სინთეზური	2-მეთილბუტადიენ-1,3/იზოპრენი 	$\left[ \text{CH}_2-\text{CH}=\text{C}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2 \right]_n$

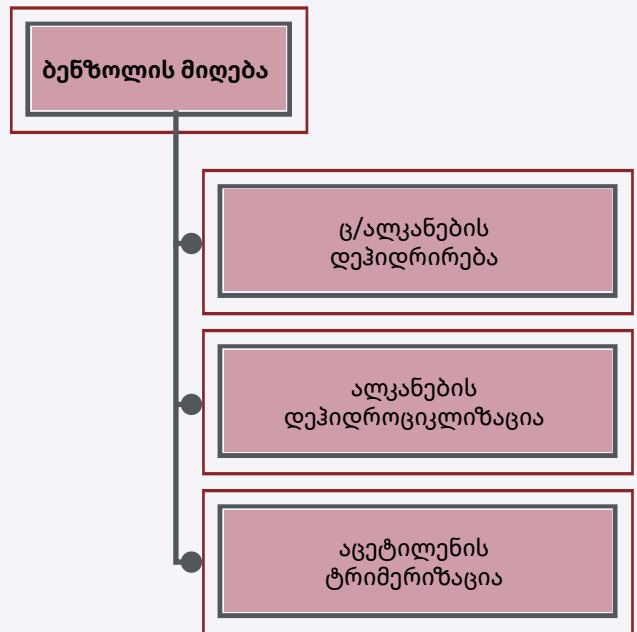
**არომატული ნახშირწყალბადები/ არენები  $C_nH_{2n-6}$**

$n = 6$ $C_6H_6$	ბენზოლი
ფენილის რადიკალი	$-C_6H_5$

ბენზოლის აღნაგობა – ექვსწევრიანი ციკლი; უფერო, აქროლადი, აალებადი, მძაფრი სუნის ტოქსიკური სითხეა.



**ბენზოლის მიღება**



● ციკლოალკანების (ც/ალკანების) დეჰიდრირება (ციკლოჰექსანიდან ბენზოლის მიღება)

$$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \\ | \\ \text{H}_2\text{C} \end{array} - \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \end{array} - \begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_2 \end{array} \xrightarrow{- 3\text{H}_2} \begin{array}{c} \text{HC} \\ || \\ \text{HC} \end{array} - \begin{array}{c} \text{CH} \\ | \\ \text{CH} \end{array} - \begin{array}{c} \text{CH} \\ | \\ \text{CH} \end{array}$$

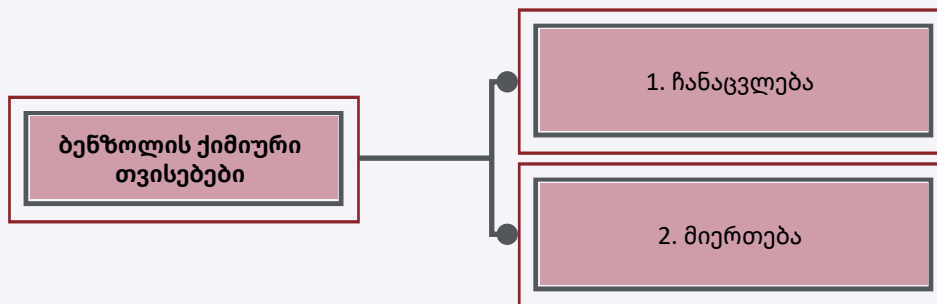
● ალკანების დეჰიდროციკლიზაცია (ჰექსანიდან ბენზოლის მიღება)

$$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \xrightarrow{- 4\text{H}_2} \begin{array}{c} \text{HC} \\ || \\ \text{HC} \end{array} - \begin{array}{c} \text{CH} \\ | \\ \text{CH} \end{array} - \begin{array}{c} \text{CH} \\ | \\ \text{CH} \end{array}$$

● ჰიდროჰალოგენირება (ციკლოპროპანი → 1-ბრომპროპანი)

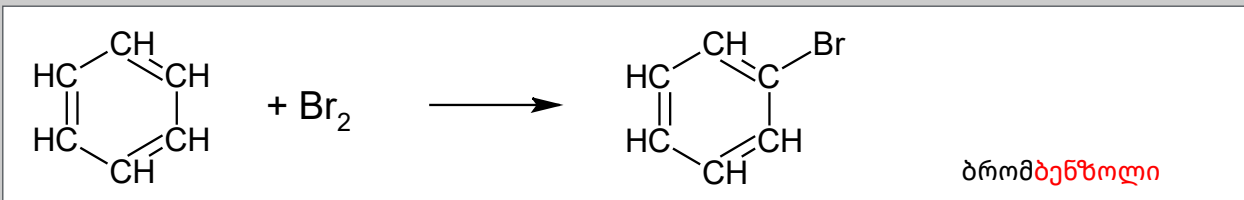
$$3\text{CH} \equiv \text{CH} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_6$$

**ქიმიური თვისებები:**

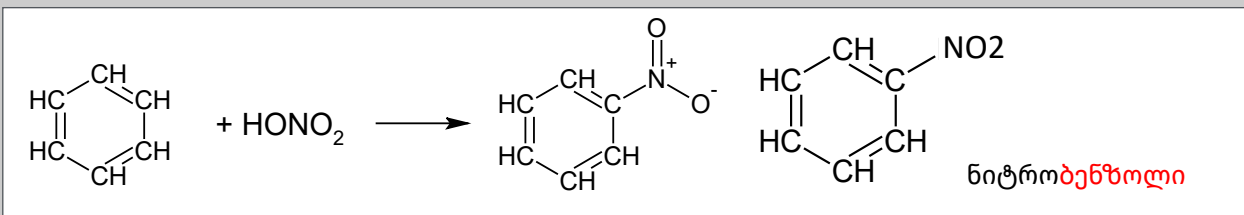


1. ჩანაცვლება (ბენზოლის ბირთვი უცვლელია);
2. მიერთება (π ბმების გაწყვეტის ხარჯზე).

ჩანაცვლება (ჰალოგენირება, ნიტრირება) – ბენზოლის ბირთვი უცვლელია, ამიტომ დასახელების ფუძე არ იცვლება.



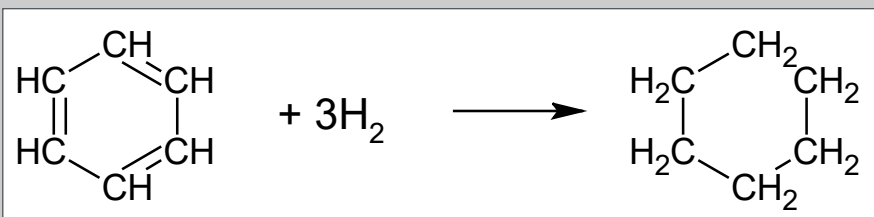
ბენზოლი

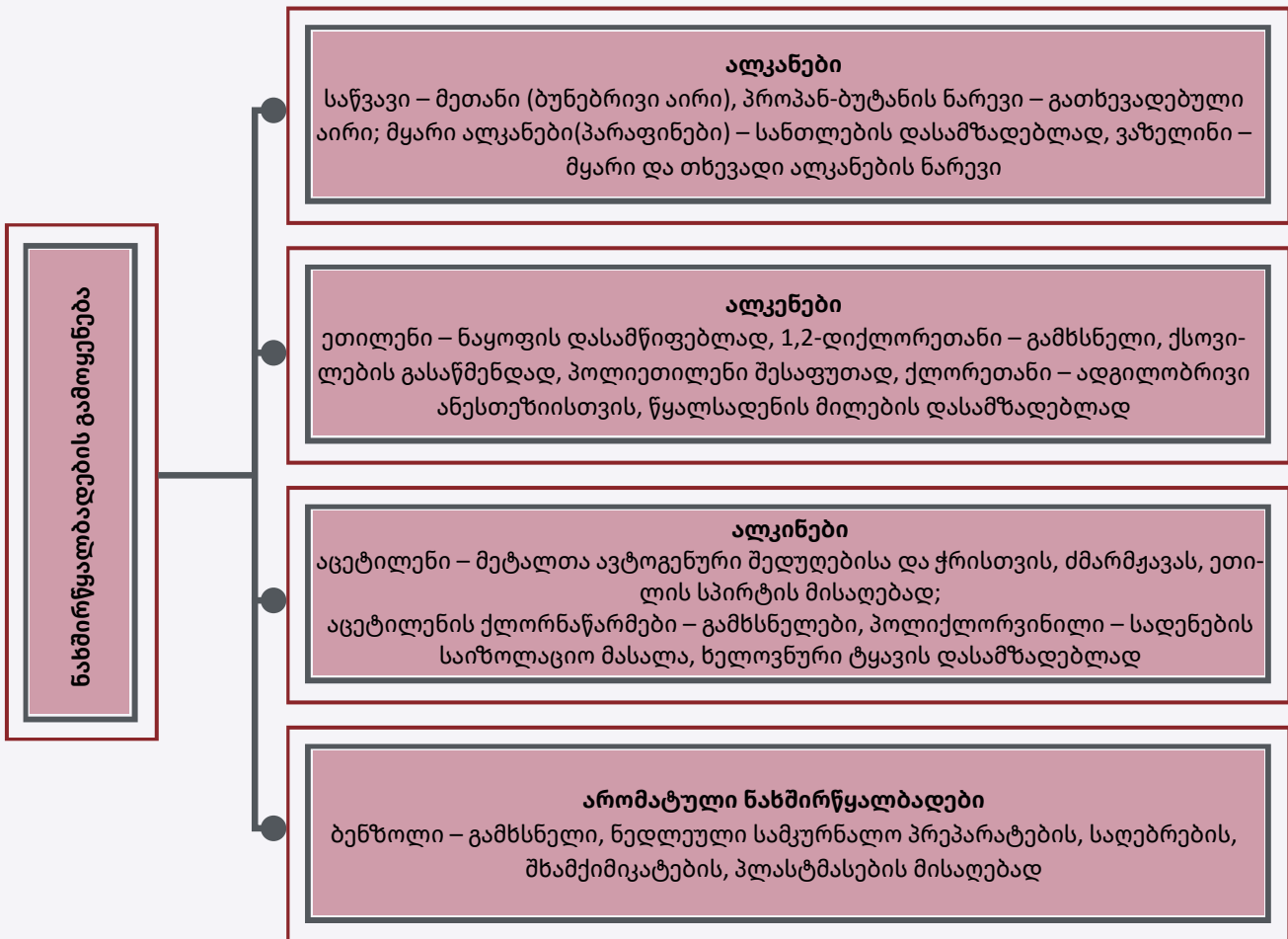
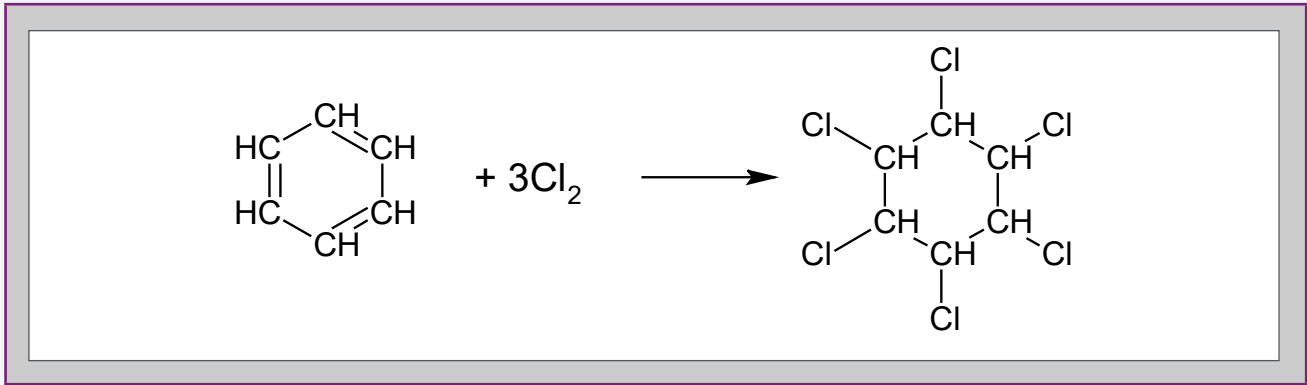


ბენზოლი

მიერთება (ჰიდრირება, ჰალოგენირება) – მიერთება ხორციელდება π ბმის გაწყვეტის ხარჯზე.

