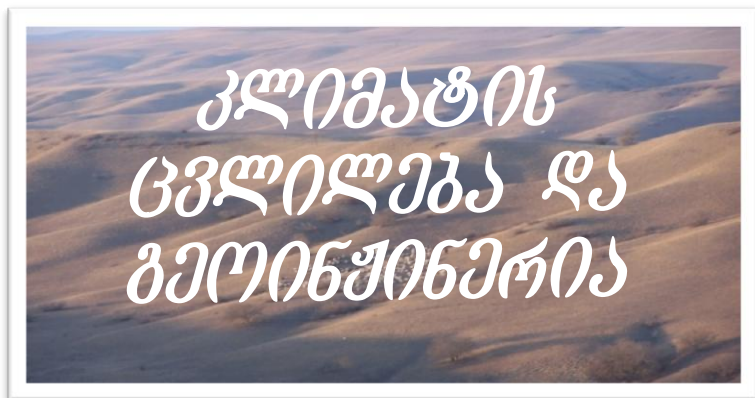




**გაკურ ბერიტაშვილი
ნაილი კაკანაძე
დიმიტრი ერისთავი**



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

ბაკურ ბერიტაშვილი, ნაილი კაპანაძე,
დიმიტრი ერისთავი

კლიმატის ცვლილება და გეოინჟინერია



რეკომენდებულია საქართველოს
ტექნიკური უნივერსიტეტის
სარედაქციო-საგამომცემლო საბჭოს
მიერ. 30.03.2016, ოქმი №1

თბილისი
2016

შპს 551.5

დამხმარე სახელმძღვანელოში განხილულია როგორც გლობალური კლიმატური სისტემა და კლიმატის რეგიონალური ტიპები, ოკეანისა და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების როლი კლიმატის ჩამოყალიბებაში, ისე ცნობები დედამიწის კლიმატის ცვლილების შესახებ ისტორიულ წარსულსა და ინსტრუმენტული გაზომვების ბოლო საუკუნენახევრიან პერიოდში. განსაზღვრულია სათბურის ეფექტი და მისი გამოწვევი ფაქტორები, გლობალური კლიმატის პროგნოზი 2100 წლამდე. ჩამოთვლილია გლობალური კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული მთავარი საფრთხეები. დახასიათებულია კლიმატის ცვლილება საქართველოში წინა საუკუნის განმავლობაში, შეფასებულია კლიმატის ცვლილების მიმართ ეკონომიკისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების მოწყვლადობა, ასევე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ძირითადი ელემენტები და მათ წინაშე არსებული ბარიერები, საქართველოში მიღებული ძირითადი შედეგები კლიმატის ცვლილების დარგში. მოყვანილია გეოინჟინერიის დარგში კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული და შემთავაზებული ტექნოლოგიების მიმოხილვა. შეფასებულია მათი პერსპექტიულობა და ეკოლოგიური უსაფრთხოება.

განკუთვნილია კლიმატის ცვლილების პრობლემით დაინტერესებული სპეციალისტებისათვის, ასევე სტუდენტებისა და უფროსი კლასების მოსწავლეებისათვის.

რეცენზენტები: საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს პიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტის უფროსი, საქართველოს მუდმივი წარმომადგენელი მსოფლიო მეტეოროლოგიურ ორგანიზაციაში, გეოგრაფიულ მეცნიერებათა კადემიური დოქტორი რამაზ ჭითანავა,

ასოცირებული პროფესორი იზოლდა ბაზდაძე

© საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, 2016
ISBN 978-9941-20-674-0

<http://www.gtu.ge>

ყველა უფლება დაცულია. ამ წიგნის არც ერთი ნაწილის (იქნება ეს ტექსტი, ილუსტრაცია თუ სხვა) გამოყენება არანაირი ფორმით და საშუალებით (იქნება ეს ელექტრონული თუ მექანიკური) არ შეიძლება გამომცემლის წერილობითი ნებართვის გარეშე.

საავტორო უფლებების დარღვევა ისჯება კანონით.



Verba volant,
scripta manent

შინაარსი

შესავალი	9
თავი 1. კლიმატი	11
1.1. კლიმატი და კლიმატური ელემენტები	11
1.2. კლიმატის განმაპირობებელი ფაქტორები	12
1.3. გლობალური კლიმატური სისტემა	14
1.4. გლობალური კლიმატური ზონები	15
1.5. ოკეანისა და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების როლი კლიმატის ჩამოყალიბებაში	17
1.5.1. გოლფსტრიმი	18
1.5.2. ელ-ნინიო	20
1.5.3. მუსონები	21
1.5.4. ტროპიკული ციკლონები	22
1.5.5. ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესები საქართველოში	25
1.5.6. ყინულოვანი საფარის გავლენა გლობალურ კლიმატზე	29
1.6. საქართველოს კლიმატური დარაიონება	31
დასავლეთ საქართველო	32
აღმოსავლეთ საქართველო	33
სამხრეთ საქართველო	34
1.7. კლიმატური ელემენტების განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე	35
1.7.1. ჰაერის ტემპერატურა	35

1.7.2.	ატმოსფერული ნალექები	36
1.7.3.	ქარი	37
1.7.4.	მზის რადიაცია	38
1.7.5.	ჰაერის სინოტივე	39
1.7.6.	ნიადაგის ტემპერატურა	40
1.7.7	თოვლის საფარი	41
1.8.	სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები	
	საქართველოს ტერიტორიაზე	42
1.8.1.	გვალვა	42
1.8.2.	უხვი ნალექი	44
1.8.3.	წყალდიდობა – წყალმოვარდნა	45
1.8.4.	თოვლის ზგავი	48
1.8.5.	ღვარცოფი	50
1.8.6.	მეწყერი	51
1.8.7.	სეტყვა	53
1.8.8.	ძლიერი ქარი	54
თავი 2.	კლიმატის ცვლილება	55
2.1.	კლიმატის ცვლილების ფაქტორები	55
2.2.	დედამიწის კლიმატის ცვალებადობა ისტორიულ წარსულში	56
2.3.	დედამიწის კლიმატის ცვალებადობა ინსტრუმენტული გაზომვების პერიოდში	62
2.4.	კლიმატის ცვლილების გამომწვევი ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორები	66

2.5.	სათბურის გაზები	67
2.6.	სათბურის ეფექტი	70
2.7.	გლობალური კლიმატის ცვლილების პროგნოზი 2100 წლამდე	72
2.7.1.	სათბურის გაზების ემისიის სცენარები	72
2.7.2.	გლობალური კლიმატის ელემენტების ცვლილება 2100 წლამდე	73
2.8.	გლობალური კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული შედეგები და მთავარი საფრთხეები	77
2.8.1.	კრიოსფეროს დეგრადაცია	77
2.8.2.	ოკეანის დონის აწევა	80
2.8.3.	წყლის რესურსების გადანაწილება	83
2.8.4.	ოკეანისა და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების ტრანსფორმაცია	86
2.8.5.	ამინდის ექსტრემალური მოვლენების გასშირება	89
	*გეალვა	89
	*უხვი ნალექი	92
	*წყალდიდობები	94
	*ტროპიკული ქარიშხლები	95
	*სიცხის ტალღები	98
2.8.6.	ჯანდაცვის პირობების გაუარესება	101
2.8.7.	ოზონის ფენის შესუსტება	103
2.9.	წინა საუკუნეების მიხედვით კლიმატის ცვლილება	

	საქართველოში	106
2.9.1.	საქართველოში კლიმატის შესწავლის ისტორიიდან	106
2.9.2.	საქართველოს პირველი, მეორე და მესამე ეროვნული შეტყობინებები გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის	108
2.9.3.	საქართველოში კლიმატის ცვლილების პროგნოზი 2100 წლამდე	115
2.9.4.	კლიმატის ცვლილება შერჩეულ საპილოტო რეგიონებში	118
2.9.5.	კლიმატური ელემენტების ცვლილება კლიმატური ოლქების საკვანძო მეტეოსადგურებზე	123
2.10.	საქართველოს ეკონომიკისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწვევადობის შეფასება	127
2.10.1	სისტემის მოწვევადობა და ადაპტაციის უნარი	127
2.10.2	კლიმატის ცვლილების მიმართ საქართველოს რეგიონების მოწვევადობის შეფასება	130
2.10.3	კლიმატური პარამეტრების მიმართ ეკონომიკისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობის შეფასება	133

	*სოფლის მეურნეობა	134
	*მეტყველობა	137
	*წყლის რესურსების მართვა	138
	*ჰიდროენერგეტიკა	139
	*თბური ენერგეტიკა და მრეწველობა	140
	*ტრანსპორტი	141
	*კომუნალური მეურნეობა	142
	*ტურიზმი	142
	*მშენებლობა	143
	*სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა	144
	*მეთევზეობა	145
	*ჯანდაცვა	146
	*ნარჩენების მართვა	147
თავი 3.	კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა	150
3.1.	კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ძირითადი პრინციპები	150
3.2.	კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ძირითადი ელემენტები	154
	*სათბურის გაზების ინვენტარიზაცია	154
	*მოწყვლადობა და ადაპტაცია	154
	*სათბურის გაზების ემისიების შესამცირებლად გამიზნული ღონისძიებები	155
	*საზოგადოების ცნობიერების ამაღლება	166
3.3.	კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა საქართველოში	168

3.4.	საქართველოსთვის პერსპექტიული მიმართულებები მითიგაციასა და ადაპტაციაში	171
თავი 4.	ბეონქონერიის თანამედროვე პრობლემები	174
4.1.	გეონქონერიის საგანი	174
4.2.	მზის რადიაციის მართვა	176
4.3.	ნახშირორქანის შთანთქმა და სეკვესტრირება	180
4.4.	ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედება	183
4.5.	გეონქონერიასთან დაკავშირებული შესაძლო საფრთხეები	185
	ბამოქნეპული ლიტერატურა	193

შესავალი

კლიმატი და მისი ცვლილება უძველესი დროიდანვე განსაზღვრავდა ცალკეული ცივილიზაციის არსებობასა და განვითარებას. ძველი ეგვიპტური ცივილიზაციის დონე მნიშვნელოვნად განპირობებული იყო მდ. ნილოსის წყლის რეჟიმის სტაბილურობით. დაახლოებით 2 ათასი წლის წინ შუამდინარეთში არსებული ცივილიზაცია თითქმის 30 წლის განმავლობაში მძვინვარე გვალვების გამო დაინგრა. არსებობს მტკიცებულება იმისა, რომ მეცხრე საუკუნეში მექსიკისა და ცენტრალური ამერიკის ტერიტორიებზე არსებული მაიას ცივილიზაცია სამი გვალვიანი პერიოდის შედეგად ერთმანეთის მიყოლებით დაიშალა მოსახლეობის სიჭარბესა და გარემოს დეგრადაციასთან დაკავშირებული პრობლემების გამო. 700 წლის წინ, მცირე შუალედით, ამჟამინდელი ტაილანდის ტერიტორიაზე არსებული ანგკორის ცივილიზაცია გაანადგურა 20-20 წლის განმავლობაში გამეფებულმა გვალვებმა, რამაც მწყობრიდან გამოიყვანა ქვეყნის ტერიტორიაზე აგებული რთული საირიგაციო სისტემები. რაც უფრო განვითარებული იყო ცივილიზაცია, მით უფრო მოწყვლადი იყო იგი კლიმატის ცვლილებისადმი. ყველა ცივილიზაცია ადაპტირებული იყო კლიმატის მიმდინარე ცვლილებებთან, რასაც თითოეული მათგანი მეტნაკლები წარმატებით აღწევდა.