ბენზოლის ჰიდრირებით მიიღება ციკლოჰექსანი, ხოლო ქლორირებით – ჰექსაქლორციკლოჰექსანი:





✦ ეს საინტერესოა!



**მე-20 საუკუნე ისტორიაში შევიდა, როგორც ომების საუკუნე. გამოვყოთ რამდენიმე მათგანი:**

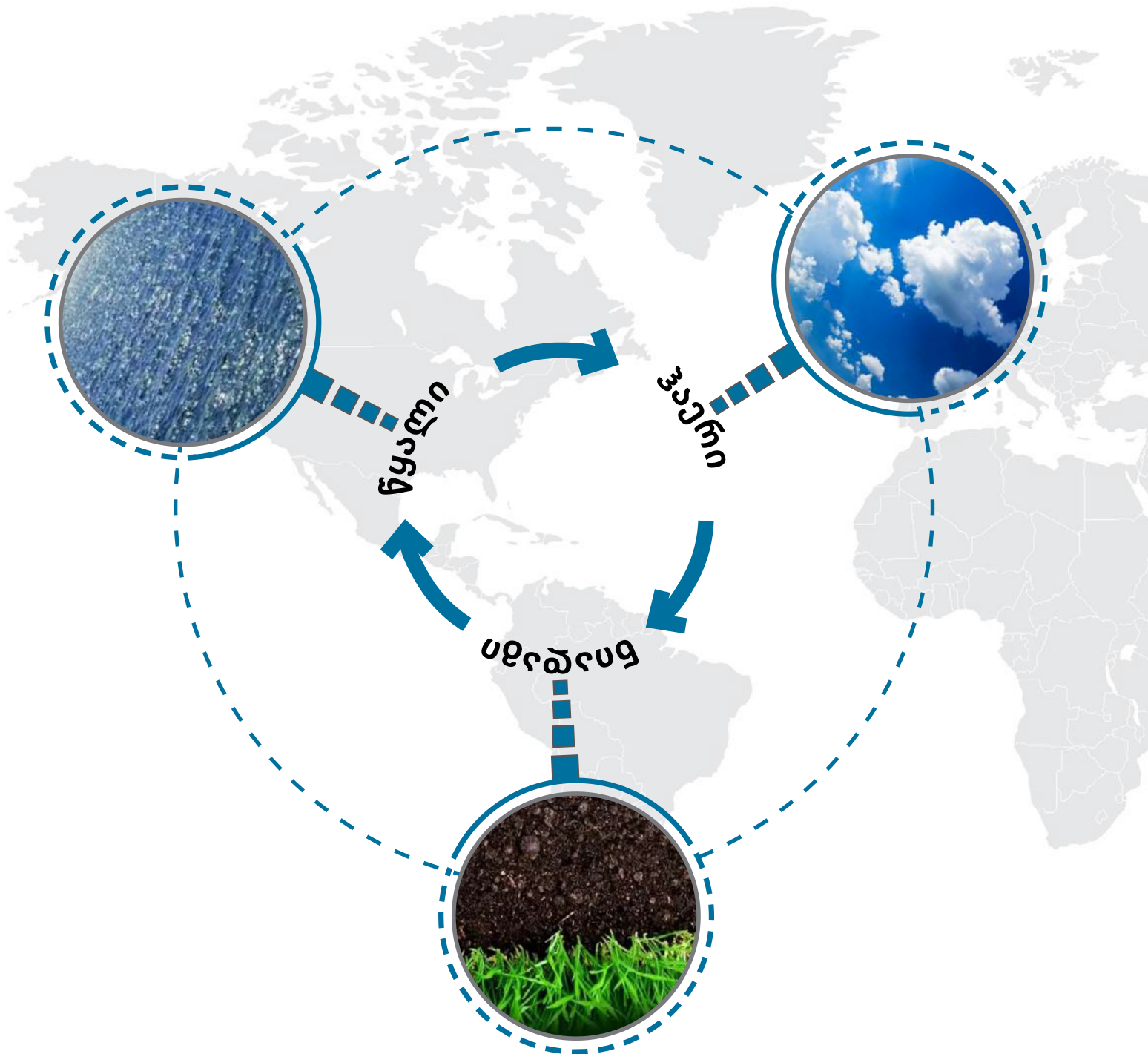
- იაპონია-ამერიკის ომი (1941წ) წყნარი ოკეანის რეგიონში გასაბატონებლად;
- II მსოფლიო ომი (1939-1945);

ჰიტლერს ჰქონდა კავკასიაში შემოსვლის მცდელობა ბაქოს ნავთობის ხელში ჩასაგდებად, თუმცა, რთული კლიმატური პირობების გამო, მისი გეგმა ვერ განხორციელდა – გერმანელებმა ვერ შეძლეს კავკასიონზე გადმოსვლა.

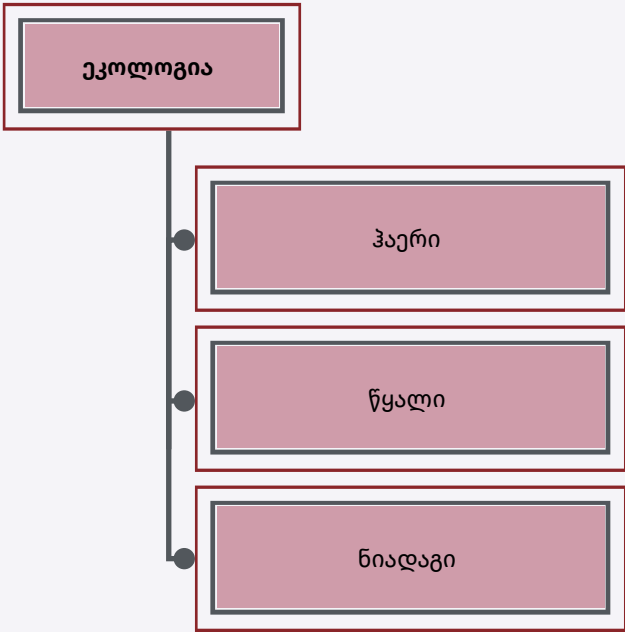
- ირან-ერაყის ომი (1980-1988);
- ერაყ-კუვეიტის ომი (1990-1991);
- ამერიკა-ერაყის ომი (1991-1993 და 2003-2011).

რა აქვს ყველა ამ ომს საერთო? ამ ომებს მათი მონაწილეების მხრიდან „შავი ოქროთი“ მდიდარი ტერიტორიების ხელში ჩაგდების სურვილი აერთიანებს. „შავი ოქრო“, იგივე ნავთობი, არის ნახშირწყალბადების ნარევი. ნავთობპროდუქტები გამოიყენება საწვავად, ასევე, იგი წარმოადგენს ნედლეულს ადამიანისათვის საჭირო სხვადასხვა ორგანული ნივთიერების (გამხსნელების, სინთეზური კაუჩუკის, საღებავების, საღებრების, პესტიციდების, კვებითი დანამატების, სარეცხი საშუალებების, წამლების, კოსმეტიკური საშუალებების) სინთეზისთვის. ნავთობის მნიშვნელობა განუზომლად დიდია. სწორედ ამიტომ კაცობრიობა მუდმივად იბრძვის ნავთობის მარაგით მდიდარი ტერიტორიების ხელში ჩასაგდებად.

## 4.2. ეკოლოგია



დედამიწაზე სიცოცხლეს განაპირობებს გარემოს შემადგენელი 3 ძირითადი ნაწილი: ჰაერი, წყალი, ნიადაგი.



თუ რამდენად სუფთაა თითოეული მათგანი, ამაზეა დამოკიდებული ჩვენი ჯანმრთელობა. ეს არის **გლობალური პრობლემა** და მისი გადაჭრა **გლობალურ კომპეტენციებს** მოითხოვს.

გლობალურ, მსოფლიო მნიშვნელობის პრობლემებს არა აქვთ **ტერიტორიული საზღვრები**. ასეთი პრობლემები ერთნაირად მნიშვნელოვანია ყველა ქვეყნისთვის, რის გამოც ამა თუ იმ გლობალურ საკითხთან დაკავშირებით პასუხისმგებლობა ყველამ უნდა გაიზაროს და გაიზიაროს. ეს არის პრობლემის ხედვა სისტემურ, გლობალურ ჭრილში.

გლობალური კომპეტენციები გულისხმობს საკითხის განხილვას ინტერდისციპლინურ ჭრილში. ეკოლოგია სწორედ ასეთი საკითხია. წინამდებარე მასალაში ჩვენ განვიხილავთ რამდენიმე ეკოლოგიურ პრობლემას, ვიმსჯელებთ მათი გამომწვევი მიზეზებისა და პრევენციის შესახებ და ამ პრობლემებთან დაკავშირებულ ქიმიურ მოვლენებზე.

**ეკოლოგიურ პრობლემების განხილვისას უნდა გამოვკვეთოთ:**

- ⊙ პრობლემის აღწერა
- ⊙ გამომწვევი მიზეზი
- ⊙ მიღებული შედეგი
- ⊙ პრობლემის გადაჭრის გზა

**განვიხილოთ გარემოს შემადგენელი სამივე ნაწილი ცალ-ცალკე.**

- ▣ ჰაერი
  - ⊙ ჰაერის დაბინძურება
  - ⊙ სათბურის ეფექტი
  - ⊙ სმოგი

□ ჰაერის დაბინძურება

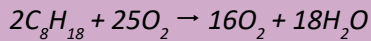
ჰაერის დაბინძურების **გამომწვევი ბუნებრივი** და **ანთროპოგენური** ფაქტორები მოცემულია ცხრილში:

N	ნივთიერება	ბუნებრივი წყარო	ანთროპოგენური წყარო
1	CO ნახშირბად(II)-ის ოქსიდი, მხუთავი აირი	მეთანის ჟანგვა $CH_4 + O_2 \rightarrow CO + H_2 + H_2O$ ვულკანი, ტყის ხანძარი, ქლოროფილის დაშლა	საწვავის (მაგ., ბენზინის) არასრული წვა $C_8H_{18} + 8,5O_2 \rightarrow 8CO + 9H_2O$
2	CH <sub>4</sub> მეთანი	გარეული ცხოველების, თერმიტების კუჭნაწლავური ფერმენტაცია, ემისია ჭაობიანი ადგილებიდან	რქოსანი პირუტყვის მოშენება, ემისია ბრინჯის ყანებიდან, გაჟონვა ნაგავსაყრელიდან, ჩამდინარე წყლები
3	შენწონილი ნაწილაკები	ჰაერში ქარით გამოწვეული მტვერი, ზღვის მხეფები, ვულკანი	საწვავის არასრული წვა
4	NO აზოტ (II)-ის ოქსიდი	ტყის ხანძრები, ნიადაგში მიმდინარე <b>ანაერობული</b> (უჟანგბადო არეში მიმდინარე) პროცესები, ელვა/ჭექა-ქუხილი	საწვავის წვა $N_2 + O_2 \rightarrow 2NO$
5	NO <sub>2</sub> აზოტ(IV)-ის ოქსიდი	ტყის ხანძრები, ელვა/ჭექა-ქუხილი	საწვავის წვა $2NO + O_2 \rightarrow 2NO_2$
6	N <sub>2</sub> O აზოტ (I)-ის ოქსიდი	ემისია <b>არამანიტრიფიცირებული</b> ბაქტერიებიდან (ეს ბაქტერიები ადაღენენ ნიტრატებს თავისუფალ აზოტამდე)	საწვავის წვა
7	SO <sub>2</sub>	გოგირდწყალბადის ჟანგვა, ცოცხალი ორგანიზმების ნარჩენების დაშლა, ვულკანის ამოფრქვევა	სულფიდური მადნის წვა, გოგირდის მინარევების შემცველი ნახშირისა და ნავთობის წვა
8	H <sub>2</sub> S	<b>ანაერობული</b> ფერმენტაცია ( <b>ეკტროფიკაცია</b> <a href="http://www.nplq.gov.ge/qwdict/index.php?a=term&amp;d=12&amp;t=13884">http://www.nplq.gov.ge/qwdict/index.php?a=term&amp;d=12&amp;t=13884</a> ), ვულკანის ამოფრქვევა	ნავთობის გადამუშავება, ნაკელი, კოქსის გაზი
9	O <sub>3</sub>	სტრატოსფეროში NO – NO <sub>2</sub> კონვერსია (გარდაქმნა)	NO – NO <sub>2</sub> კონვერსია
10	SF <sub>6</sub>		ელექტროსაიზოლაციო მასალები