გლობალური კლიმატის თანამედროვე დაჩქარებული დათბობის პირობებში კლიმატის ცვლილების შენელებისა და მის მიმართ მოწყვლადობისა და ადაპტაციის პრობლემა მსოფლიო მასშტაბის ამოცანად იქცა, რომელიც, სიღატაკესა და ტერორიზმთან ბრძოლის პარალელურად, მიმდინარე საუკუნის დასაწყისში გაეროს მიერ ძირითად გამოწვევად იქნა აღიარებული.

აღნიშნულ პრობლემასთან გამკლავების გზაზე პირველი ქმედითი ნაბიჯი იყო 1992 წელს რიო-დე-ჟანეიროს სამიტზე 160-მდე ქვეყნის მიერ მიღებული კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენცია, რომელიც ხელმომწერ ქვეყნებს ავალდებულებს პრაქტიკული

ღონისძიებების ჩატარებას სათბურის გაზების ემისიის შესამცირებლად და შთანთქმის გასაძლიერებლად, აგრეთვე კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის დასახქარებლად და ამ საკითხებზე საზოგადოებრივი ცნობიერების ასამაღლებლად.

კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან აგრეთვე უშუალოდაა დაკავშირებული გეოინჟინერიის მთელი რიგი საკითხებისა, რომლებიც გლობალური მასშტაბით ხასიათდება და ამიტომ განსაკუთრებული სიფაქიზით მიდგომას მოითხოვს. მართალია, პრობლემის მასშტაბურობის გათვალისწინებით საქართველოს ამ ტიპის სამუშაოთა ჩატარების არც საშუალება და არც პრეტენზია არ გააჩნია, მაგრამ ზოგადი განხილვისათვის ამ თემატიკას გარკვეული ინტერესი ახლავს.

საქართველო კონვენციას 1994 წელს მიუერთდა და მას შემდეგ ქვეყანაში ბევრი სამუშაო ჩატარდა კონვენციის მოთხოვნების შესასრულებლად. მიუხედავად იმისა, რომ კლიმატის შესწავლას საქართველოში ხანგრძლივი ისტორია აქვს, კლიმატის ცვლილების საკითხზე ქვეყანაში სამეცნიერო-პოპულარული ლიტერატურა ჯერ არ შექმნილა, რაც გარკვეულწილად აძნელებს კონვენციის მე-6 მუხლის - საზოგადოებრივი ცნობიერების ამაღლების მოთხოვნის შესრულებას. წინამდებარე ნაშრომი მიზნად ისახავს ამ ხარვეზის შეძლებისდაგვარად გამოსწორებას.

თაზი 1. კლიმატი

1.1. კლიმატი და კლიმატური ელემენტები

კლიმატი ანუ ჰავა მოცემული ტერიტორიისთვის დამახასიათებელი ამინდის მრავალწლიური რეჟიმია, რომელიც განპირობებულია მზის რადიაციით, მისი გარდაქმნით ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში, აგრეთვე ატმოსფეროსა და ოკეანეებში მიმდინარე ცირკულაციური პროცესებით. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, კლიმატი არის მოცემული ადგილის ამინდის ელემენტების მრავალწლიური მონაცემების შეჯგერებით მიღებული ატმოსფეროს მდგომარეობის ერთიანი სურათი. ამინდისაგან განსხვავებით, რომელიც ატმოსფეროს მდგომარეობას ასახავს დროის მოცემულ მომენტში, კლიმატი უფრო მდგრადია და მის ცვალებადობას გარკვეულ ფარგლებში, დროის საკმაოდ დიდ მონაკვეთში, რყევადობის ხასიათი აქვს, რასაც საუკუნობრივ ცვლილებას უწოდებენ.

კლიმატური სისტემა არის 5 ძირითადი კომპონენტის – ატმოსფეროს, ჰიდროსფეროს, კრიოსფეროს, ხმელეთის ზედაპირისა და ბიოსფეროს კომპლექსური ერთიანობა. კლიმატური სისტემა ვითარდება დროში თავისი შინაგანი დინამიკის კანონებით და აგრეთვე ისეთი სხვა ძალების გავლენით, როგორცაა ვულკანური ამოფრქვევები, მზის გამოსხივების ვარიაციები და ადამიანის საქმიანობით გამოწვეული ზემოქმედება, რაც დაკავშირებულია ატმოსფეროს შედგენილობის ცვლილებასთან, რადიაციულ ზეწოლასა და მიწათსარგებლობის შეცვლასთან.

კლიმატური ელემენტებია:

1. ჰაერის ტემპერატურა ($^{\circ}\text{C}$) – იზომება დედამიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე. არჩევენ დღე-ღამის საშუალო, მინიმალურ და მაქსიმალურ ტემპერატურებს.
2. ატმოსფერული ნალექები (მმ) – იზომება დედამიწის ზედაპირიდან 2 მ სიმაღლეზე. არჩევენ თხევად და

მყარ ნალექებს. განიხილავენ ნალექთა დღედამურ, თვის, სეზონისა და წლის ჯამებს.

3. ქარი (მ/წმ) – იზომება დედამიწის ზედაპირიდან 8–10 მ სიმაღლეზე. დედამიწის მხარეების მიხედვით არჩევენ 8 მიმართულების (საიდანაც ქრის) ქარს.
4. ჰაერის სინოტივე (მბ ან %)
5. ატმოსფერული წნევა (მბ)
6. ღრუბლიანობა (ბალებში)
7. მზის ნათება (ხანგრძლივობა და ინტენსიურობა)
8. ნიადაგის ტემპერატურა ($^{\circ}\text{C}$)
9. თოვლის საფარი (სმ)
10. ატმოსფერული მოვლენები (ნისლი, ელჭექი, ქარბუქი, სეტყვა)

1.2. კლიმატის განმაპირობებელი ფაქტორები

კლიმატის ფორმირებას განაპირობებს ასტრონომიული, გეოგრაფიული და გეოფიზიკური ფაქტორები.

ასტრონომიული ფაქტორებია:

- მზის ნათება (ინსოლაცია);
- დედამიწის მდებარეობა და მოძრაობა მზის სისტემაში;
- დედამიწის ბრუნვის ღერძის დახრილობა და ბრუნვის სიჩქარე;
- გარე სხეულების, მაგ., მთვარის გრავიტაციული ზემოქმედება.

ამჟამინდელი მონაცემებით, დედამიწის არსებობის განმავლობაში (4,5 მლრდ წელი) ამ ფაქტორების ნაწილი (განსაკუთრებით ბრუნვის ღერძის დახრილობა) არსებითად იცვლებოდა, რაც გლობალური კლიმატის მნიშვნელოვან ცვლილებას იწვევდა, რომელიც გამოსატყუელი იყო გამყინვარებისა და დათბობის ეპოქების მონაცვლეობაში.

გეოგრაფიული ფაქტორებია:

- ოკეანე-ხმელეთის განაწილება, რომელიც განსაზღვრავს ტენიანობისა და ტემპერატურის რეჟიმს;

– კონტინენტების ფორმა, რელიეფი (ქედების ექსპოზიცია გაბატონებული ქარების მიმართ, ხეობების სიგანე, ფერდობების დახრილობა და ა.შ.);

– გეოგრაფიული განედი, რომელიც განსაზღვრავს მზისგან მიღებული სითბოს რაოდენობას. კერძოდ, მზის დაცემის კუთხე ეკვატორიდან პოლუსებისაკენ თანდათანობით მცირდება, რაც იწვევს ტემპერატურის შესაბამის შემცირებას და პოლუსებზე, სადაც დახრილობის კუთხე მცირეა, სითბოს გაფანტვის გამო ჰაერის გაცივებასა და ყინულის ფორმირებას;

– ადგილის სიმაღლე ზღვის დონიდან, რომლის მატებასთან ერთად იცვლება თითქმის ყველა მეტეოროლოგიური ელემენტი: ატმოსფერული წნევა სიმაღლის მიხედვით ეცემა, მზის რადიაცია იმატებს, ტემპერატურა მცირდება ყოველ კილომეტრზე 5-6°C –ით, მცირდება ტემპერატურის ამპლიტუდა, ტენშემცველობა, ნალექები გარკვეულ სიმაღლეზე იზრდება, შემდეგ კი მცირდება და ა.შ.;

– მცენარეული საფარი და სხვ.

გეოფიზიკური ფაქტორებია:

– დედამიწის მასა;

– ვულკანური აქტიურობა;

– ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობა, მათ შორის სათბურის გაზებისა და აეროზოლების კონცენტრაცია და განაწილება;

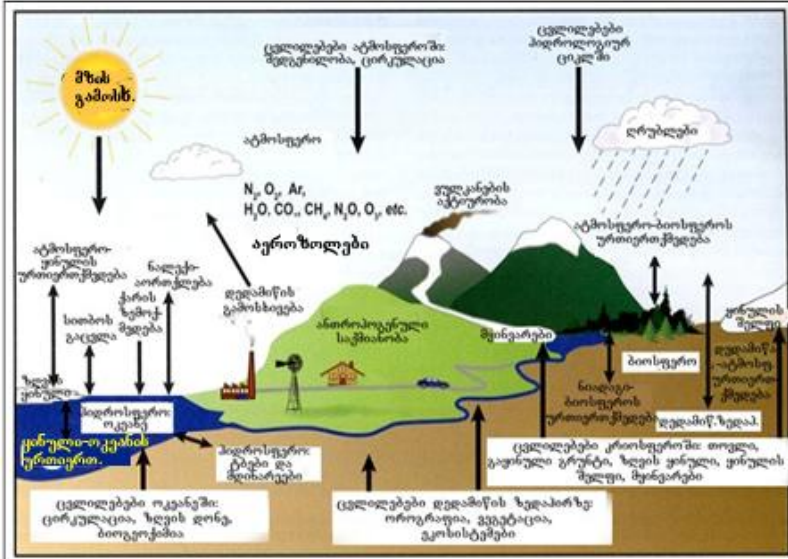
– ოზონის განაწილება.

ატმოსფერულ ფაქტორებთან ერთად გლობალური კლიმატის ცვალებადობაში დიდ როლს ასრულებდა კონტინენტების წარმოქმნის, გაერთიანება-დაშორებისა და დრეიფის პროცესები, რაც არსებითად ცვლიდა სითბოსა და ნალექების განაწილებას დედამიწის ზედაპირზე. რაც შეეხება ვულკანურ აქტიურობას, მას შეუძლია გადამწყვეტი როლი შეასრულოს ატმოსფეროს ქიმიური და აეროზოლური შედგენილობის ცვლილებაში, რაც განაპირობებს დედამიწაზე მოსული ინსოლაციის

განაწილებას და, შესაბამისად, პლანეტის სითბურ ბალანსს.

13. გლობალური კლიმატური სისტემა

კლიმატის განმსაზღვრელი ზემოთ ჩამოთვლილი გეოგრაფიული და გეოფიზიკური ფაქტორების ურთიერთქმედების სქემა მოცემულია 13.1 ნახაზზე.



ნახ. 13.1. გლობალური კლიმატური სისტემის (11) გამარტივებული სქემა

მზიდან მოსული რადიაცია იწვევს ხმელეთისა და ოკეანის ზედაპირის გათბობას, რაც ატმოსფეროსა და ოკეანეში წარმოქმნის ცირკულაციურ პროცესებს. დღის საათებში გამთბარი დედამიწის ზედაპირი ღამის საათებში კოსმოსში ასხივებს გრძელტალღოვან რადიაციას, რასაც ნაწილობრივ ხელს უშლის

¹Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p.96.

ატმოსფეროს შედგენილობაში შემავალი სათბურის გაზები და აეროზოლები, აგრეთვე დრუბლები. განხილულ პროცესებში მნიშვნელოვანი როლი მიეკუთვნება კრიოსფეროს, რომლის საერთო ფართობი 100 მლნ. კმ² აღემატება და რომელშიც მოქცეულია დედამიწის მტკნარი წყლის მარაგის 80%.

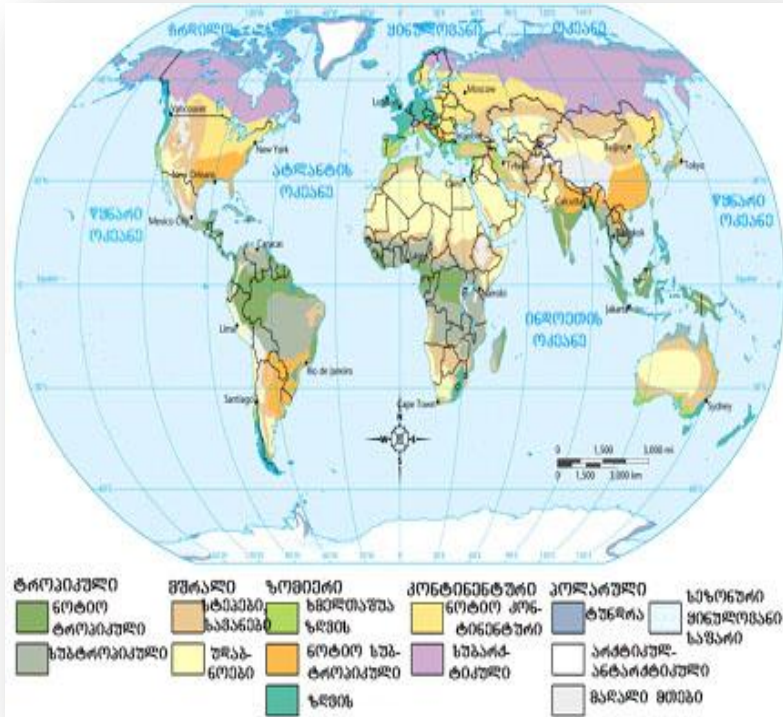
დედამიწის ბრუნვის ღერძის დახრილობის შესაბამისად სხვადასხვა განედში მზიდან მოსული სითბოს რაოდენობა იცვლება, რაც ოკეანეებისა და კონტინენტების განაწილებასთან კავშირში განაპირობებს გლობალური კლიმატური ზონების არსებობას, რომელთა ფონზე სხვადასხვა რეგიონში გამოიყოფა კლიმატის ცალკეული ტიპები.

1.4. გლობალური კლიმატური ზონები

კლიმატური ზონა – კლიმატური პირობების მიხედვით, დედამიწის ზედაპირის ყველაზე მსხვილი ქვედანაყოფია, რომელიც მოიცავს გარკვეული კლიმატური მაჩვენებლების შესაბამისად გამოყოფილ განედური განვრცობის ტერიტორიას. კლიმატური ზონები გამოიყოფა კლიმატის თითქმის ყველა კლასიფიკაციაში და, თავის მხრივ, შეიცავს უფრო მცირე შემადგენელ ერთეულებს – ოლქებს, რაიონებს და ქვერაიონებს.

მთიანი რელიეფის პირობებში გამოიყოფა ვერტიკალური კლიმატური ზონები ანუ სარტყლები. ამ განმარტების თანახმად შედგენილი გლობალური კლიმატური ზონების განლაგების მიახლოებული სურათი მოცემულია 14.1 ნახაზზე.

ამ ნახაზზე მოყვანილი კლიმატების კლასიფიკაცია ზოგად ხასიათს ატარებს და არ ითვალისწინებს ცალკეული რეგიონის გეოგრაფიული თავისებურებებით გამოწვეულ განსხვავებებს. ამ თავისებურებათა მხედველობაში მიღებით აღნიშნულ სარტყლებში გამოიყოფა კლიმატის შემდეგი რეგიონული ტიპები:



ნახ. 1.4.1. მსოფლიო კლიმატური რუკა [12]

I. სუბტროპიკული უდაბნოების კლიმატი (საჰარა, არაბეთი, ატაკამა, კალიფორნია, ავსტრალიის შიგა ნაწილი);

II. გარე ტროპიკული უდაბნოების კლიმატი (შუა აზია, გობი, პატაგონია);

III. სტეპების კლიმატი (ყაზახეთი, მონღოლეთი, აშშ-ის ცენტრალური რაიონები, სამხრეთ ამერიკა, სომხეთი, აღმოსავლეთ საქართველო);

IV ზომიერი ზონის ფოთლოვანი ტყეების კლიმატი (რუსეთის ევროპული ნაწილი, დასავლეთ ევროპა,

² საძიებო სისტემა – Google- მსოფლიო კლიმატური რუკა.

დასავლეთ ციმბირის სამხრეთი ნაწილი, ავსტრალიის სამხრეთი და ახალი ზელანდია);

V. ტაივის კლიმატი (შვედეთი, ფინეთი, ციმბირი, კამჩატკა, სახალინი, ალასკა, ჩრდილო კანადა);

VI. ტუნდრის კლიმატი (ციმბირის ჩრდილოეთი ნაწილი, ისლანდია, ალასკისა და კანადის ჩრდილოეთი);

VII. პოლარული პლატოების კლიმატი (გრენლანდია, ანტარქტიდა, მაღალმთიანი რეგიონები თოვლის ხაზის ზემოთ).

VIII. ნოტიო ტროპიკული ტყეების კლიმატი (ამაზონის აუზი, ეკვატორული აფრიკა, მადაგასკარი, ცვილონი, ინდონეზია, ახალი გვინეა, ფილიპინები);

IX. ნოტიო სუბტროპიკული ტყეების კლიმატი (ბოლივია, ბრაზილია, კოლხეთი, ჩრდილო ინდოეთი, სამხრეთ ჩინეთი, სამხრეთ კორეა);

X. ტროპიკული პლატოების კლიმატი (ჩილე, პერუ, ეკვადორი, მექსიკა, აბისინია, სამხრეთ აფრიკა);

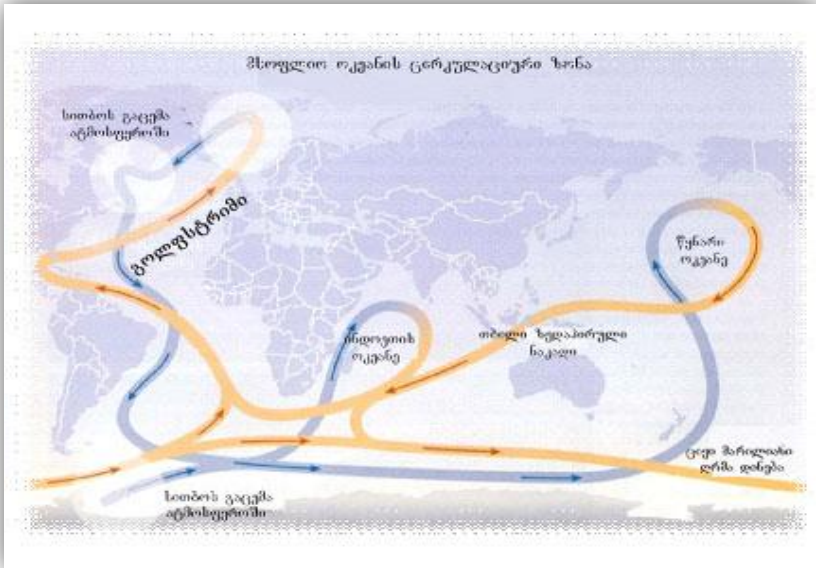
XI. სავანების კლიმატი (ბრაზილიის სამხრეთი, ცენტრალური აფრიკა, ინდოეთის სამხრეთი, ინდონეზიის ჩრდილო ავსტრალია);

რეგიონული კლიმატის ფონზე, მთაგორიანი რელიეფის პირობებში გამოიყოფა ლოკალური კლიმატის არეები. იგი შეიძლება მოიცავდეს ცალკეულ ქვაბულებს, ხეობებს, ტყეებს და სხვ. კიდევ უფრო მცირე მასშტაბით არჩევენ მიკროკლიმატს, რომელიც შეიძლება ახასიათებდეს რომელიმე სოფელს ან ქალაქის უბანს.

1.5. ოკეანისა და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების როლი კლიმატის ჩამოყალიბებაში

მსოფლიო ოკეანეში დაიკვირვება ზედაპირული (ხშირად თბილი) და სიღრმეული (ცივი) დინებები. მათგან განსაკუთრებული კლიმატწარმომქმნელი როლი ენიჭება შემდეგ დინებებს: გოლფსტრიმს (ატლანტიკის სექტორში), ელ-ნინიოს (წყნარი ოკეანის სექტორში),

ლაბრადორის (ატლანტიკის სექტორში), კუროსიოს (წყნარი ოკეანის სექტორში). ზედაპირული დინებები სიღრმულ დინებებთან ერთად ქმნის მსოფლიო ოკეანის ცირკულაციურ სისტემას (ნახ. 1.5.1), რომელშიც წითელი ფერით გამოყოფილია გოლფსტრიმი.



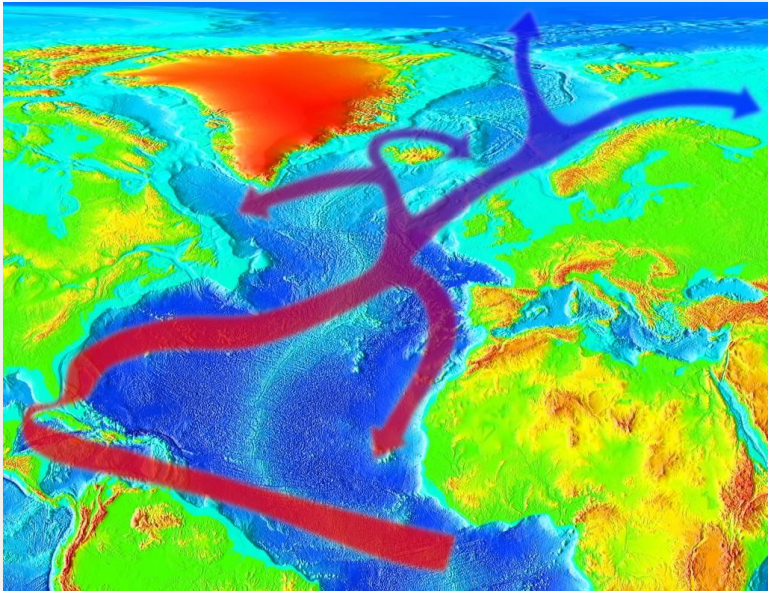
ნახ. 1.5.1. ოკეანის გლობალური ცირკულაციური სისტემის სქემა (13)

1.5.1. გოლფსტრიმი

გოლფსტრიმი თბილი დინების სახით გამოდის მექსიკის ყურესა და კარიბის ზღვიდან და სითბო გადააქვს ატლანტის ოკეანის ჩრდილოეთ ნაწილში, თითქმის შპიცბერგენის არქიპელაგამდე (ნახ. 1.5.2). გოლფსტრიმის თბილ დინებათა სისტემა დიდ გავლენას ახდენს არა მარტო ზღვებისა და საკუთრივ ჩრდილო

³Climate Change 2001. Synthesis Report. IPCC, 200, p.83.