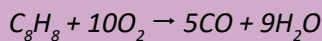
## ჰაერის დაბინძურება და მისი შემცირების გზები

### ა) ოქტანის წვა

ცნობილია, რომ ბენზინის შემადგენელი ოქტანის წვის რეაქციის ტოლობა ასე გამოისახება:



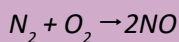
აღნიშნულ რეაქციაში საწვავი : ჟანგბადი მოლური თანაფარდობაა 2 : 25 ანუ 1 : 12,5. უფრო ნაკლები თანაფარდობის შემთხვევაში, ადგილი ექნება ჟანგბადის ნაკლებობასა და **არასრულ** წვას, რასაც შედეგად მოჰყვება მხოლოდ აირის, ნახშირბად (II)-ის ოქსიდის, წარმოქმნა (მოლური თანაფარდობა საწვავი : ჟანგბადი იქნება 1 : 10):



**არასრული** წვის დროს არსებობს ასევე საწვავში არსებული და რეაქციაში შეუსვლელი ადვილად აქროლადი ორგანული ნაერთების ატმოსფეროში დაგროვების /ემისიის საშიშროება.

ჩვეულებრივ პირობებში აზოტი არ შედის რეაქციაში ჟანგბადთან, თუმცა **მიგაწვის ძრავის** მუშაობისას ვითარდება 3000°C ტემპერატურა, ამ ტემპერატურაზე ეს ორი გაზი უერთდება ერთმანეთს და წარმოიქმნება აზოტის ოქსიდები.

**პირველადი** დაბინძურების გამომწვევი ავტომობილის ძრავში არის აზოტის მონოოქსიდი:

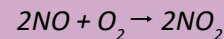


**პირველადი** დამაბინძურებელი – წყაროდან ემისიის შემდეგ რჩება უცვლელი გარემოში.

**მეორეული** დამაბინძურებელი – წარმოიქმნება ატმოსფეროში პირველად დამაბინძურებლებსა და ჰაერში შემავალ გაზებს შორის ქიმიური რეაქციების შედეგად.

აზოტის მონოოქსიდი, ნახშირბადის მონოოქსიდის მსგავსად (თუმცა ამ უკნასკნელთან შედარებით ნაკლებ საფრთხეს წარმოადგენს), უერთდება სისხლში შემავალ ჰემოგლობინს, აზიანებს მცენარეებს – იწვევს ფოთლებზე ლაქების გაჩენას, ამცირებს ფოტოსინთეზის განხორციელების ალბათობას უჯრედის გამტარობის შემცირების გამო.

ატმოსფეროში აზოტის მონოოქსიდის შემდგომი ჟანგვით წარმოიქმნება აზოტის დიოქსიდი:



აზოტის დიოქსიდი არის ტოქსიკური გაზი, ატმოსფეროში დიდი რაოდენობით გროვდება ურბანულ ადგილებში, რაც იწვევს ჯანმრთელობის პრობლემებს – გაზი აღიზიანებს ლორწოვან გარსს და იწვევს ფილტვების ანთებას.

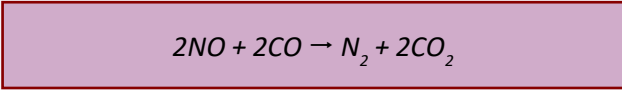
ნახშირბადის მონოოქსიდის მსგავსად, ანთროპოგენური წარმოშობის აზოტის ოქსიდების ემისია დიდია ურბანულ ადგილებში. ეს ოქსიდები ასევე არის მჟავა წვიმების გამომწვევი.

### ბ) მიგაწვის ძრავის მუშაობისას გამოყოფილი გაზების კატალიზური გარდაქმნა

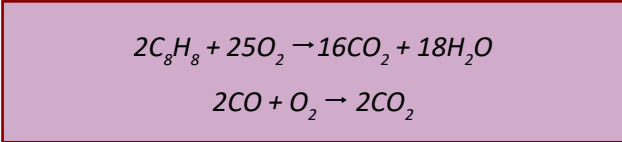
დღეს გამოშვებული მანქანების უმრავლესობა აღჭურვილია **სამშავი** კატალიზატორით, რომელსაც გაივლის ნამუშევარი გაზები ატმოსფეროში მოხვედრამდე. სიტყვა „სამშავი“ გულისხმობს კატალიზატორის **სამ** ფუნქციას:

1. აზოტის მონოოქსიდის აღდგენას თავისუფალ აზოტამდე;
2. წვის რეაქციაში შეუსვლელი ნახშირწყალბადების ჟანგვას ნახშირორჟანგისა და წყლის ორთქლის წარმოქმნით;
3. ნახშირბადის მონოოქსიდის დაჟანგვას ნახშირბადის დიოქსიდამდე.

რეაქციის დასრულების შემდეგ სარეაქციო არეში არსებული გაზები თავდაპირველად გაივლიან **აღმდგენ** კატალიზატორს (Pt ან Pd) – აქ მიდის რეაქცია ნახშირბადისა და აზოტის მონოოქსიდებს შორის:



შემდეგ კი გაივლიან მჟანგავ კატალიზატორს (Rh) – აქ მიდის რეაქციაში შეუსვლელი ნახშირწყალბადისა და გამოყოფილი ნახშირბადის მონოოქსიდის დაჟანგვა:



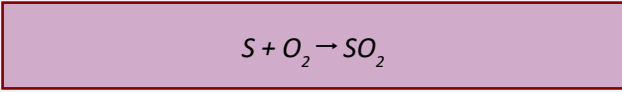
ცხრილში მოცემულია კატალიზურ კონვერტორში მიმდინარე პროცესის რაოდენობრივი მაჩვენებლები.

შემავალი გაზები	გამომავალი გაზები	დარჩენილი დამაბინძურებლები
$NO_x$ 0,15%	$N_2$	$NO_x$ 0,05%
$C_xH_y$ 0,05%	$CO_2$	$C_xH_y$ 0,01%
$CO$ 0,75%	$H_2O$	$CO$ 0,15%

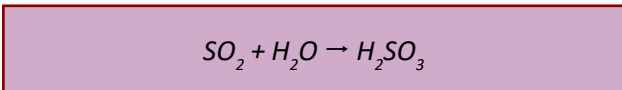
**გ) გოგირდის ოქსიდები – გოგირდის დიოქსიდი და გოგირდის ტრიოქსიდი**

გოგირდის დიოქსიდი არის მნიშვნელოვანი პირველადი დამაბინძურებელი. იგი მძაფრი სუნის, ტოქსიკური, წყალში კარგად ხსნადი გაზია, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს მჟავა წვიმების წარმოქმნაში.

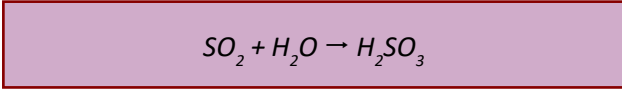
ანთროპოგენური გზით წარმოქმნილი გოგირდის დიოქსიდის წყაროა გოგირდი, რომელსაც მინარევის სახით შეიცავს ნახშირი. ნახშირის წვისას იწვის მასში შემავალი გოგირდიც:



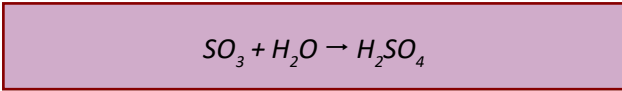
გოგირდის დიოქსიდი შედის რეაქციაში წყალთან გოგირდოვანი მჟავას წარმოქმნით:



ატმოსფეროში გოგირდის დიოქსიდი იჟანგება გოგირდის ტრიოქსიდამდე. ამ პროცესში კატალიზატორის როლს ასრულებენ ჰაერში არსებული მურისა და მეტალის უმცირესი ზომის ნაწილაკები:



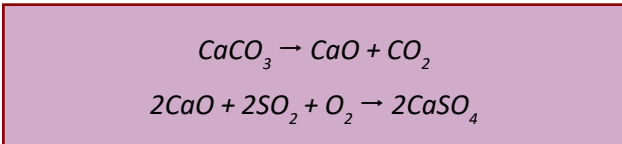
გოგირდის ტრიოქსიდი რეაქციაში შედის წყალთან გოგირდმჟავას წარმოქმნით:



განვიხილოთ ატმოსფეროში გოგირდ(VI)-ის ოქსიდის რაოდენობის შემცირების გზები:

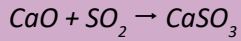
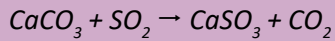
1. საწვავის გასუფთავება გოგირდ(VI)-ის ოქსიდისგან დაწვამდე;
2. წვის შედეგად მიღებული გოგირდის ოქსიდების რაოდენობის შემცირება.

პროცესის ქიმია – სარეაქციო არეში ამატებენ კალციუმის კარბონატის ფხვნილს, ღუმელში ვითარდება მალალი ტემპერატურა, კალციუმის კარბონატი იშლება, წარმოქმნილი ჩაუმქრალი კირი რეაქციაში შედის გოგირდის დიოქსიდთან ჟანდგბადის თანაობისას კალციუმის სულფატის წარმოქმნით:

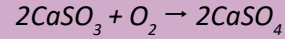


კალციუმის სულფატის მოცილება კი შესაძლებელია ელექტროსტატიკური დალექვით (იხ. ქვემოთ).

პროცესი შესაძლებელია წარიმართოს ასეთი გზითაც:



კალციუმის სულფიტი განიცდის შემდგომ დაჟანგვას კალციუმის სულფატამდე:



**ჰაერში არსებული მყარი და თხევადი ნივთიერებების მცირე ზომის ნაწილაკების ემისია/წარმოქმნა**

N	შეწონილი ნაწილაკები	წყარო
1	მეტალის ნაწილაკები	მეტალებისა და მათი ნაერთების მიღების პროცესში მეტალის მცირე ზომის ნაწილაკები ხვდება ატმოსფეროში; ასევე მეტალის ნაწილაკები წარმოიქმნება მექანიკური ზემოქმედების შედეგად (სამუხრუჭე ხუნდებში, სპილენძისა და თუთიის ნაწილაკების წყარო)
2	მეტალის ოქსიდების ნაწილაკები	როდესაც საწვავი, რომელიც მინარევის სახით შეიცავს სულფიდებს, იწვის, მეტალი იჟანგება და წარმოიქმნება მეტალის ოქსიდის ნაწილაკები, მაგ., რკინა(III)-ის ოქსიდის.
3	ჰაერში არსებული ფერფლის ნაწილაკები	კომბინაცია ნახშირის ფხვნილის, ნახშირწყალბადისა და მეტალის ოქსიდის ნაწილაკების, რომლებიც გამოიყოფა წიაღისეული საწვავის წვის დროს; მათი უმრავლესობა იფილტრება საკვამურებში, თუმცა ასეთი ნაწილაკების მცირე რაოდენობა მაინც ხვდება ატმოსფეროში.
4	აზბესტის მტვერი	საიზოლაციო და თბომედეგი თვისებების მქონე სილიკატური მასალა, რომელიც ადრე გამოიყენებოდა როგორც ხანძრის საწინააღმდეგო საშუალება, ასევე მუხრუჭების დამჭერებში. ატმოსფეროში ხვდება მალაროებიდან. ამჟამად აღარ გამოიყენება, რადგან დადასტურებულია მისი კანცეროგენული ბუნება. დადგენილია, რომ იგი იწვევს ფილტვის სიმსივნეს.
5	ორგანული ნაწილაკები	კანცეროგენული ნახშირწყალბადები, მიღებული საწვავის არასრული წვით, ბიომასის წვით – ბენზპირენი, ბენზანტრაცენი, ქრიზენი. ეს ნივთიერებები აღსორბირდება მურის ნაწილაკების ზედაპირის მიერ, რაც მურის უარყოფით როლს კიდევ უფრო აძლიერებს.