ყინულოვანი ოკეანის ჰიდროლოგიურ და ბიოლოგიურ თვისებებზე, არამედ ატლანტის ოკეანისპირა ევროპული ქვეყნების კლიმატზეც. გოლფსტრიმის თბილი დინება ათბობს ჰაერის მასებს, რომლებიც დასავლეთის ქარების მიერ გადაიტანება ევროპის სანაპიროებისაკენ და საშუალო განედური სიდიდეებიდან იწვევს ტემპერატურის გადახრას. ამ დინების ზეგავლენით ევროპის ჩრდილო-და-



ნახ. 15.2. გოლფსტრიმის დინების სქემა ([4])

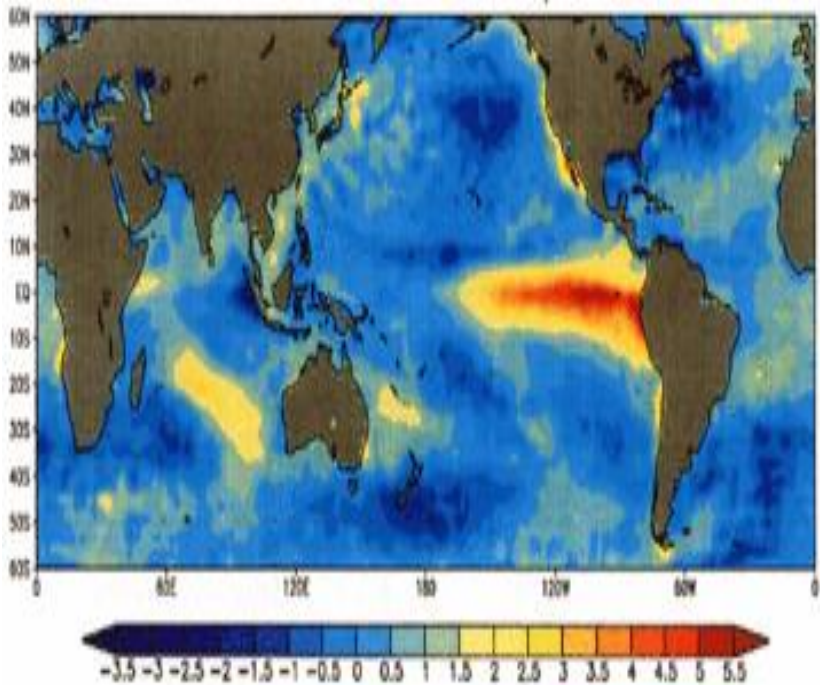
სავლეთ ნაწილში ჰაერის ტემპერატურა 10°C -მდე მეტია იმასთან შედარებით, რაც იქნებოდა გოლფსტრიმის არარსებობის პირობებში. ნორვეგიასა და გრენლანდიას შორის გოლფსტრიმი ამთავრებს სითბოს გაცემას, იწყებს გაცივებას და მოქცევის შემდეგ უბრუნდება ჩრდილო ატლანტიკის დასავლეთ სექტორს ლაბრადორის ცივი დინების სახით.

⁴ <http://ka.wikipedia.org/wiki/გოლფსტრიმი>.

1.5.2. ელ-ნინიო

ელ-ნინიო თავისი წარმოშობით თბილი წყლის ნაკადია, რომელიც პერიოდულად მიედინება ეკვადორისა და პერუს სანაპიროს გასწვრივ და უარყოფით ზეგავლენას ახდენს მეთევზეობაზე ოკეანის ზედაპირულ ფენაში ჟანგბადის მიმოსვლის შეწყვეტის გამო, რასაც მოსდევს ფრინველთა მაღალი სიკვდილიანობაც. ეს ოკეანური მოვლენა დაკავშირებულია ინდოეთისა და წყნარ ოკეანეზე შიგა ტროპიკული ზედაპირული წნევისა და ტემპერატურის პერიოდულ რყევასა და ცირკულაციურ პროცესებთან, რაც შესამჩნევ გავლენას ახდენს კლიმატზე. გაბატონებული პასატური ქარი სუსტდება, ხოლო საპირისპირო ეკვატორული ნაკადები ძლიერდება, რაც ინდონეზიის რეგიონში იწვევს თბილი ზედაპირული წყლის დინებას აღმოსავლეთ მიმართულებით, რომელიც გადაფარავს პერუს ცივ დინებას. ეს მოვლენა დიდ ზეგავლენას ახდენს ქარებზე, ზღვის ზედაპირის ტემპერატურასა და ნალექების განაწილებაზე წყნარი ოკეანის ტროპიკულ ნაწილში. მისი კლიმატწარმოქმნელი გავლენა ვრცელდება წყნარი ოკეანის მთელ რეგიონსა და მსოფლიოს სხვა მრავალ ნაწილზე. 1997 წელს ელ-ნინიოს ისეთი უძლიერესი ფაზა გამოვლინდა, რომ მსოფლიოს ყურადღება მიიპყრო (ნახ. 1.5.3).

ამ ნახაზიდან ჩანს, რომ ელ-ნინიოს თბილი ნაკადების გავლენა ვრცელდება ამერიკის ორივე კონტინენტის დასავლეთ სანაპიროს თითქმის მთელ გაყოლებაზე და წყნარი ოკეანის ცენტრალურ რაიონებზე. განსაკუთრებით მკვეთრად გამოიხატა ეს გავლენა სამხრეთ ამერიკის ჩრდილოეთი ნაწილის დასავლეთ სანაპიროზე. ამავე დროს, ელ-ნინიომ საპირისპირო რეაქციით გამოიწვია ზღვის ზედაპირის გაცივება წყნარი ოკეანის ჩრდილო და სამხრეთ ნაწილებში. ელ-ნინიოს საპირისპირო მოვლენა ცნობილია ელ-ნინიას სახელწოდებით (ელ-ნინიოს ცივი ფაზა).



ნახ. 1.5.3. ანომალური ტემპერატურა ოკეანეში ელ-ნინოს 1997 წლის თბილი ეპიზოდის დროს ([5])

ეს ორივე კლიმატური ფენომენი ზამთრის პერიოდში აშშ-იც ვლინდება.

1.5.3. მუსონები

მუსონები ჰაერის მასების მდგრადი სეზონური გადატანაა დედამიწის ზედაპირთან და ტროპოსფეროს ქვედა ნაწილში, რომელთა მიმართულება მკვეთრად იცვლება წელიწადის დროების მიხედვით. მუსონებს იწვევს კონტინენტებისა და ოკეანეების არათანაბარი გათბობა და გაცივება, და შესაბამისად ატმოსფერული

⁵ ka.wikipedia.org - ელ-ნინო.

წნევის მაღალი (ანტიციკლონი) და დაბალი (ციკლონი) არეების მდებარეობის სეზონური ცვალებადობა. კერძოდ, ზამთარში გაცივებულ ხმელეთის ზედაპირზე მაღალი წნევა ყალიბდება. ამ დროს ოკეანის ზედაპირი მეტ სითბოს ინარჩუნებს და მის ზედაპირზე წნევა დაბალია, რაც იწვევს მუსონების გადაადგილებას ხმელეთიდან ოკეანისაკენ, ხოლო ზაფხულში ხმელეთი ცხელია და წნევაც დაბალია, ოკეანეების ზედაპირზე კი მაღალი, რაც განაპირობებს მუსონების ოკეანიდან ხმელეთისაკენ ქროლვას.

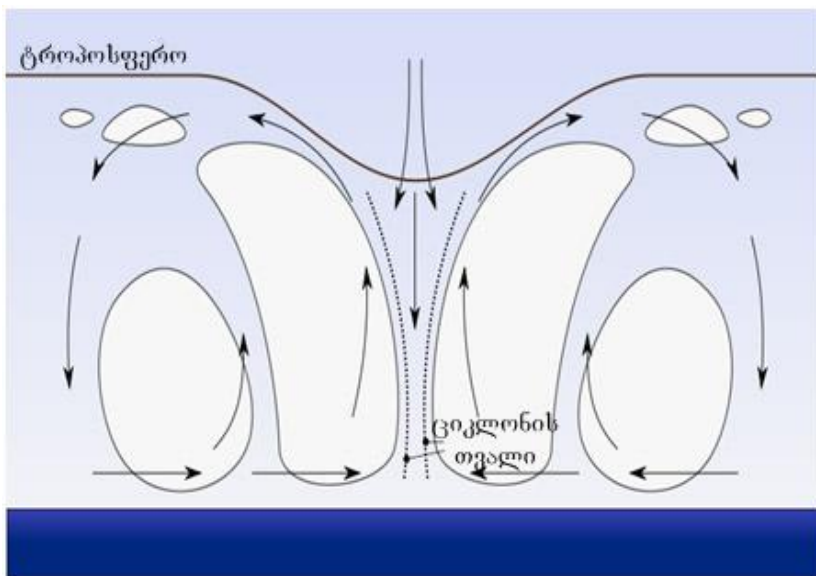
ზაფხულის მუსონთან დაკავშირებული მოღრუბლული და ნალექიანი ამინდები, ზამთრის მუსონთან კი მოწმენდილი და მშრალი ამინდები.

მუსონური ცირკულაცია, რომელიც ოკეანესა და კონტინენტს შორის ძირითადად ზამთრისა და ზაფხულის სეზონებში წარმოიქმნება, დიდ როლს ასრულებს დედამიწის ცალკეული რეგიონის კლიმატის ჩამოყალიბებაში, განსაკუთრებით მკვეთრად იჩენს თავს ეკვატორული აფრიკის, სამხრეთ და სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიის ქვეყნებში.

1.5.4. ტროპიკული ციკლონები

ოკეანესა და ატმოსფეროს შორის ურთიერთ-ქმედების შედეგად წარმოქმნილი ცირკულაციური პროცესების ექსტრემალური გამოვლინების მაგალითს წარმოადგენს ტროპიკული ციკლონები, რომლებიც ტროპიკულ ზონაში იმ შემთხვევაში ჩაისახება და ვითარდება, თუ ოკეანის ზედაპირსა და დაახლოებით 50-60 მ სიღრმეზე წყლის ტემპერატურა 27°C აღწევს ან აღემატება. ტროპიკულ ციკლონებს ძირითადად ქმნის ატმოსფეროს ზედა ფენებში თბილი ოკეანის ზედაპირიდან ამაველი ორთქლის კონდენსაციით გამოთავისუფლებული ენერჯია (ნახ. 1.5.4).

სიძლიერისა და მდებარეობის მიხედვით, ტროპიკული ციკლონები მოიხსენიება ტროპიკული დეპრესიის, ტროპი-



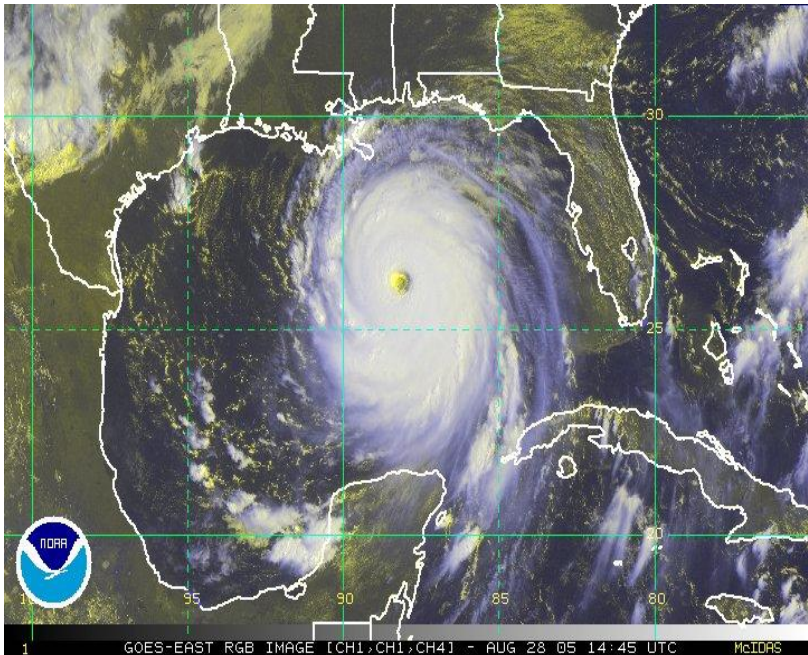
ნახ. 1.5.4. ტროპიკული ციკლონის წარმოქმნის სქემა (16)

კული შტორმის, ქარიშხლის ან ტაიფუნის სახელწოდებით. მაგ., მას დასავლეთ ნახევარსფეროში ტროპიკულ ქარიშხალს უწოდებენ, იაპონიასა და ჩინეთში – ტაიფუნს, ფილიპინებში – ბაგიოს, ინდოეთის ოკეანის არეალებსა და ავსტრალიაში – ციკლონს, წყნარი ოკეანის კუნძულებზე – ვილი-ვილის.

ტროპიკული ციკლონების ჰორიზონტალური ზომები ჩვეულებრივ რამდენიმე ასეულ კილომეტრს შეადგენს, ხოლო ქარის სიქარე – 60–100მ/წმ. სანაპირო ზონაში ძლიერ ქარებსა და ზღვის დეღვასთან ერთად ციკლონები ხასიათდება ნალექთა დიდი რაოდენობით, რომელიც შეიძლება 100-1000 მმ ფარგლებში იცვლებოდეს დღეღამის განმავლობაში. ტროპიკული ციკლონების არსებობის ხანგრძლივობა საშუალოდ 6–7 დღეს შეადგენს.

ka.wikipedia.org - ტროპიკული ციკლონი.

ტროპიკული ციკლონების აქტივობის ინტენსიური ზრდა დაიწყო დაახლოებით 1970 წლიდან. განსაკუთრებით მძიმე აღმოჩნდა 2005 წელი, როცა აშშ-ის სანაპიროს უმაღლესი კატეგორიის 4 ქარიშხალი დაატყდა თავს. ამათგან ქარიშხალი „კატრინა“ (ნახ. 1.5.5) ქარიშხლების ისტორიაში ყველაზე დამანგრეველი იყო, რომელმაც მრავალი ადამიანი იმსხვერპლა, ქვეყნის ეკონომიკას კი 150 მილიარდი დოლარის ზარალი მიაყენა.



ნახ. 1.5.5. ქარიშხალი „კატრინა“, 2005 წლის 28 აგვისტო. თანამგზავრული სურათი (17)

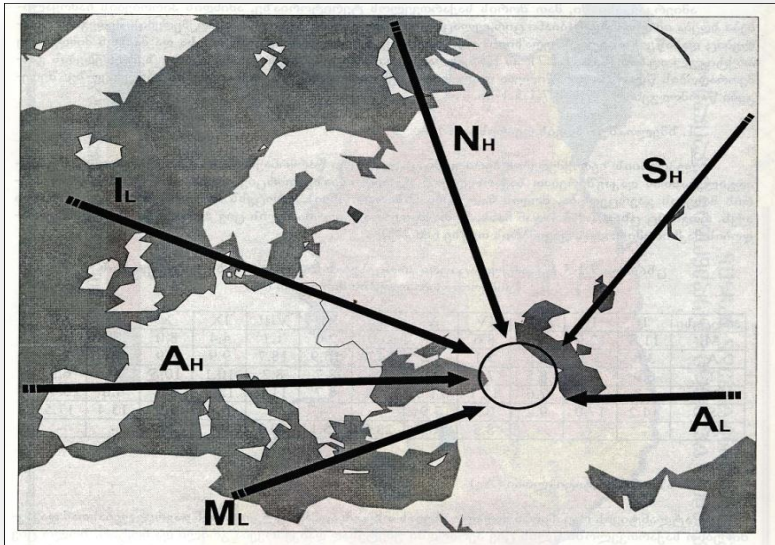
⁷ ka.wikipedia.org - კატრინა.

1.5.5. ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესები საქართველოში

ატმოსფეროს ცირკულაციურ პროცესებს საქართველოს ტერიტორიაზე განაპირობებს ზემოქმედების ცენტრები, რომლებიც წლის სხვადასხვა დროს სხვადასხვა ინტენსიურობით საწვიისს აძლევს ამ პროცესების მსვლელობას (ნახ. 1.5.6).

ზემოქმედების აღნიშნული ცენტრებია ([8]):

- ხმელთაშუა ზღვის დეპრესია (M_L);
- აზორის ანტიციკლონი (A_H);
- ისლანდიის დეპრესია (I_L);



ნახ. 1.5.6. ცირკულაციური პროცესების ზემოქმედება ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ([8])

⁸საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება. გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე. თბ., 1999, გვ. 80.

- არქტიკული ანტიციკლონი (N_H);
- ციმბირის ანტიციკლონი (S_H);
- აზიის დეპრესია (A_L).

ხმელთაშუა ზღვის დეპრესიის (M_L) ზემოქმედების პერიოდში ციკლონური წარმონაქმნების აღმოსავლეთიდან გადაადგილებასთან დაკავშირებით საქართველოს ტერიტორიაზე ხორციელდება თბილი და ნოტიო ჰაერის მასების გავრცელება, მოდის ნალექები (ხშირად უხვი). პროცესს ზოგჯერ სერიული ხასიათი აქვს. ზემოქმედება განსაკუთრებით აქტიურია წლის ცივ პერიოდში.

აზორის ანტიციკლონი (A_H). ატლანტის ოკეანიდან მაღალი წნევის თხემის აღმოსავლეთისაკენ გავრცელებასთან დაკავშირებით საქართველოში წლის თბილ პერიოდში უმეტესად დაიკვირვება როგორც გრილი და ნოტიო, ხოლო ცივ პერიოდში თბილი, ასევე ცივი და ნოტიო ჰაერის მასების გავრცელება. სტიმულირდება ნალექების გამოყოფა, ჭარბობს დასავლეთის ქარი. ზემოქმედებას ადგილი აქვს მთელი წლის განმავლობაში, მაგრამ მისი სიხშირე მნიშვნელოვნად იმატებს ზაფხულის პერიოდში.

ისლანდიის დეპრესია (I_L). ატლანტის ოკეანის ჩრდილოეთ რაიონებიდან სამხრეთ-აღმოსავლეთისაკენ ციკლონური წარმონაქმნების გადაადგილებისას საქართველოში წლის ყველა დროში ადგილი აქვს ცივი და ნოტიო ჰაერის მასების აქტიურ გავრცელებას. დაიკვირვება ნალექები (დასავლეთ საქართველოში უხვი), ძლიერდება დასავლეთის ქარი (განსაკუთრებით აღმოსავლეთ საქართველოში). ამ ზემოქმედების განმეორადობა წლის განმავლობაში შედარებით თანაბრადია განაწილებული. მაქსიმუმი დაიკვირვება ოქტომბერში, მინიმუმი კი – დეკემბერში.

არქტიკული ანტიციკლონი (N_H). არქტიკული აუზის ევრაზიულ სექტორში გავრცელებული ანტიციკლონის ან მისი თხემის სამხრეთისაკენ ღრმად გავრცელების შემთხვევაში საქართველოში ხორციელდება ძალიან ცივი ჰაერის მასების შემოჭრა კავკასიის ქედის შემოვლით

როგორც დასავლეთიდან, ისე აღმოსავლეთიდან. საქართველოს ტერიტორიაზე ყალიბდება განსაკუთრებით დაბალი ტემპერატურული რეჟიმი. ამ ზემოქმედების საშუალო განმეორადობა საკმაოდ მაღალია წლის თბილ პერიოდში. მაქსიმუმში აღინიშნება სექტემბრის თვეში.

ციმბირის ანტიციკლონის (S_H) ზემოქმედება საქართველოზე ვრცელდება ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან ან აღმოსავლეთიდან. ამ დროს საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში ძირითადად სჭარბობს ამინდები უნალექო ან მცირე ნალექებით, ცივი და სუსტი ქარებით. დასავლეთ საქართველოში ხშირად ფიონური პროცესების განვითარებასთან დაკავშირებით, შედარებით მაღალი ტემპერატურის ფონზე, დაიკვირვება საკმაოდ ძლიერი აღმოსავლეთის ქარები. ამ ზემოქმედების განმეორადობის უდიდესი ნაწილი ზამთრის თვეებზე მოდის. მაქსიმუმში აღინიშნება დეკემბერში.

აზიის დეპრესიის (A_L) ზემოქმედების დროს სამხრეთ-აღმოსავლეთიდან ვრცელდება აზიის ზაფხულის თერმული ციკლონის დარი, რის შედეგად საქართველოს ტერიტორიაზე ფორმირდება მშრალი და ცხელი ჰაერის მასა. მინიმალური ტემპერატურა დაბლობ რაიონებში +20 °C-ზე დაბლა არ ეცემა, ხოლო დღის მაქსიმუმში +35 °C-ს აღემატება. აზიის დეპრესიის ზემოქმედების განმეორადობა ყველაზე მაღალი ივლისის თვეში დაიკვირვება.

ზემოქმედების ამ ცენტრების მოქმედების შედეგად საქართველოს ტერიტორიაზე ვითარდება სხვადასხვა ცირკულაციური პროცესი, რომელთა სეზონური განმეორადობა 1.5.1 ცხრილშია მოცემული.

ჩამოთვლილი პროცესებიდან ყველაზე ხანგრძლივად მოქმედი პირველი სამი პროცესია, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს საქართველოს კლიმატის, კერძოდ, ტემპერატურისა და ნალექთა რეჟიმის ჩამოყალიბებაში. ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრისას ერთსა და იმავე სიმაღლეზე ტემპერატურა

ცხრილი 15.1. საქართველოს ტერიტორიაზე ძირითადი ცირკულაციური პროცესების განმეორადობა (%)

სეზონები	პროცესები				
	დასავლეთის შემოჭრა	ციკლონი და მასთან დაკავშირებული ოკლუზიის ფრონტი	აღმოსავლეთის შემოჭრა	ორმხრივი შემოჭრა	სამხრეთის ტალღა
ზამთარი	32	22	20	7	19
გაზაფხული	38	14	12	2	34
ზაფხული	54	5	-	-	41
შემოდგომა	39	9	17	5	30

ჩვეულებრივ დასავლეთ საქართველოში ნაკლებია, ვიდრე აღმოსავლეთ საქართველოში, რადგან ამ შემთხვევაში აქ ადგილი აქვს ფიონურ ეფექტს.

აღმოსავლეთიდან შემოჭრის დროს პროცესები შებრუნებულ ხასიათს ატარებს, რის გამოც კოლხეთის დაბლობზე უმეტესწილად დაიკვირვება უღრუბლო ამინდი და აღმოსავლეთის ძლიერი თბილი ქარები. რაც შეეხება ნალექებს, დასავლეთიდან შემოჭრისას და ციკლონების გავლისას დასავლეთ საქართველოში 3-5-ჯერ მეტი ნალექი მოდის, ვიდრე აღმოსავლეთ საქართველოში, ხოლო აღმოსავლეთიდან შემოჭრის დროს, პირიქით, აღმოსავლეთ საქართველოში მოსულ ნალექთა რაოდენობა დაახლოებით 2-ჯერ აღემატება დასავლეთში მოსულ ნალექთა რაოდენობას.