## ჰაერში არსებული შეწონილი ნაწილაკების რაოდენობის შემცირება

პროცესი ეფუძნება ნაწილაკების დალექვას. მეტოდი ცნობილია **ელექტროსტატიკური** დალექვის სახელწოდებით, რომელიც ხორციელდება სპეციალურ დამლექავ დანადგარში. ეს უკანასკნელი ორი სექციისაგან შედგება. ესენია **იონიზაციისა** და **შეგროვების** სექციები. **იონიზაციის** სექცია შეიცავს წვრილი მავთულის ბადეს, რომელიც ატარებს ელექტრულ დენს. როდესაც საკვამურიდან გამომავალი გაზი/გაზების ნარევი გაივლის ასეთ ბადეს, მყარი და თხევადი ნაწილაკები შეიძენენ მუხტს.

შეგროვების სექციაში არის სხვადასხვა ნიშნით დამუხტული მეტალის ფირფიტები. იონიზაციის სექციიდან დამუხტული ნაწილაკები, ხვდებიან რა შეგროვების სექციაში, მიიზიდებიან ამ ფირფიტების მიერ. გარკვეული დროის შემდეგ, როდესაც ფირფიტაზე გამოლექილი ნაწილაკების ფენა მიაღწევს რაღაც ნიშნულს, ამ ფენის მოცილების მიზნით მეტალის ფირფიტას შეანჯღრევენ/დაფერთხავენ.

შეწონილი ნაწილაკების **უარყოფითი** გავლენა:

### ა) ნაწილაკების გავლენა ადამიანის ჯანმრთელობაზე

შეწონილი ნაწილაკების შესუნთქვას ხელს უშლის სასუნთქი გზების შიდა ზედაპირზე არსებული თმისმაგვარი ბუსუსები. ეს ბუსუსები იჭერენ მოზრდილ ნაწილაკებს და ხელს უშლიან მათ მოხვედრას ფილტვებში, მაგრამ ეს ნაწილაკები ხვდება ადამიანის ხახაში და ადამიანი იძულებულია გადაყლაპოს ისინი, რაც ასევე არასასურველია.

მურის ნაწილაკები, მათ ზედაპირზე არსებულ კანცეროგენებთან ერთად, ორგანიზმში ხვდება სისხლძარღვების საშუალებით.

მძიმე მეტალები და მათი ოქსიდები იმავე გზით ხვდება ორგანიზმში. უმცირესი ზომის ნაწილაკები ყველაზე საშიშია, ვინაიდან ისინი ხვდებიან ფილტვების ყველაზე ღრმა/შორ ადგილებში, რადგანაც მათი დაჭერა ბუსუსებით ვერ ხერხდება.

ბა. შედეგად, იზრდება რესპირატორული დაავადებების – ასთმის, ბრონქიტის – განვითარების ალბათობა.

### ბ) გვერდითი ეფექტი

ატმოსფეროში არსებული ნაწილაკები სხვა დამაბინძურებლებისთვის კატალიზატორის როლს ასრულებენ, რითიც იზრდება დაბინძურების ხარისხი. მაგ., გოგირდის დიოქსიდი გადადის ტრიოქსიდში და ამ რეაქციაში კატალიზატორის როლს ასრულებს ატმოსფეროში არსებული მური ან მეტალის უმცირესი ნაწილაკები.

### ■ სათბურის ეფექტი

დედამიწის ზედაპირი **შთანთქავს** მზის ენერგიას **ხილული** სინათლის სახით და, ამავდროულად, ასხივებს შთანთქმული ენერგიის დიდ ნაწილს, მხოლოდ უკვე არა ხილული, არამედ **ინფრა-წითელი** გამოსხივების სახით. იმის გამო, რომ ტროპოსფერო ატარებს ხილულ სინათლეს და **არ ატარებს ინფრა-წითელ** სხივებს, ტროპოსფეროში ხდება დედამიწის ზედაპირიდან წამოსული ინფრა-წითელი გამოსხივების „ჩაჭერა“ / შთანთქმა. ეს მოვლენა **სათბურის ეფექტის** სახელწოდებითაა ცნობილი.

სათბურის ეფექტის გამომწვევი მიზეზია ტროპოსფეროში ე.წ. **სათბურის გაზების** არსებობა. ეს გაზებია: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O(ორთქლი), N<sub>2</sub>O, ნახშირწყალბადების ფტორქლორნაწარმები.

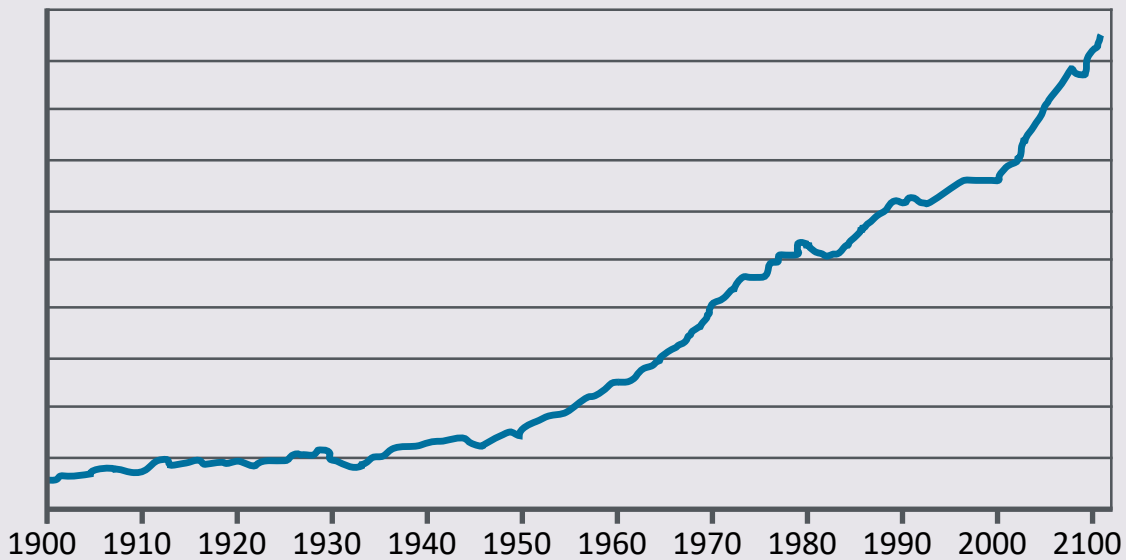
**სათბურის ეფექტი** არის **დადებითი** მოვლენა, რომლის გარეშეც დედამიწაზე იქნებოდა სიცოცხლესთან არათავსებადი ტემპერატურა (254 K /-19°C), ვინაიდან ამ შემთხვევაში არ მოხდებოდა ინფრა-წითელი გამოსხივების „ჩაჭერა“, ეს კი გამოიწვევდა დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის სწრაფ ვარდნას.

პრობლემა თავს იჩენს მაშინ, როდესაც ატმოსფეროში სათბურის ეფექტის გამომწვევი გაზების რაოდენობა საგრძნობლად მატულობს ბუნებრივი თუ ანთროპოგენური მიზეზების გამო, რაც იწვევს დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის მატებას. რატომ არის ეს სახიფათო ჩვენი პლანეტისთვის? განვიხილოთ აღნიშნული პროცესი დეტალურად.

ყველაზე დიდი წვლილი სათბურის ეფექტში შეაქვს **წყლის ორთქლს**. იგი ინტენსიურად შთანთქავს დედამიწის ზედაპირის მიერ გამოსხივებულ ინფრაწითელ გამოსხივებას, რითიც ხელს უწყობს ატმოსფეროს ტემპერატურის შენარჩუნებას ღამით, როდესაც დედამიწის ზედაპირი ასხივებს ენერგიას და არ იღებს ენერგიას მზიდან. უდაბნოში, სადაც წყლის ორთქლის კონცენტრაცია მინიმალურია, დღისით ძალიან ცხელა, ხოლო ღამით ძალიან ცივა.

შიგაწვის ძრავში საწვავის არასრული წვა, საწვავი წიაღისეულის წვა, ფაბრიკების, ქარხნების მუშაობა სათბურის ეფექტის ხელშემწყობი ფაქტორებია.

გრაფიკზე ნაჩვენებია წიაღისეული საწვავის წვისას ატმოსფეროში მოხვედრილი ნახშირორჟანგის რაოდენობის ზრდის დინამიკა:



<https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>

ნახშირორჟანგი წარმოიქმნება ნავთობის, ქვანახშირის წვისას. მაგ., 1გ ბუტანის წვისას გამოიყოფა 3,03გ ნახშირორჟანგი. 3,78ლ ბენზინის ( $d=0,7\text{გ/მლ}$ ) წვისას, რომელიც შეიცავს ოქტანს,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , გამოიყოფა დაახლოებით 8 კგ ნახშირორჟანგი. წიაღისეული საწვავის წვისას წლიურად გამოყოფილი ნახშირორჟანგის რაოდენობა შეადგენს  $2,2 \times 10^{16}$  ტონას (24 ბილიონი ტონა), რომლის დიდი წილი მოდის ტრანსპორტზე.

მეთანის ერთ მოლეკულას 25-ჯერ მეტი წვლილი შეაქვს სათბურის ეფექტში ნახშირორჟანგის ერთ მოლეკულასთან შედარებით. გლობალურ დათბობაში მეთანის წვლილი არის ნახშირორჟანგის

წვლილის ნახევარზე მეტი. მეთანი წარმოიქმნება ჟანგბადით ღარიბ გარემოში.

მეთანს წარმოქმნიან **ანაერობული** ბაქტერიები ჭაობიან ადგილებში, ბრინჯის ნათესების ფესვებში, ნაგავსაყრელებზე, ბალახისმჭამელების საჭმლის მომნელებელ სისტემაში.

გლობალური დათბობის გამომწვევი მიზეზია ამ გაზების რაოდენობის გაზრდა. 1880 წლიდან  $\text{CO}_2$ -ის რ-ბა გაიზარდა 36%-ით,  $\text{N}_2\text{O}$ -ისა – 17%-ით,  $\text{CH}_4$ -ის – 151%-ით, საშუალო ტემპერატურამ კი მოიმატა 0,8%-ით.

თითოეული გაზის კონტრიბუცია სათბურის

ეფექტში განისაზღვრება სიდიდით, რომელსაც გლობალური დათბობის პოტენციალი (**GWP** – **G**lobal **W**arming **P**otential) ეწოდება. იგი განისაზღვრება ორი ფაქტორით – გაზის მიერ ინფრა-

წითელი გამოსხივების შთანთქმის უნარითა და ატმოსფეროში გაზის მოლეკულების დამოუკიდებლად არსებობის ხანგრძლივობით.