1.5.6. ყინულოვანი საფარის გაგლეხა გლობალურ კლიმატზე

ყინულოვანი საფარი ანუ კრიოსფერო კლიმატური სისტემის შემადგენელი ნაწილია, რომელიც შეიცავს დედამიწასა და ოკეანის ზედაპირზე და მის ქვეშ არსებულ თოვლს, ყინულისა და მარადი გაყინულობის მთელ საფარს. იმ დროს, როცა ჩრდილო ნახევარსფეროში ზამთარია, გლობალურად კრიოსფეროს ფართობი 82 მლნ.კმ² შეადგენს, ზაფხულის პერიოდში კი ეს სიდიდე 50 მლნ. კმ² არ აღემატება, რაც შესაბამისად, დედამიწის ზედაპირის მთელი ფართობის 16 და 10% შეადგენს. დედამიწის კრიოსფერო მნიშვნელოვან როლს ასრულებს გლობალური კლიმატის ჩამოყალიბებაში. თუმცა, აქ ადგილი აქვს ორმხრივ კავშირს და სხვა ფაქტორებით გამოწვეული კლიმატის ცვალებადობა, თავის მხრივ, განაპირობებს კრიოსფეროს მდგომარეობის ცვლილებებს. ბოლო საუკუნის განმავლობაში მიმდინარე გლობალური დათბობის პროცესები არსებით ზეგავლენას ახდენს კრიოსფეროს დეგრადაციაზე.

გარდა ამისა, ანტარქტიდისა და გრენლანდიის ყინულოვანი საფარის ნაწილობრივი გათბობის გამო, კრიოსფეროს შემცირებას მოჰყვება მსოფლიო ოკეანის დონის მომატება (სხვადასხვა შეფასებით 0.4-დან 0.9 მ-მდე 2100 წლისათვის) ზღვისპირა ქვეყნებისთვის კატასტროფული თანამდევი შედეგებით. 1970-იანი წლების მდგომარეობით, კრიოსფეროს თანამედროვე განაწილება კონტინენტების მიხედვით მოცემულია 1.5.2 ცხრილში.

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ მდგრადი თოვლის საფარი ზამთარში ძირითადად ჩრდილო ნახევარსფეროში, ევრაზიისა და ჩრდილო ამერიკის კონტინენტებზე აღინიშნება, ხოლო მყინვარების უმეტესი ნაწილი თავმოყრილია ანტარქტიდასა და გრენლანდიაში. კრიოსფეროს ფიზიკური თვისებები განაპირობებს მისი ზემოქმედების ხასიათს გლობალურ კლიმატზე.

ზედაპირის დაბალი ტემპერატურისა და მაღალი

ცხრილი 1.5.2. დედამიწის კრიოსფეროს განაწილება კონტინენტების მიხედვით

კონტინენტი	მდგრადი თოვლის საფარის ფართობი 10^6 კმ ²	მყინვარების ფართობი 10^3 კმ ²	კონტინენტის საერთო ფართობი 10^6 კმ ²
ევრაზია	27.5	143.2	54.5
ჩრდილოეთ ამერიკა და გრენლანდია	16.2	2 162.0	26.4
მათ შორის გრენლანდია	–	1 331.2	1.7
აფრიკა	0.1	0.2	30.0
ავსტრალია და ოკეანეთი	0.2	0.1	9.0
სამხრეთ ამერიკა	0.4	32.3	18.3
ანტარქტიდა	–	13 979.0	14.0

ამრეკლადობის ანუ ალბედოს გამო იგი აცივებს მიმდებარე ჰაერის მასებს, რაც, თავის მხრივ, მოქმედებს ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების ჩამოყალიბებაზე.

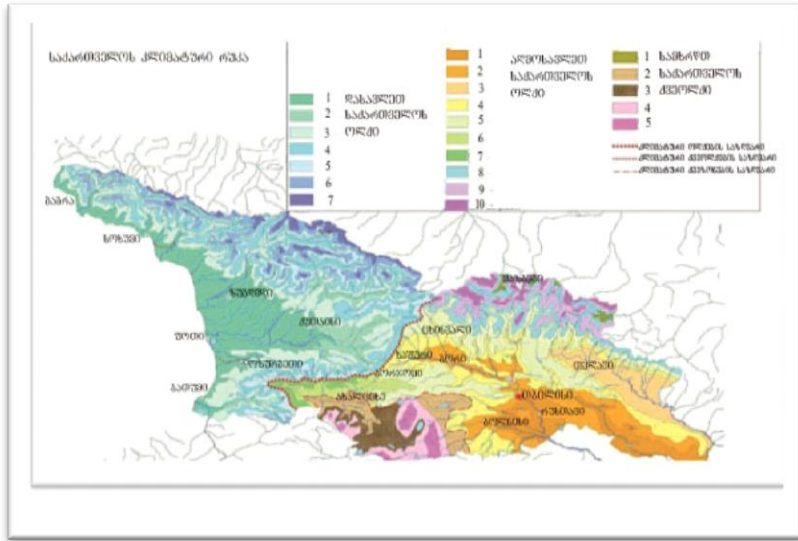
ანტარქტიდისა და გრენლანდიის ყინულოვანი საფარი სისტემატურად კვებავს მსოფლიო ოკეანეს აისბერგებით, რომელთა საერთო მასა $8 \cdot 10^{12}$ ტონას ანუ ოკეანის ყინულის მასის 20% აღწევს. აისბერგები დიდ საფრთხეს უქმნის საზღვაო ნავიგაციას. გარდა ამისა, ისინი ზღვის ზედაპირს აცივებს და ამდიდრებს მტკნარი წყლით. გლობალური დათბობის შედეგად ანტარქტიდისა და გრენლანდიის კონტინენტური შეღწებიდან აისბერგების ჩამოშლის ინტენსიურობის ზრდას შეუძლია საგრძნობლად შეამციროს ოკეანის მიმდებარე რაიონებში

წყლის მარილიანობა, რაც არსებითად შეანელებს აქ ოკეანის დინებას.

საქართველოს ტერიტორიაზე კრიოსფერო წარმოდგენილია მყინვარებითა და მუდმივი თოვლის ხაზის ზემოთ მდებარე მასივებით, პერიოდულად, ზამთრის თვეებში—თოვლის საფარით, რომლის ხანგრძლივობა და სიმაღლე სხვადასხვა კლიმატურ ზონაში დიდ ფარგლებში იცვლება. 1960-იანი წლებისთვის მყინვარების საერთო ფართობი 511კმ² შეადგენდა. ამჟამად ეს სიდიდე შემცირდა, საორიენტაციოდ, 400 კმ²-მდე. მუდმივი თოვლის ხაზი დასავლეთ საქართველოში გადის ზღვის დონიდან 2800–2900მ სიმაღლეზე, ხოლო აღმოსავლეთში—3300 მ ზემოთ. თოვლი პრაქტიკულად არამდგრადია კოლხეთის დაბლობზე, ქვემო ქართლში და ალაზნის ველზე, მაგრამ კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებსა და მესხეთის ქედზე ზამთრის თვეებში მისმა სიმაღლემ შეიძლება რამდენიმე მეტრს მიაღწიოს, ხოლო ხანგრძლივობამ – რამდენიმე თვეს.

1.6. საქართველოს კლიმატური დარაიონება

ტერიტორიის მთიანი რელიეფისა და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების ურთიერთქმედების შედეგად საქართველოს კლიმატი დიდი მრავალფეროვნებით ხასიათდება. მასში წარმოდგენილია მსოფლიოში არსებული თითქმის ყველა კლიმატური ზონა, გარდა ტროპიკული ტყეებისა და უდაბნოებისა. მიღებული კლასიფიკაციის თანახმად, საქართველოს ტერიტორიაზე გამოიყოფა სამი კლიმატური ოლქი (ქვეოლქი)—დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოს ოლქები და სამხრეთ საქართველოს ქვეოლქი (ნახ. 1.6.1).



ნახ.1.6.1. საქართველოს კლიმატური ზონების განლაგების სქემა (19)

1.6.1. დასავლეთ საქართველო

1. ზღვის ნოტიო კლიმატი თბილი, რბილი ზამთრით და ცხელი ზაფხულით (შავი ზღვის სანაპირო ზონა, კოლხეთის დაბლობი);
2. ზომიერად ნოტიო კლიმატი საკმაოდ ცივი ზამთრით და შედარებით მშრალი ცხელი ზაფხულით (დასავლეთ საქართველოს დაბალი მთების ზონა აფხაზეთის, სამეგრელოს, იმერეთის, გურიისა და აჭარის ჩათვლით ზღვის დონიდან 1000–1200 მ სიმაღლემდე);
3. ნოტიო კლიმატი საკმაოდ ცივი ზამთრით და ხანგრძლივი თბილი ზაფხულით (იგივე გეოგრაფიული რაიონების საშუალო მთის ზონა 1200–1500 მ სიმაღლის ფარგლებში);

⁹Курорты и курортные ресурсы Грузинской ССР. ГУГК, Москва, 1989. с.31.

4. ნოტიოკლიმატი ცივი ზამთრით და ხანგრძლივი გრილი ზაფხულით (იმავე გეოგრაფიული რაიონების მაღალმთიანეთში გარდამავალი ზონა ზ.დ. 1800 მ სიმაღლემდე);
5. ნოტიო კლიმატი ცივი თოვლიანი ზამთრით და ხანმოკლე ზაფხულით (დასავლეთ საქართველოს მაღალმთიანი ზონა ზღვის დონიდან 1880–2400 მ სიმაღლის ფარგლებში);
6. მაღალმთიანი ნოტიო კლიმატი ნამდვილ ზაფხულსმოკლებული (მაღალმთიანი ზონა ზღვის დონიდან 2400–2900 მ სიმაღლის ფარგლებში);
7. მაღალმთიანი ნოტიო კლიმატი მუდმივი უხვი თოვლითა და მყინვარებით (მაღალმთიანი ზონა ზღვის დონიდან 2900 მ ზევით).

1.6.2. აღმოსავლეთ საქართველო

1. ზომიერად მშრალი სუბტროპიკული (სტეპების) კლიმატი ზომიერად ცივი ზამთრით და ცხელი ზაფხულით (შიდა ქართლის, ქვემო ქართლისა და გარე კახეთის ვაკეები და დაბალი მთის ზონები ზღვის დონიდან 800 მ სიმაღლემდე);
2. ზომიერად თბილი სტეპურიდან ზომიერად ნოტიოზე გარდამავალი კლიმატი ცხელი ზაფხულით (იგივე გეოგრაფიული რაიონები ზღვის დონიდან 800–1000 მ სიმაღლის ფარგლებში);
3. ზომიერად ნოტიო კლიმატი ზომიერად ცივი ზამთრით და ცხელი ზაფხულით (ალაზნის ველი);
4. ზომიერად ნოტიო კლიმატი ცივი ზამთრით და ხანგრძლივი თბილი ზაფხულით (შიგა ქართლის, ქვემო ქართლისა და შიდა კახეთის საშუალო მთის ზონა 800–1200 მ სიმაღლის ფარგლებში);
5. ზომიერად ნოტიო კლიმატი ცივი ზამთრითა და ხანგრძლივი გრილი ზაფხულით (კავკასიონის სამხრეთი ფერდობები 1200–1800 მ სიმაღლის ფარგლებში, თრიალეთის მთიანი მასივი);

6. ზღვის ნოტიო კლიმატიდან ზომიერად ნოტიო კონტინენტურზე გარდამავალი კლიმატი ცივი თოვლიანი ზამთრითა და ხანგრძლივი ზაფხულით (სამცხე-ჯავახეთის საშუალო მთის ზონა 800–1700 მ ზ. დ. ფარგლებში, მათ შორის ბორჯომი, ბაკურიანი, აბასთუმანი);
7. იგივე გარდამავალი კლიმატი, მხოლოდ ცივი თოვლიანი ზამთრითა და ხანმოკლე ზაფხულით (იმავე გეოგრაფიული რაიონის მაღალმთიანი ზონა 1700–1800 მ ზევით);
8. ზომიერად ნოტიო კლიმატი ცივი ზამთრითა და ხანმოკლე ზაფხულით (კავკასიონის სამხრეთი ფერდობები 1700–2200 მ სიმაღლის ფარგლებში, მათ შორის სამაჩაბლოს, ხევსურეთის, თუშეთის მთიანი რაიონები);
9. მაღალი მთის ზომიერად ნოტიო კლიმატი, ნამდვილ ზაფხულს მოკლებული (იმავე გეოგრაფიული რაიონების მაღალმთიანი ზონა 2200–3000 მ სიმაღლის ფარგლებში);
10. მაღალმთის კლიმატი მუდმივი თოვლითა და მყინვარებით (კავკასიონის მაღალმთიანი ზონა 3000–3200 მ ზევით).