⊙ ცხრილში მოცემულია მნიშვნელოვანი სათბურის გაზები:

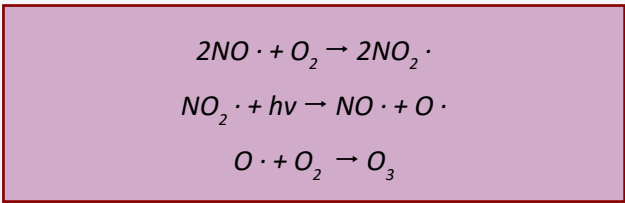
N	დასახელება	კომენტარი
1	წყლის ორთქლი	გლობალურ დათბობაში მისი წილი მერყეობს ფარგლებში 36-75%.
2	CO <sub>2</sub>	<p>თუმცა ატმოსფეროში არის მხოლოდ 0,035% და ეს არის წყლის ორთქლის მესამედი, მაგრამ ამ უკანასკნელთან შედარებით უფრო აქტიურად შთანთქავს ინფრაწითელ გამოსხივებას.</p> <p>ატმოსფეროში ნახშირორჟანგის რაოდენობის ზრდას განაპირობებს ადამიანის შემდეგი აქტივობები:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. წიაღისეული საწვავის წვისას ატმოსფეროში გამოიყოფა ნახშირორჟანგი;</li> <li>2. ცემენტისა და ბეტონის წარმოებაში ადგილი აქვს კალციუმის კარბონატის დაშლას;</li> <li>3. ტროპიკულ ადგილებში ტყის განადგურება ამცირებს ფოტოსინთეზის სიჩქარეს, რაც იმას ნიშნავს, რომ ატმოსფეროში უფრო მეტი ნახშირორჟანგი გროვდება, ვიდრე ატმოსფეროდან გადის. სათბურის ეფექტში ამ გაზის წვლილი მერყეობს ფარგლებში 9 – 26%.</li> </ol>
3	SF <sub>6</sub>	გოგირდის ჰექსაფტორიდის გლობალური დათბობის პოტენციალი 22000-ჯერ აღემატება ნახშირორჟანგისას. ეს ნივთიერება გამოიყენება ელექტროინდუსტრიაში, ჩამრთველებში, და აქვს ინფრაწითელი გამოსხივების ინტენსიურად შთანთქმის უნარი.
4	CH <sub>4</sub>	ნახშირორჟანგზე გაცილებით ინტენსიურად შთანთქავს ინფრაწითელ გამოსხივებას, მაგრამ მისი არსებობა ატმოსფეროში არის ხანმოკლე.
5	N <sub>2</sub> O	ბუნებაში წარმოიქმნება ოკეანეებსა და ნიადაგში ბაქტერიების ზემოქმედებით, ხელოვნურად – 10-12%. ადამიანის მიერ ამ ოქსიდის წარმოქმნის მიზეზებია: აზოტმემცველი სასუქების გამოყენება; აზოტმჟავას, ნაილონის წარმოება.
6	CFCs	ნახშირწყალბადების ფტორისა და ქლორის შემცველი ნაწარმები – აეროზოლები, მაცივრებში – გამაცივებელი აგენტები - ფრეონები.
7	O <sub>3</sub>	ტროპოსფეროში ოზონის რაოდენობამ კატასტროფულად იმატა მრეწველობის განვითარებასთან ერთად. ეს ოზონი წარმოიქმნება მზის სხივების ენერჯის ზემოქმედებით წიაღისეული საწვავის წვისას გამოყოფილი ნახშირწყალბადების ფტორქლორნაწარმებსა და აზოტ(I)-ის ოქსიდზე (რეაქცია მიდის რადიკალური მექანიზმით).

**□ სმოგი**

**სმოგი** – შავი ბოლი, რომელიც წარმოიქმნება ბოლისა და ჭვარტლისგან დიდ ქალაქებსა და სამრეწველო ცენტრებში.

**ფოტოქიმიური სმოგი** არის ჰაერის დაბინძურების ერთ-ერთი ფორმა, რომელიც გამოწვეულია სინათლის ზემოქმედებით აზოტის ოქსიდებზე. ეს ოქსიდები სინათლეზე ურთიერთქმედებენ ჰაერის ჟანგბადთან და წარმოქმნიან ოზონს.

პროცესი მიმდინარეობს რადიკალურ-ჯაჭვური მექანიზმით:



ოზონი იწვევს სუნთქვის პრობლემებს, თავის ტკივილსა და გადაღლას. ეს ოზონი არ უნდა აგვერიოს სტრატოსფეროში\* არსებულ სასარგებლო ოზონის შრესთან, რომელიც აკავებს მზიდან წამოსულ ულტრაიისფერ გამოსხივებას.

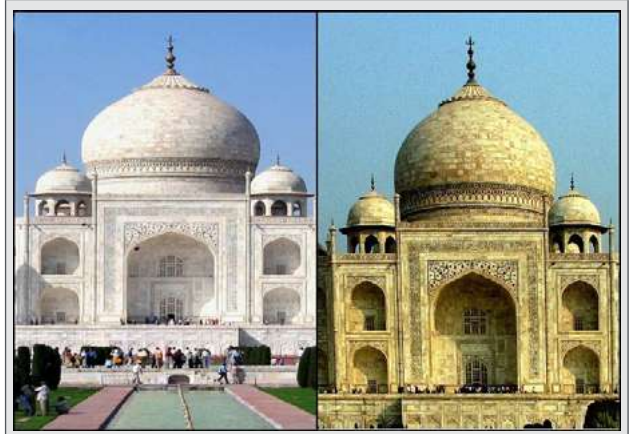
\* გავიხსენოთ, რომ ატმოსფერო შეიცავს 4 შრეს: ტროპოსფეროს, სტრატოსფეროს, მეზოსფეროსა და თერმოსფეროს.

**2. წყალი (მჟავა წვიმა, წყალში გახსნილი ჟანგბადი, ჩამდინარე წყლები)**

**□ მჟავა წვიმა**



**სურათი.** გორჯ ვაშინგტონის ქანდაკება ნიუ იორკში 1944 წელს და დღეს.



**სურათი.** ტაჯ მაჰალი ინდოეთი.



**სურათი.** სურათებზე ნაჩვენებია მჟავა წვიმების შედეგად მიყენებული ზიანი.

ტერმინი „მჟავა წვიმა“ გულისხმობს მომატებული მჟავიანობის სხვადასხვა ატმოსფერულ ნალექს (წვიმა, თოვლი, სეტყვა). მჟავიანობა განისაზღვრება pH წყალბადური მაჩვენებლით, კერძოდ, რაც უფრო ნაკლებია ამ მაჩვენებლის მნიშვნელობა (0 – 7), მით მეტია მჟავიანობა. ჩვეულებრივი წვიმის წყლის pH = 5,6 ჰაერში ბუნებრივად არსებული ნახშირორჟანგის გამო. თუ pH < 5,6 , ამბობენ, რომ ადგილი აქვს მჟავა წვიმას. მჟავიანობის ზრდას იწვევს ატმოსფეროში აზოტისა და გოგირდის ოქსიდების დაგროვება.

ტერმინი პირველად შემოიღო/გამოიყენა 1872 წ რობერტ სმიტმა, აკვირდებოდა რა ვიქტორიას ეპოქის მანჩესტერში არსებულ სმოგს.

### ■ მკავა წვიმების გამომწვევი მიზეზები

მიზეზი შეიძლება იყოს როგორც ბუნებრივი, ისე ანთროპოგენური.

### ■ ბუნებრივი მიზეზები

მიკროორგანიზმების მოქმედება – რიგი მიკროორგანიზმების ცხოველქმედების პროცესში იწვევს ორგანული ნივთიერებების დაშლას, რაც, თავის მხრივ, იწვევს გოგირდის შემცველი აირადი ნივთიერებების წარმოქმნას, რომლებიც ხვდებიან ატმოსფეროში. ამ გზით ატმოსფეროში გროვდება 30-40 მლნ ტ გოგირდის ოქსიდები, რაც საერთო რაოდენობის 1/3-ს შეადგენს.

ვულკანების ამოფრქვევის შედეგად, ატმოსფეროში გროვდება 2 მლნ ტ გოგირდის შემცველი ნაერთები. ვულკანურ გაზებთან ერთად, ტროპოსფეროში ხვდება გოგირდის დიოქსიდი, გოგირდწყალბადი, სხვადასხვა სულფატი და ელემენტური გოგირდი.

ცილოვანი შედგენილობის აზოტშემცველი ბუნებრივი ნივთიერებების დაშლას მივყავართ თავისუფალი აზოტის წარმოქმნამდე.

ჭექა-ქუხილის დროს ელექტრული განმუხტვისას წარმოიქმნება 8 მლნ ტ აზოტის ნაერთები.

**მერქნისა და სხვა ბიომასის წვა (ბიომასის შესახებ იხ. ბმული:**  
<https://ka.wikipedia.org/wiki/%E1%83%91%E1%83%98%E1%83%9D%E1%83%9B%E1%83%90%E1%83%A1%E1%83%90>

### ■ ანთროპოგენური მიზეზები

(აღამიანის უარყოფითი ჩარევა ბუნებაში):

- ფაბრიკა – ქარხნები (255 მლნ ტ აზოტისა და გოგირდის ოქსიდები);
- თბოელექტროსადგურები;
- ავტომობილები;
- მყარ საწვავზე მომუშავე საჰაერო ხომალდები – ერთ-ერთი ასეთი კომპლექსის, „შატლის“, გაშვებისას ატმოსფეროში ხვდება 200 ტ ქლორწყალბადი და 90 ტ აზოტის ოქსიდები;
- გოგირდის ოქსიდების ანთროპოგენური წყაროა ნავთობგადამამუშავებელი და გოგირდმჟავას საწარმოები;
- ავტომობილების გამონაბოლქვი – ატმოსფეროში გატყორცნილი აზოტის ოქსიდების საერთო რაოდენობის 40%.

ატმოსფეროში ადვილად აქროლადი ორგანული ნაერთების დაგროვების წყაროა ქიმიური საწარმოები, ნავთობის საცავები, ბენზინგასამართი სადგურები, საყოფაცხოვრებო დანიშნულების ორგანული გამხსნელები.

### ■ დასკვნა

აღამიანის საქმიანობის შედეგად ატმოსფეროში მოხვედრილი მავნე ნივთიერებების რაოდენობა ასეთია:

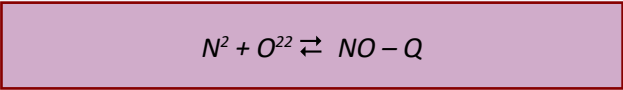
- გოგირდის ნაერთები – 60%;
- აზოტის ნაერთები – 40-50%;
- ორგანული ნაერთები – 100%.

### ■ პროცესის ქიმია

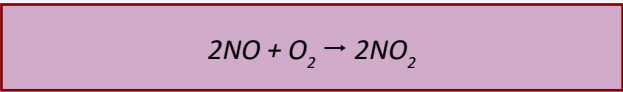
ატმოსფეროში მოხვედრილი ოქსიდები წარმოქმნიან აზოტ- და გოგირდმჟავებს, რომლებიც წვიმის წყალთან ერთად ხვდებიან ნიადაგში და აზიანებენ მას. განვიხილოთ ატმოსფეროში ამ მჟავების წარმოქმნის მექანიზმი.

**აზოტმჟავა**

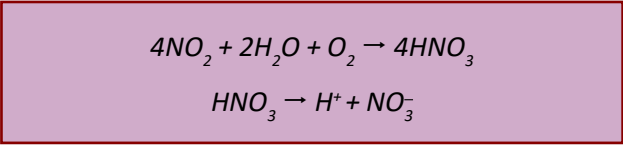
ატმოსფეროში აზოტმჟავა წარმოიქმნება აზოტის ოქსიდებისგან. თავის მხრივ, აზოტის ოქსიდების ატმოსფეროში დაგროვების პროცესი რამდენიმე ეტაპს მოიცავს, რომელთაგან პირველი არის ელექტრული განმუხტვის დროს (3000 – 4000 °C) ჰაერში არსებული აზოტის რეაქცია ჟანგბადთან:



აზოტის მონოოქსიდი შემდგომ იჟანგება აზოტის დიოქსიდამდე

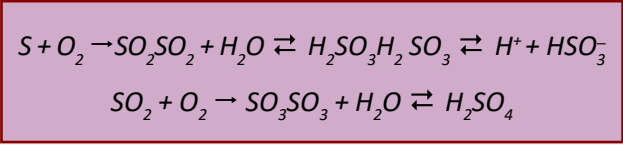


ეს უკანასკნელი კი ჰაერში არსებულ წყლის ორთქლთან და ჟანგბადთან წარმოქმნის აზოტმჟავას, რომელიც ძლიერი მჟავაა და ადვილად დისოცირდება შესაბამის იონებად:



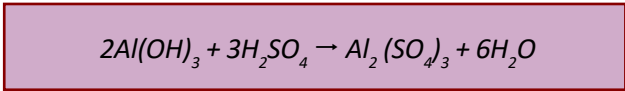
**გოგირდმჟავა**

გოგირდის ოქსიდები წარმოიქმნება წიაღისეული საწვავის წვისას (მაგ., ნახშირის წვისას). წაიღისეული საწვავი ნიადაგში წარმოიქმნება ორგანიზმების გახრწნის შედეგად. ეს უკანასკნელი შეიცავენ ცილებს, რომლებიც, თავის მხრივ, შეიცავენ დისულფიდური ხიდების შემცველი ამინომჟავების ნაშთებს. როდესაც გოგირდის შემცველი წიაღისეული იწვის, მასში არსებული გოგირდი ჟანგბადთან წარმოქმნის გოგირდის დიოქსიდსა და გოგირდის ტრიოქსიდს.