1.6.3. სამხრეთ საქართველო

1. ზომიერად ცივი ნოტიო ზამთრითა და ხანგრძლივი თბილი ზაფხულის კლიმატიდან მაღალმთიან სტეპურზე გარდამავალი კლიმატი (მესხეთ-ჯავახეთის დაბალმთიანი ზონა 800–1200 მ სიმაღლის ფარგლებში, მათ შორის ახალციხე, ადიგენი, ასპინძა);
2. მაღალმთიანი სტეპური კლიმატი ცივი მცირეთოვლიანი ზამთრითა და ხანგრძლივი თბილი ზაფხულით (წალკის ზეგანი, დმანისის პლატო ზ.დ. 1200–1700 მ სიმაღლის ფარგლებში);
3. მთიანეთის სტეპური კლიმატი ცივი მცირეთოვლიანი ზამთრითა და ხანგრძლივი

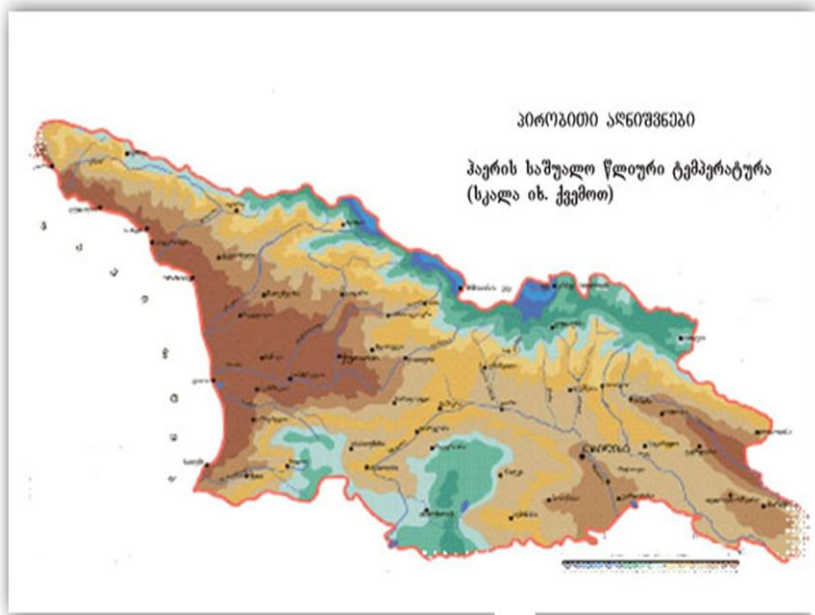
- გრელი ზაფხულით (მესხეთ-ჯავახეთის საშუალომთიანი ზონა, ახალქალაქის პლატო 1200–2100 მ სიმაღლის ფარგლებში, მათ შორის ახალქალაქი, ნინოწმინდა, ფარავნის ტბა);
4. მთიანეთის სტეპური კლიმატი ხანმოკლე ზაფხულითა და ცივი მცირეთოვლიანი ზამთრით (ჯავახეთის მთიანეთის მაღალმთიანი ზონა ზ.დ. 2000–2400 მ სიმაღლის ფარგლებში, მათ შორის ტაბაწყურისა და მადათაფის ტბები);
 5. მაღალი მთიანეთის ზომიერად მშრალი კლიმატი, ნამდვილ ზაფხულს მოკლებული (სამსარისა და ჯავახეთის ქედების მაღალმთიანი ზონა).

1.7. კლიმატური ელემენტების განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე

1.7.1. ჰაერის ტემპერატურა

2000-იან წლებში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა ცხადყო, რომ გავლილი 30–40 წლის განმავლობაში გლობალური დათბობის ზეგავლენით საშუალო წლიურმა ტემპერატურამ დასავლეთ საქართველოს ცალკეულ რაიონში მოიმატა $0,2-0,4^{\circ}\text{C}$ ფარგლებში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს სხვადასხვა რაიონში $0,6-1,0^{\circ}\text{C}$ -ით (ნახ.1.7.1).

ჰაერის ტემპერატურის აბსოლუტური მაქსიმუმებისა და აბსოლუტური მინიმუმების განხილვისას აღმოჩნდა, რომ საქართველოს სხვადასხვა რაიონში ჰაერის ტემპერატურის ექსტრემუმებმაც ბოლო ათეული წლების მანძილზე $1-2^{\circ}\text{C}$ -ით მოიმატა.

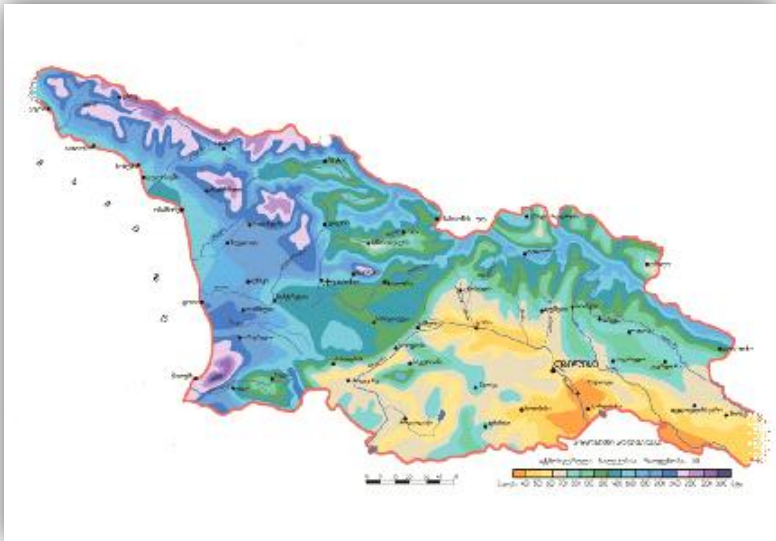


ნახ. 1.7.1. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურა, °C, 1936-2006 ([10])

1.7.2. ატმოსფერული ნალექები

ბოლო დროს ჩატარებული კვლევების თანახმად საქართველოში კლიმატის დათბობამ გამოიწვია ნალექთა მომატება 5–10% ფარგლებში, თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ნალექთა ცვლილების სურათი არაერთგვაროვანია და ზოგ რაიონში აღინიშნა მათი წლიური ჯამების დაკლებაც (ნახ. 1.7.2).

¹⁰საქართველოს კლიმატური და აგროკლიმატური ატლასი, სტუ შპი, თბ., 2011, გვ. 30.



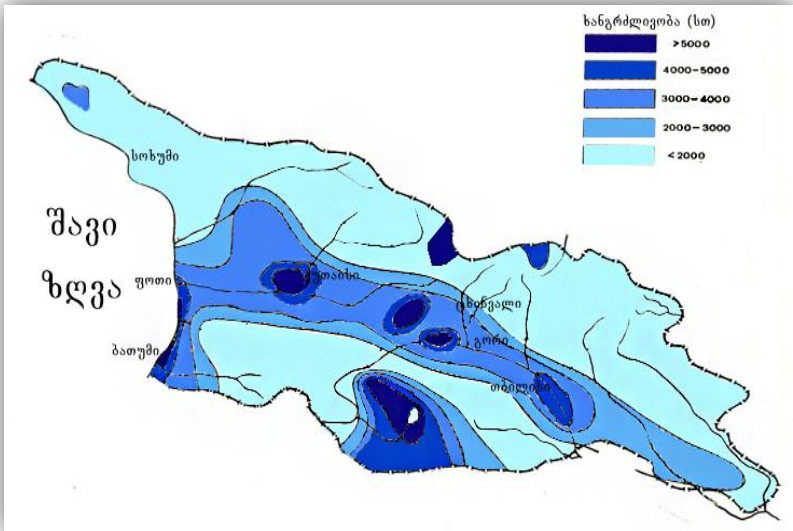
**ნახ. 1.7.2. ატმოსფერულ ნალექთა რაოდენობა
წელიწადში, მმ, 1936-2006 ([10])**

1.7.3. ქარი

3 მ/წმ-ზე მაღალი სიჩქარის ქარების წლიური ხანგრძლივობის განაწილების რუკა მოყვანილია 1.7.3 ნახაზზე.

ამ მონაცემებიდან ჩანს, რომ საქართველოს ტერიტორიის დიდ ნაწილზე ძირითადად გაბატონებულია დასავლეთ-აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები. ყველაზე ხშირად ძლიერი ქარებია ბათუმის, ქუთაისის, გორისა და ჯავახეთის მთიანეთის რაიონებში, აგრეთვე ღიხის ქედის საუღელტეხილო მონაკვეთზე. ძლიერი ქარების ხანგრძლივობა უმნიშვნელოა ტყეებით დაფარულ კავკასიონის სამხრეთ ფერდობებსა და

¹⁰ საქართველოს კლიმატური და აგროკლიმატური ატლასი, სტუ შში, თბ., 2011, გვ. 49.



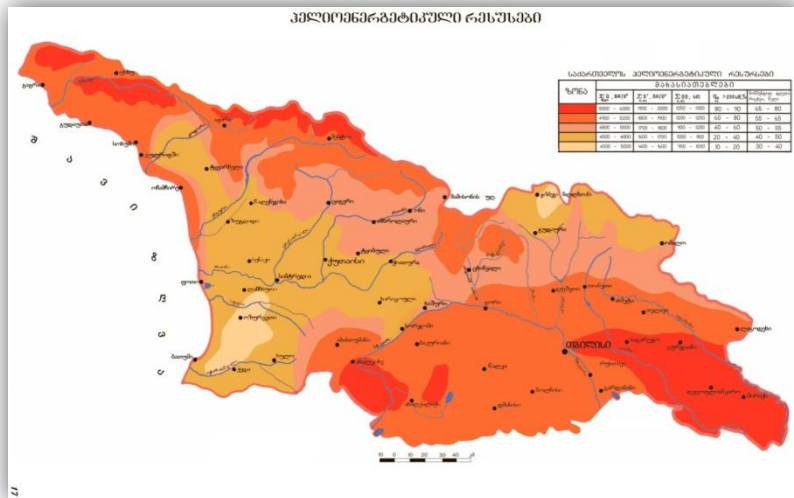
ნახ. 1.7.3. ქარის სიჩქარის (V მმ/წმ) წლიური ხანგრძლივობის (სთ) განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე, 1936-1986 ([11])

მესხეთის ქედზე, აგრეთვე ქვემო ქართლის მთიან ზონაში.