**მჟავა წვიმების უარყოფითი შედეგები:**

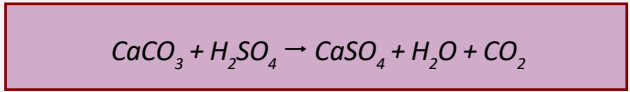
- მცენარეული საფარის განადგურება – ნადგურდება ტყეები, განსაკუთრებით, მაღალმთიან რეგიონებში, სადაც ხეები ჩაფლულნი არიან მჟავა ღრუბლებში. მომატებული მჟავიანობა შლის ფოთლებს. ზიანდება ფოთლის ქლოროფილი, ფოთოლი იღებს ყავისფერ შეფერილობას და ამცირებს მცენარის ფოტოსინთეზის შესაძლებლობას;
- ადამიანის ჯანმრთელობა – ჰაერთან ერთად შესუნთქული გოგირდშემცველი ნაერთები იწვევენ ასთმას, ბრონქიტს, ადამიანი იკვებება დაბინძურებულ ნიადაგზე მოყვანილი პროდუქტით;
- ტბებისა და მდინარეების pH-ის ცვლილება, რაც უარყოფითად აისახება მათ ბინადრებზე, კერძოდ, იქ, სადაც pH < 5,1, თევზები ვეღარ დებენ ქვირითს და იღუპებიან;
- თევზები ასევე იღუპებიან იმის გამოც, რომ მჟავა წვიმების გავლენით ალუმინი ნიადაგიდან ტბებსა და მდინარეებში გადადის, აზიანებს თევზის ლაყუჩებს, რის გამოც თევზები ვეღარ იღებენ ჟანგბადს წყლიდან;
- უარყოფითი ზემოქმედება ნიადაგზე – ნიადაგისთვის გადამწყვეტ როლს ასრულებს მჟავიანობა – pH. იგი განსაზღვრავს მცენარეების ზრდას. ალუმინის იონები არის ნიადაგში სხვადასხვა ფორმით. მაღალ pH-ზე ალუმინის ფორმაა უხსნადი ალუმინის ჰიდროქსიდი. როდესაც pH მცირდება მჟავა წვიმების შედეგად, ალუმინის იონები გადადის ხსნარში. მაგ., თუ წვიმა შეიცავს გოგირდმჟავას, მაშინ რეაქციის შედეგად გამოიყოფა წყალში ხსნადი ალუმინის სულფატი:



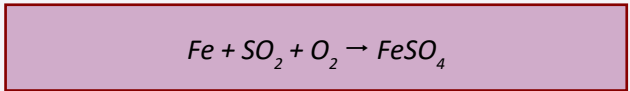
- მაგნიუმისა და კალციუმის იონები, რომლებიც ძალზედ მნიშვნელოვანია მცენარის ზრდისთვის, აგრეთვე გამოირეცხება ნიადაგიდან ანალოგიური გზით. ამიტომ მცენარის ფესვები ვეღარ მიიღებს ამ იონებს. დაბალი

pH ასევე ხელს უწყობს რკინისა და მანგანუმის იონების გადასვლას წყალში, რაც ტოქსიკურია მცენარისთვის;

- ზიანდება შენობების ფასადები, არქიტექტურის ძეგლები. საფრთხე ემუქრება მარმარილოს ქანდაკებებს, ძველებურ ვიტრაჟებს, შენობებს. მრავალი ისტორიული შენობის სამშენებლო მასალად გამოყენებულია მარმარილო, კირქვა. ეს მასალები მჟავა წვიმების ზემოქმედებით იშლება:



- აზიანებს მილებს, იწვევს მეტალების კოროზიას; მეტალის კონსტრუქციები, განსაკუთრებით – რკინისა (ფოლადის) და ალუმინის, ზიანდება მჟავა წვიმების მავნე ზემოქმედების შედეგად. გოგირდის დიოქსიდი უშუალოდ შედის რეაქციაში რკინასთან:



ან გოგირდმჟავა შეიძლება შევიდეს რეაქციაში რკინასთან:  $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2$

ყველა ეს პრობლემა, პირდაპირ თუ ირიბად, საზიანოა ადამიანის ჯანმრთელობისთვის.

### ■ პრობლემის გადაჭრის გზა

პრობლემა არის გლობალური და იგი უნდა გადაიჭრას სისტემურად. არსებობს რამდენიმე გამოსავალი:

საწარმოებიდან მავნე ნაერთების გამოყოფის შემცირება როგორც ატმოსფეროში, ისე წყალში. ეს შეიძლება მოხდეს: ა) საწარმოს დახურვით; ბ) ძვირადღირებული ფილტრების დამონტაჟებით, ეკოლოგიურად უსაფრთხო წარმოებაზე გადასვლით.

ადამიანის ცნობიერება უნდა შეიცვალოს ამ მიმართულებით. გაბატონებულია აზრი: სხვა აბინძურებს, მე – არა.

აუცილებელია ნარჩენების უტილიზაციის წესების ცოდნა და მათი დაცვა, განსაკუთრებით ეს ეხება ტოქსიკურ და მავნე ქიმიურ ნარჩენებს.

უარის თქმა ავტომობილებზე? ეს შეუძლებელია, მაგრამ შესაძლებელია ელექტრომობილებზე გადასვლა.

ეკოლოგიურად გათვითცნობიერებული და განათლებული თაობის აღზრდა.

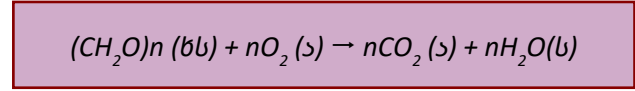
ატმოსფეროში მჟავა წვიმების გამომწვევი ნივთიერებების შემცირება; სატრანსპორტო საშუალებების გამონაბოლქვი გაზების დამუშავება კატალიზურ კონვერტორებში; ნიადაგის, ტბების, მდინარეების დამუშავება კირქვითა და ჩამქრალი კირით.

### ● წყალში გახსნილი ჟანგბადი

■ ბიოქიმიურ პროცესებში დახარჯული ჟანგბადი

ჟანგბადის წყალში ხსნადობა დაბალია – 8,3 მგ/დმ<sup>3</sup> 25°C-ზე და შეიძლება კიდევ უფრო შემცირდეს წყალში ბიოლოგიური ნარჩენების რაოდენობის ზრდის ხარჯზე. როდესაც ჟანგბადის კონცენტრაცია არის 5მგ/დმ<sup>3</sup>-ზე ნაკლები, თევზებისთვის ეს საგანგაშოა, ხოლო თუ ნაკლებია 3 მგ/დმ<sup>3</sup>-ზე – თევზები იღუპებიან.

ამ პროცესის გამომწვევი მიზეზია წყალში სხვადასხვა გზით მოხვედრილი ორგანული ნივთიერებები, რომლებიც ღროთა განმავლობაში იშლებიან წყალში არსებული მიკროორგანიზმების ზემოქმედებით:



ეს პროცესი ცნობილია **აერობული** დაშლის სახელწოდებით, ვინაიდან მასში მონაწილე მიკროორგანიზმები მოიხმარენ ჟანგბადს. შედეგად, წყალში თევზებისთვის საჭირო ჟანგბადის რაოდენობა **მცირდება**.

**BOD (Biochemical Oxygen Demand** – ბიოქიმიურ პროცესებზე დახარჯული ჟანგბადი) გვიჩვენებს

ჟანგბადის იმ რაოდენობას, რომელიც იხარჯება ორგანული ნარჩენების, წყალმცენარეების მიკრო-ორგანიზმებით დაშლაზე. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, იხარჯება **არამიზნობრივად**. ამიტომ, რაც უფრო მცირეა ეს სიდიდე, მით უფრო სუფთაა წყალი და პირიქით. მაგ., სუფთა წყლისთვის საყოველთაოდ მიღებული ნორმაა 1მგ/დმ<sup>3</sup>, დაბინძურებული წყლისთვის კი ეს მაჩვენებელი მეტია 5 მგ/დმ<sup>3</sup>-ზე.

თუ წყლის BOD = 5 მგ/დმ<sup>3</sup>, ეს ნიშნავს, რომ წყალში ჟანგბადის „თავისუფალი“ რაოდენობაა 3 მგ/დმ<sup>3</sup> (25°C -ზე წყალში არსებული ჟანგბადის ჯამური რაოდენობას უნდა გამოვაკლოთ BOD: 8 – 5 = 3მგ/დმ<sup>3</sup>) და ასეთ წყალში თევზები იღუპებიან.

● ევტროფიკაცია

**ევტროფიკაცია** – გულისხმობს წყალმცენარეების ზრდისათვის საჭირო მკვებავი ნივთიერებების (ნუტრიენტების) რაოდენობის ზრდას. თავის მხრივ, მცენარეების რაოდენობის გაზრდა გამოიწვევს წყალში არსებული ჟანგბადის მეტ მოხმარებას, რაც იმას ნიშნავს, რომ თევზებს აღარ რჩებათ საკმარისი ჟანგბადი და მათი პოპულაცია მცირდება.

ყველაზე ხელსაყრელი გარემო თევზებისთვის არის ტბებში. ეს იმით აიხსნება, რომ ტბის წყალში მცირეა აზოტისა და ფოსფორის შემცველობა, რაც, თავის მხრივ, არეგულირებს წყალმცენარეების ზრდას და მათ მიერ ჟანგბადის მოხმარებას.

რა ხდება ადამიანის უხეში ჩარევის შედეგად? ადამიანის საქმიანობის შედეგად, ტბებსა და მდინარეებში ჩაღვრილი წყლები შეიცავს მინერალურ სასუქებს, რომლებიც ხელს უწყობს ტბის/მდინარის წყლებში ნუტრიენტების (განსაკუთრებით, ფოსფორის შემცველი ნივთიერებების) რაოდენობის ზრდას. ეს კი იწვევს წყალმცენარეების ზრდას და მათ მიერ მოხმარებული ჟანგბადის რაოდენობის ზრდას, რის გამოც ჟანგბადი აკლდებათ თევზებს.

წყალმცენარეები აძლევენ წყალს არასასიამოვნო სუნს, ფერს, გამოყოფენ ტოქსინებს. ასეთი წყალი არასასურველია თევზაობისა და ნაოსნობისთვის,

ასეთი წყლის სასმელად გადამუშავება რთულია. ჟანგბადის რაოდენობა შეიძლება ისე შემცირდეს, რომ **აერობული** ბაქტერიები დაიღუპონ. ასეთ შემთხვევაში **ანაერობული** ბაქტერიები დაშლიან მკვდარ წყალმცენარეებს და წარმოქმნიან არასასიამოვნო სუნის ამიაკს, გოგირწყალბადს, მეთანს, თიოალკოჰოლს (RSH). ამ ნივთიერებების გამო ტბა დამსვენებლებისთვის გამოუსადეგარი ხდება. ბაქტერია „კლოსტრიდუმ ბოტულინუმი“ გამოყოფს მეტად საშიშ ტოქსინებს, რომლებიც ანადგურებენ ფრინველებსა და ძუძუმწოვრებს.

**კლოსტრიდუმ ბოტულინუმი** – სპორების წარმომქმნელი ჩხირებია, რომლებიც ხელს უწყობენ ბოტულიზმის განვითარებას. ამ ბაქტერიის ერთ სუფრის კოვზს შეუძლია გაანადგუროს მილიონობით ადამიანი.

● თერმული დაბინძურება

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, ჟანგბადის წყალში ხსნადობა დამოკიდებულია ტემპერატურაზე. ადამიანის საქმიანობა კი ხელს უწყობს წყლის ტემპერატურის ცვლილებას. ეს მოვლენა ცნობილია **თერმული დაბინძურების** სახელწოდებით და მასში მოიაზრება წყლის ტემპერატურის როგორც მატება, ისე კლება.

მაგ., ელექტროსადგურების ტურბინებს გასაგრილებლად მიეწოდება წყალი ტბიდან, მდინარიდან. ეს წყალი, აცივებს რა ტურბინებს, თვითონ თბება და უკან ბრუნდება ტბებსა და მდინარეებში, საშუალოდ 20°C-ით უფრო მაღალი ტემპერატურის.

წყლის ტემპერატურის მატება იწვევს ჟანგბადის რაოდენობის შემცირებას **ორი** მიზეზის გამო. **პირველი** – ტემპერატურის გაზრდით გაზის ხსნადობა მცირდება. **მეორე** – მაღალ ტემპერატურაზე მიკროორგანიზმები სუნთქავენ უფრო სწრაფად, რის გამოც ბიოლოგიური მასალების დაშლა (რასაც ჟანგბადი სჭირდება) უფრო ინტენსიურად მიმდინარეობს.

ჩამდინარე წყლის დაბალი ტემპერატურა არის თევზების გამრავლების შემაფერხებელი ფაქტორი.

⊙ ჩამდინარე / ნახმარი წყლის გადამუშავება

**წყლის პირველადი დამაბინძურებლები:**

- ⊙ ტოქსიკური მძიმე მეტალები;
- ⊙ პესტიციდები (ინსექტიციდები და ჰერბიციდები);

- ⊙ ქიმიური ნარჩენები (დიოქსინები, PCBs – პოლიქლორობიფენილები);
- ⊙ მინერალური სასუქები – ნიტრატები, ფოსფატები;

N	დამაბინძურებელი	წყარო	უარყოფითი ზეგავლენა
1	ვერცხლისწყალი	კატალიზატორი ნატრიუმის ქლორიდის წყალხსნარის ელექტროლიზის პროცესში; ზოგიერთი საღებავი; კატალიზატორი ორგანულ სინთეზში; თანაური პროდუქტი ცემენტის წარმოებაში.	აზიანებს ნერვულ სისტემას, იწვევს სიბრმავეს, არღვევს კოორდინაციას, იწვევს დამბლას.
2	ტყვია	ბენზინში ტეტრაეთილტყვიის დამატება აიკრძალა, ამიტომ მისი რაოდენობა შემცირდა, თუმცა იგი შედის ძველი შენობების წყლის მიღების შედეგნილობაში.	ნერვული სისტემა, მხედველობის პრობლემები, ფსიქიკური პრობლემები, მოჭარბებული ძილიანობა.
3	კადმიუმი	თუთიის მოპოვება, თუთიით დაფარვა (გალვანიზაცია) – ამ პროცესებს თან ახლავს კადმიუმის გამოყოფა ატმოსფეროში; კადმიუმის ნაერთების გამოიყენება ნარინჯისფერ პიგმენტად მხატვრობაში.  ნიკელ-კადმიუმის მრავალჯერადი დამუხტვის ბატარეის ნაგავსაყრელზე მოხვედრის შემთხვევაში კადმიუმი ხვდება მიწისქვეშა წყლებში.	კანცეროგენი და უადრესად ტოქსიკურია. კადმიუმის შემცველი ორთქლის ჩასუნთქვა იწვევს ფილტვების შეშუპებასა და სიკვდილს.
4	ქრომი	გამოიყენება ელექტროდაფარვასა და ტყავის დამუშავებაში.	ქრომ(VI)-ის ნაერთები კანცეროგენულია, აღიზიანებს თვალებს, ლორწოვან გარსს, იწვევს სიბრმავეს.
5	ინსექტიციდები <b>DichloroDiphenyl Trichloroethane (DDT)</b> <b>დიქლორდიფენილტრიქლოეთანი (დდტ)</b>	დდტ/DDT – ეს არის მწერის ნეიროტოქსინი.	ამცირებს ფრინველთა პოპულაციას – ვინც კვების ჯაჭვში მაღლა დგას (შევარდენი, არწივი) მათში აკუმულირდება დდტ. დდტ იხსნება ცხიმში, რის გამოც გროვდება ცხოველების ქსოვილებში. ამჟამად აკრძალულია ბევრ ქვეყანაში, მაგრამ ზოგიერთში გამოიყენება როგორც მალარიის საწინააღმდეგო საშუალება.

6	ჰერბიციდები	ჰერბიციდებით ამუშავებენ მინდვრებს. მიზანი – სარეველების მოცილება ახალ თესვამდე. ნიადაგიდან გამორეცხვის შედეგად კი ხვდება მდინარეებსა და ტბებში.	სახიფათოა მათი ორგანიზმში მოხვედრა (გადაყლაპვის ან ჩასუნთქვის გზით).
7	ორგანული ნარჩენები (დიოქსინები, PCBs – პოლიქლორობიფენილები)	პლასტმასის ნარჩენების საწვავ ღუმელებში დაწვის შედეგად; ასევე თანაური პროდუქტია ჰერბიციდების წარმოებაში, სიგარეტის კვამლი და სხვადასხვა წვის შედეგად მიღებული ქვარტლი, მინარევის სახით მას შეიცავს ჰერბიციდი „აგენტი ნარინჯი“.	დიოქსინი იხსნება ცხიმში; აზიანებს გულს, თირკმელებს, ფილტვებს, მუცლადმყოფ ნაყოფს, არიან კანცეროგენები. კანის დაავადება – ქლორაცნე.
8	მინერალური სასუქები – ნიტრატები, ფოსფატები	მინერალურ სასუქებად სოფლის მეურნეობაში. ნიადაგიდან გამორეცხვის შემდეგ კი ხვდება მდინარეებსა და ტბებში.	ნიტრატების, ფოსფატების გამოყენებას მივყავართ ევტროფიკაციამდე.

**წყლის დამუშავება მავნე მინარევების მოცილების მიზნით:**

**I ეტაპი** – მყარი ნაწილაკების მოშორება;

**II ეტაპი** – ორგანული ნივთიერებების მოშორება ჟანგბადისა და ბაქტერიების გამოყენებით;

**III ეტაპი** – ქიმიური დამუშავება დარჩენილი არაორგანული ნაერთების (ნიტრატების, ფოსფატების) და მძიმე მეტალების მოსაცილებლად.

აზოტის ნაერთების მოცილება ჩამდინარე წყლიდან მნიშვნელოვანია მდინარეებისა და ტბების ევტროფიკაციის თავიდან აცილების მიზნით. ჩამდინარე წყლებში ორი ტიპის აზოტემცველი ნაერთებია: ამონიუმის იონი და ნიტრატოიონი. თითოეული ტიპის იონის მოცილება ხდება სხვადასხვა ბაქტერიის ზემოქმედებით.

N	ნიადაგის დამაბინძურებელი	წყარო
1	სოფლის მეურნეობის ნარჩენები	სასუქები, ჰერბიციდები
2	საყოფაცხოვრებო ნარჩენები	ადამიანის ყოფა-ცხოვრების თანმდევი ნაგავი
3	საწარმოო ნარჩენები	ქარხნები (მათ შორის, ნავთობგადამამუშავებელი), ფაბრიკები

**საყოფაცხოვრებო ნარჩენები**

**საყოფაცხოვრებო ნარჩენების უტილიზაცია**

უტილიზაციის ორი ხერხია ცნობილი – ნიადაგში ჩამარხვა და დაწვა.

ორივე მეთოდი უარყოფით ზეგავლენას ახდენს გარემოზე. ამიტომ დღეს აქტუალურად დგას ნარჩენების გადამუშავების საკითხი.

ნარჩენების გადამუშავების დადებითი მხარეა:

- 1) ნაგავი აღარ იყრება და არ აბინძურებს გარემოს;
- 2) პლასტმასების, მეტალების მეორადი გადამუშავება ამცირებს არაგანახლებადი ბუნებრივი რესურსების ხარჯვას.

**საყოფაცხოვრებო ნარჩენები შეიძლება დავყოთ 5 კატეგორიად:**

1. კვების ნარჩენები – ბიოდეგრადირებადი, იშლება ბაქტერიების ზემოქმედებით;
2. გადასამუშავებლად ვარგისი – მინა, პლასტმასა, მეტალი, ქაღალდი;
3. ძნელადგადასამუშავებელი – ტანსაცმელი, რძის მუყაოს კოლოფები, პლასტამსანარევი მუყაოს ყუთები;
4. ინერტული ნარჩენები – სამშენებლო, კონსტრუქციები;
5. საშიში ნარჩენები – საღებავები, საყოფაცხოვრებო ქიმია, პესტიციდები, სარეცხი საშუალებები, ბატარეები, ნათურები, წამლები;

**გაორგანიზებული აქტივობა**

1. განხილულ მასალაზე დაყრდნობით დაადგინეთ, რომელი ეკოლოგიური პრობლემა ფარავს სამივე მიმართულებას და ააგეთ ვენის დიაგრამა;
2. მასალის საფუძველზე ააგეთ გონებრივი რუკა

**დამოუკიდებელი სამუშაო**

1. მოსავლიანობის გაზრდის მიზნით, ჭაობიანი მთავა ნიადაგის გასაკირიანებლად კირქვით ან ცარციტ მინდვრის ყოველ 1ჰა ფართობზე შეაქვთ 3,5ტ კალციუმის ოქსიდი. რა მასის ცარცი უნდა შევიტანოთ 50ჰა ფართობის მინდორზე, თუ ჩავთვლით, რომ ცარცი შედგება სუფთა კალციუმის კარბონატისაგან? (312,5ტ)
2. ჩამდინარე წყლებში აზოტმთავას დასაშვები კონცენტრაციაა 30-35 მგ/ლ. დაადგინეთ 75ტ ჩამდინარე წყალში აზოტმთავას მასური წილი. (0,0035%)

**ეს საინტერესოა!**

(იხ. გეოგრაფია ანთროპოგენური კატასტროფები)

დღეისათვის (მონაცემები მუდმივი განახლების რეჟიმშია) ჰაერი ყველაზე მეტად დაბინძურებულია შემდეგ ქვეყნებში/ყველაზე დაბინძურებული ჰაერის ქვეყნების ათეული ასე გამოიყურება: ბანგლადეში, პაკისტანი, ინდოეთი, ავღანეთი, ბაჰრეინი, მონღოლეთი, ქუვეითი, ნეპალი, არაბეთის გაერთიანებული საემიროები, ნიგერია.

დაბინძურებული ჰაერის გამო წელიწადში შვიდ მილიონზე მეტი ადამიანი იღუპება.

ჰაერის სისუფთავის მიხედვით, პირველ ათეულში შედიან ქვეყნები: ისლანდია, ფინეთი, ავსტრალია, ესტონეთი, შვეიცარია, ნორვეგია, ახალი ზელანდია, კანადა, ამერიკის შეერთებული შტატები, პორტუგალია.

**საქართველოში ჰაერის დაბინძურების შესახებ ინფორმაციას მუდმივად განახლებად რეჟიმში მუშაობს გაეცნოთ ბმულებზე:**

- <https://air.gov.ge/>
- <https://www.greenpeace.org/international/>
- <https://www.iqair.com/>

**ეს საინტერესოა!**

ბოლო წლებში ცალკე მიმართულებად ჩამოყალიბდა და სწრაფად ვითარდება ქიმიის ახალი დარგი „მწვანე ქიმია“. იგი გულისხმობს ქიმიური პროცესების დაგეგმვასა და განხორციელებას გარემოსათვის ზიანის მიყენების მინიმუმამდე დაყვანით. ცნობილია „მწვანე ქიმიის“ 12 პრინციპი, რომელთა დაცვარეკომენდებულია ქიმიური პროცესების დაგეგმვისას ეკოლოგიური უსაფრთხოების კუთხით.

# მწვანე ქიმიის 12 პრინციპი

## 1. ნარჩენების პრევენცია



სასურველია პროცესის წარმართვა თანაური პროდუქტის მინიმალური რაოდენობის მიღებით, რათა თავიდან ავიცილოთ არამიზნობრივი პროდუქტის უტილიზაცია და ამ პროცესისათვის საჭირო დამატებითი ხარჯი.

## 7. განახლებადი რესურსები



სასურველია განახლებადი რესურსების გამოყენება, როგორცაა მცენარეული წარმოშობის რესურსები და სხვა პროცესების ნარჩენები.

## 2. ატომეკონომია/ატომეფექტიანობა



ქიმიური რეაქცია უნდა დაიგეგმოს იმგვარად, რომ რეაგენტებში შემავალი ატომები მაქსიმალურად მოხვდნენ მიზნობრივ პროდუქტში და არა თანაურში.

## 8. შუალედური პროდუქტების შემცირება



მრავალსაფეხურიან პროცესს თან ახლავს შუალედური ნაერთების წარმოქმნა, რაც არასასურველია, ვინაიდან ყოველი დამატებითი საფეხური/ეტაპი ზრდის გამოყენებული რესურსებისა და წარმოქმნილი ნარჩენების რაოდენობას.

## 3. არატოქსიკური რეაქტივები



ექსპერიმენტში ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის **ნაკლებად** საშიხონ რეაქტივების გამოყენება.

## 9. კატალიზატორის გამოყენება



ამცირებს რეაქციის ტემპერატურას, რითიც ზოგავს ენერგიას; ამცირებს გვერდითი რეაქციების ალბათობას; ზრდის მიზნობრივი პროდუქტების გამოსავალს.

## 4. არატოქსიკური პროდუქტები



ექსპერიმენტის შედეგად ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის **ნაკლებად** ტოქსიკური რეაქციის პროდუქტების მიღება.

## 10. ნარჩენების უტილიზაცია



სასურველია, რეაქციის შედეგად მიღებული ნივთიერება იყოს ბიოდეგრადირებადი და დაშლის პროდუქტები არ იყოს გარემოსათვის საშიხონ.

## 5. არატოქსიკური გამხსნელები



უმჯობესია რეაქციის ჩატარება გამხსნელის გარეშე, თუ **გამხსნელი** საჭიროა, სასურველია, ის იყოს არატოქსიკური ან ნაკლებად ტოქსიკური და იყოს სუფთა, რათა თავიდან ავიცილოთ ექსპერიმენტის დამატებითი ეტაპი-გამხსნელის გასუფთავება.

## 11. გარემოს დაბინძურების პრევენცია



ამა თუ იმ რეაქციის ჩატარებისათვის ოპტიმალური პირობების შერჩევას ერთ-ერთი ფაქტორი უნდა იყოს **გარემოში** მავნე, ტოქსიკური ნივთიერებების გამოყოფის პრევენცია.

## 6. ენერგიის მინიმალური ხარჯი



სასურველია ისეთი ექსპერიმენტების შერჩევა, რომელთა ჩატარება შესაძლებელია ოთახის ტემპერატურაზე ან რომელთა ჩატარებას სჭირდება ენერგიის მინიმალური დანახარჯი.

## 12. უსაფრთხოების წესების დაცვა



უბელური შემთხვევის თავიდან აცილების მიზნით უნდა: ა) დავიცვათ საბუნებისმეტყველო ლაბორატორიაში მუშაობის უსაფრთხოების წესები; ბ) შევარჩიოთ ისეთი ცდები, რომ თავიდან ავიცილოთ გაზის გაჟონვა, აფეთქება, ხანძარი.

## მწვანე ქიმიის 12 პრინციპი





## 1. ნარჩენების პრევენცია



თანაური პროდუქტების მინიმალური რაოდენობა არამიზნობრივი პროდუქტის უტილიზაციაზე საჭირო დამატებითი ხარჯის თავიდან აცილების მიზნით.



## 2. ატომეკონომია/ატომეფექტიანობა



რეაგენტებში შემავალი ატომები მაქსიმალურად უნდა მოხვდნენ მიზნობრივ პროდუქტში და არა თანაურში.





### 3. არატოქსიკური რეაქტივები

“

ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის ნაკლებად საზიანო რეაქტივების გამოყენება.



### 4. არატოქსიკური პროდუქტები

“

ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის ნაკლებად საზიანო ნივთიერებების მიღება.





## 5. არატოქსიკური გამსხნელები



ადამიანის ჯანმრთელობისა და გარემოსათვის  
ნაკლებად საზიანო გამსხნელების მიღება.



## 6. ენერჯის მინიმალური ხარჯი



რეაქციის ჩატარება ოთახის  
ტემპერატურაზე ან ენერჯის  
მინიმალური დანახარჯით.





## 7. განახლებადი რესურსები



მცენარეული წარმოშობის რესურსებისა და სხვა პროცესების ნარჩენების გამოყენება.



## 8. ბუნებრივი რესურსები



### განახლებადი:

- ჰაერი;
- წყალი;
- ნიადაგი;

მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნედლეული.

### არაგანახლებადი:

- საწვავი;
- მეტალების საბადოები;
- მინერალები





## 8. შუალედური პროდუქტების შემცირება



მრავალსაფეხურიანი პროცესი მოიცავს რამდენიმე ეტაპს, რაც ზრდის გამოყენებული რესურსებისა და წარმოქმნილი ნარჩენების რაოდენობას.



## 9. კატალიზატორი



- ⦿ ამცირებს რეაქციის ტემპერატურას;
- ⦿ ამცირებს გვერდითი რეაქციების ალბათობას;
- ⦿ ზრდის მიზნობრივი პროდუქტის გამოსავალს.





## 10. ნარჩენების უტილიზაცია



სასურველია, რეაქციის შედეგად მიღებული ნივთიერება იყოს ბიოდეგრადირებადი და დაშლის პროდუქტები არ იყოს გარემოსათვის საზიანო.



## 11. გარემოს დაბინძურების პრევენცია



რეაქციის ჩატარებისათვის ოპტიმალური პირობების შერჩევასას გასათვალისწინებელია გარემოში, ატმოსფეროში მავნე, ტოქსიკური ნივთიერებების გამოყოფის პრევენცია.





## 12. არატოქსიკური გამხსნელები



უბედური შემთხვევის თავიდან აცილების მიზნით  
საჭიროა:

- ა) დავიცვათ საბუნებისმეტყველო ლაბორატორიაში მუშაობის უსაფრთხოების წესები;
- ბ) შევარჩიოთ ისეთი ცდები, რომ თავიდან ავიცილოთ გაზის გაჟონვა, აფეთქება, ხანძარი.





## 2. ატომეკონომია

### აქტივობა 1

- რა განსხვავებაა %-ულ გამოსავალსა და ატომეკონომიას შორის და რისთვის არის საჭირო ამ უკანასკნელის გამოთვლა?

ამ კითხვაზე პასუხის გასაცემად განვიხილოთ წყალბადის მიღების სამი სხვადასხვა ხერხი.

დავუშვათ, რომ სამივე შემთხვევაში რეაქციის გამოსავალი არის ერთნაირი.



## 2. ატომეკონომია

### აქტივობა 1

**არსებითი კითხვა:**

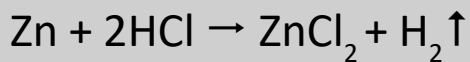
- რომელ ხერხს აირჩევთ ასეთ შემთხვევაში და რატომ?



## 2. ატომეკონომია

### აქტივობა 1

#### 1. თუთიის ურთიერთქმედება მარილმჟავასთან



$$\% \text{ ატომეკონომია} = \frac{2}{136 + 2} \times 100\% = \mathbf{1,45\%}$$

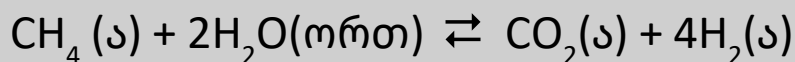


## 2. ატომეკონომია

### აქტივობა 1

#### 2. მეთანის კონვერსია წყლის ორთქლით

( $t = 800-900^\circ\text{C}$ ,  $\text{kat} - \text{Ni}$  (წყალგაზის მიღება))



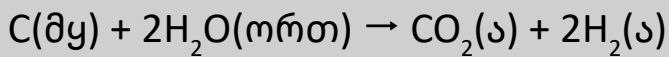
$$\% \text{ ატომეკონომია} = \frac{4 \times 2}{44 + (4 \times 2)} \times 100\% = \frac{8}{52} \times 100\% = \mathbf{15,4\%}$$



## 2. ატომეკონომია

### აქტივობა 1

3. ნახშირის ურთიერთქმედება წყლის ორთქლთან:



12გ                      2 × 18გ                                      44გ                      2 × 2გ

$$\% \text{ ატომეკონომია} = (4 : 48) \times 100\% = \mathbf{8,3\%}$$

ნაკლი: ნახშირი(რეაგენტი) – არაგანახლებადი რესურსი



## 2. ატომეკონომია/ატომეფექტიანობა

ახლა პასუხი გავცეთ არსებით კითხვას:

- რომელ რეაქციას აირჩევთ და რატომ?



## 2. ატომეკონომია

### აქტივობა 2

**მიზანი:** მოცემული სამი ნივთიერებიდან თითოეულის მიღება რამდენიმე ხერხით და მათგან ოპტიმალურის არჩევა.

- ⊙ რკინა(II)-ის სულფატი
- ⊙ სპილენძ(II)-ის სულფატი
- ⊙ გოგირდ(IV)-ის ოქსიდი



## 2. ატომეკონომია

### აქტივობა 2

1.  $Fe + H_2SO_4 \rightarrow FeSO_4 + H_2 \uparrow$
2.  $Fe(OH)_2 + H_2SO_4 \text{ (განზ)} \rightarrow FeSO_4 + 2H_2O$
3.  $Fe(HCO_3)_2 + H_2SO_4 \text{ (განზ)} \rightarrow FeSO_4 + 2CO_2 \uparrow + 2H_2O$



## 2. ატომეკონომია

### აქტივობა 2

1.  $CuO + H_2SO_4 \rightarrow CuSO_4 + H_2O$
2.  $Cu(OH)_2 + H_2SO_4 \text{ (ბანჯ)} \rightarrow CuSO_4 + 2H_2O$
3.  $Cu + 2H_2SO_4 \text{ (კონც)} \rightarrow CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$



## 2. ატომეკონომია/ატომეფექტიანობა

### აქტივობა 2

1.  $H_2S + O_2 \rightarrow SO_2 + H_2O$
2.  $2ZnS + 3O_2 \rightarrow 2ZnO + 2SO_2 \uparrow$
3.  $4FeS_2 + 11O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 8SO_2 \uparrow$
4.  $Cu + 2H_2SO_4 \text{ (კონც)} \rightarrow CuSO_4 + SO_2 \uparrow + 2H_2O$

## **მასალის მოსამზადებლად გამოყენებული რესურსები:**

<https://www.bbc.com/education/guides/z8wkh39/revision>

<https://www.acs.org/content/acs/en/greenchemistry/what-is-green-chemistry/principles/12-principles-of-green-chemistry.html>

<https://www.acs.org/content/acs/en/education/students/highschool/chemistryclubs/activities/simulations.html>

<http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/res00000939/problem-based-practical-activities#!cmpid=CMP00001323>

[http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/add\\_ocr\\_gateway/chemical\\_economics/atomeconomyrev2.shtml](http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/add_ocr_gateway/chemical_economics/atomeconomyrev2.shtml)

<http://www.gcsescience.com/>