1.7.4. მზის რადიაცია

საქართველოს ტერიტორიაზე ჰელიოენერგეტიკული რესურსების განაწილების სქემა წარმოდგენილია 1.7.4 ნახაზზე. ამ ნახაზზე მოყვანილი ჰელიოენერგეტიკული ზონები, მზის ჯამური რადიაციის გარდა, ერთმანეთისაგან განსხვავდება მზის ნათების ხანგრძლივობითაც.

Исванидзе Г. Г., Гагуа В. П., Сухишвили Э. В. Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1987 с. 62



ნახ. 1.7.4. პელიონემერგამტიკული რესურსების განაწილება საქართველოს ტერიტორიაზე, 1936-1986 ([10])

ნახაზიდან ჩანს, რომ მზის რადიაციის ყველაზე დიდი ინტენსიურობით და ხანგრძლივობით ხასიათდება დედოფლისწყაროს რაიონი და ჯავახეთის მთიანეთი, აგრეთვე კავკასიონის მაღალმთიანი ზონის ცალკეული უბნები, ხოლო მინიმალური რესურსებით – აჭარისა და გურიის მთიანი რაიონები, რაც დაკავშირებულია ჭარბ ღრუბლიანობასთან.

1.7.5. ჰაერის სინოტივე

ჰაერის სინოტივე ჰაერის ტემპერატურის, ნალექების, ქარის, ქვეყნილი ზედაპირის თვისებების და სხვა ფაქტორების კომპლექსური ფუნქციაა, რაც განაპირობებს მის დიდ ცვალებადობას დროსა და სივრცეში. დღე-ღამის

¹⁰ საქართველოს კლიმატური და აგროკლიმატური ატლასი, სტუ ჰში, თბ., 2011, გვ. 17.

განმავლობაში, მკვეთრი ცვლილებების გათვალისწინებით, მისი დახასიათება ხდება ადგილობრივი დროით 13 სთ-ზე. როგორც დაკვირვებები გვიჩვენებს, საქართველოს ტერიტორიაზე წლის განმავლობაში ჰაერის საშუალო ფარდობითი სინოტივე იცვლება 45–75% ფარგლებში და ეს ამპლიტუდა ყველაზე აშკარად ვლინდება ზაფხულში. მაღალი ტემპერატურების ფონზე მაქსიმალური სინოტივით გამოირჩევა შავი ზღვის სანაპირო ზონა, ხოლო მინიმალური სინოტივით—ქვემო ქართლისა და გარე კახეთის რაიონები.

ბოლო წლებში ჩატარებულმა გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ჰაერის სინოტივე ნაკლებად რეაგირებს კლიმატის მიმდინარე ცვლილებაზე და კონკრეტულ ადგილზე მისი ცვალებადობა 1–2%-ს არ აღემატება, რაც გაზომვის ცდომილების ფარგლებშია.

17.6. ნიადაგის ტემპერატურა

მეტეოსადგურებზე ნიადაგის ტემპერატურა იზომება როგორც ზედაპირზე, ასევე სხვადასხვა სიღრმეში. ნიადაგის ზედაპირის ტემპერატურა დამოკიდებულია ზედაპირის რადიაციულ ბალანსსა და ნიადაგის ფიზიკურ თვისებებზე. დღის საათებში მზის რადიაციის ზეგავლენით ნიადაგის ზედაპირი თბება და ათბობს მიმდებარე ჰაერის ფენებს, ხოლო ღამის საათებში ზედაპირი ცივდება გრძელტალღოვანი რადიაციის კოსმოსში გასხივების შედეგად და, შესაბამისად, აცივებს მოსაზღვრე ჰაერის ფენებს.

საქართველოს ტერიტორიაზე ნიადაგის ზედაპირის მინიმალური ტემპერატურით (-16°C -მდე) ხასიათდება კავკასიონის მაღალმთიანი ზონა მყინვარწვერის მასივის რაიონში, ხოლო მაქსიმალური ტემპერატურებით ($28-30^{\circ}\text{C}$) შავი ზღვის სანაპირო ზონა, ქვემო ქართლისა და კახეთის რაიონები. სავარაუდოა, რომ გლობალური დათბობა ბოლო ათწლეულებში დაკავშირებულია

მოყვანილი სიდიდეების გარკვეულ მატებასთან 1-2°C ფარგლებში, მაგრამ დაკვირვების სათანადო მონაცემების უქონლობის გამო, ამ მოსაზრების შემოწმება ჯერჯერობით შეუძლებელია.

1.7.7. თოვლის საფარი

რთული რელიეფი განაპირობებს საქართველოს ტერიტორიაზე თოვლის საფარის განაწილების დიდ მრავალფეროვნებას. თოვლის საფარის ხასიათის მიხედვით გამოიყოფა სამი ზონა:

I ზონა მოიცავს თოვლის მდგრადი საფარის რაიონებს კავკასიონის ფერდობებსა და ჯავახეთის ზეგანზე. თოვლის აკუმულაცია აქ ხდება თითქმის მთელი წლის განმავლობაში და სუსტდება ზაფხულის თვეებში.

II ზონაში შედის კავკასიონისა და სამხრეთ საქართველოს მთიანეთის წინამთის, საშუალო და მაღალი მთის რაიონები ქვედა საზღვრით ზღვის დონიდან 500–700 მ სიმაღლეზე. წლის ცივ პერიოდში თოვლის საფარი წარმოიქმნება რამდენჯერმე და ჩერდება რამდენიმე კვირა ან თვე. ამ პერიოდში თოვლის საფარის სიმაღლე არსებითად იცვლება. ამიტომ მიღებულია ამ სიდიდის საშუალო დეკადური (10-დღიანი) მნიშვნელობის განსაზღვრა, რომლის მიხედვით მსჯელობენ თოვლის საფარის ტრანსფორმაციაზე დროის უფრო ხანგრძლივ მონაკვეთებში.

III ზონა აერთიანებს კოლხეთის დაბლობის, ქართლისა და კახეთის ვაკე და მთისწინა რაიონებს 500–700 მ სიმაღლემდე. თოვლის საფარი აქ ჩვეულებრივ არამდგრადია, ზამთრის თვეებში შეიძლება წარმოიქმნას რამდენჯერმე და გაძლოს არა უმეტეს 1–2 კვირისა. არცთუ იშვიათია უთოვლო ზამთარიც, რაც კლიმატის დათბობის გამო გახშირდა ბოლო 10–15 წლის განმავლობაში.

1.8 სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები საქართველოს ტერიტორიაზე

1.8.1. გვალვა

გვალვა არის, ნორმასთან შედარებით, ნალექთა ხანგრძლივი და მნიშვნელოვანი უკმარისობა ჰაერის მაღალი ტემპერატურის დროს, რის შედეგადაც მკვეთრად ეცემა ნიადაგის ტენშემცველობა. ეს იწვევს რეგიონში ჰიდროლოგიური წონასწორობის დარღვევას, რაც უარყოფითად მოქმედებს გარემოზე, სოფლის მეურნეობაზე, ადამიანის ჯანმრთელობაზე, ეკონომიკასა და სოციალურ სფეროზე. გვალვას შეიძლება ადგილი ჰქონდეს წლის ყველა სეზონში, მაგრამ განსაკუთრებით საზიანოა მცენარეთა სავეგეტაციო პერიოდში, მცენარეთა ზრდა-განვითარებისათვის არახელსაყრელი პირობების შექმნის გამო, – გაზაფხულსა და ზაფხულში, როდესაც გვალვა ნორმაზე მაღალი ტემპერატურების ფონზეა. საქართველოს ტერიტორიაზე სხვადასხვა ხანგრძლივობის უნალექო პერიოდის განმეორადობის და მათი მაქსიმალური ხანგრძლივობის შესახებ მონაცემები იხ. 1.8.1 ცხრილში.

ცხრილიდან ჩანს, რომ გარდაბანში 5–10-დღიანი უნალექო პერიოდი საშუალო მრავალწლიურ ჭრილში 11-ჯერ მეორდება, ხოლო 30 დღეზე მეტი ხანგრძლივობის პერიოდი – წელიწადში ერთხელ. ამავე სადგურზე უნალექო პერიოდის ხანგრძლივობა შეიძლება 60 დღეს აღწევდეს.

ბოლო წლებში ჩატარებული გამოკვლევებით, გლობალურმა დათბობამ საქართველოს ბევრ რეგიონში გამოიწვია გვალვიანი პერიოდის გახანგრძლივება. მაგალითად, ქვემო სვანეთში 1960-იან წლებში გვალვიანი პერიოდის საშუალო ხანგრძლივობა 34 დღეს შეადგენდა, ხოლო 1990-იან წლებში იგი 47 დღემდე გაიზარდა. ანალოგიურად, თუ დედოფლისწყაროში 1952–1985 წლებში გვალვიანი პერიოდი საშუალოდ 48 დღეს

ცხრილი 1.8.1. უნალექო პერიოდების წლიური განმეორებადიობა საქართველოში

სადგური	უნალექო პერიოდების ხანგრძლივობა (დღე)				უნალექო პერიოდების მაქსიმალური ხანგრძლივობა (დღე)
	5-10	11-20	31-30	>30	
გარდაბანი	11	6	2.7	1.0	60
თბილისი	12	6	1.5	0.7	54
გორი	14	6	1.1	0.3	79
თელავი	13	5	1.0	0.3	52
ლაგოდეხი	14	5	0.8	0.2	38
ახალქალაქი	13	6	0.9	0.3	58
როდიონოვკა	13	4	0.9	0.04	46
ფასანაური	13	4	1.0	0.04	43
გუდაური	11	3	1.1	0.1	34
ამბროლაური	15	5	0.4	0.1	44
საქარა	14	4	0.5		51
სოხუმი	15	4	0.5		27
გორდი	13	3	0.3		27
ჩაქვი	14	3	0.2		27

გრძელდებოდა, 1986–2007 წლებში ეს სიდიდე 62 დღემდე გაიზარდა და გვაღვამ ყოველწლიური ხასიათი მიიღო.

საქართველოს პირობებში პერიოდი, როდესაც ნალექთა ჯამი სავეგეტაციო პერიოდში 150 მმ-ს არ აღემატება მკაცრ გვაღვიან პერიოდად არის მიღებული. ასეთი გვაღვები საკმაოდ ხშირად აღინიშნება აღმოსავლეთ საქართველოში.

მკაცრი გვაღვების მაქსიმალური ალბათობით ხასიათდება ქვემო ქართლი, სადაც ეს მოვლენა მეორდება ყოველ 2–3 წელიწადში ერთხელ. ასევე მაღალია ალბათობა გარე კახეთშიც, სადაც მკაცრ გვაღვას ადგილი აქვს ყოველ 3–5 წელიწადში.

უკანასკნელ პერიოდში, გლობალური დათბობის ზეგავლენით, გვალვების ხანგრძლივობა და სიხშირე კიდევ უფრო მეტად გაიზარდა (ნახ.1.8.1).

1995-2008 წლებში გვალვისაგან მხოლოდ სოფლის მეურნეობისათვის მიყენებულმა ზარალმა საქართველოში 400 მლნ. ლარი შეადგინა.



ნახ. 1.8.1. გვალვა, 1936-2006 ([10])

1.8.2. უხვი ნალექი

ამჟამად მიღებული კლასიფიკაციის თანახმად, ნალექი მიიჩნევა უხვად, თუ მათი დღეღამური ჯამი 30 მმ-ს აღემატება. საქართველოს რთული რელიეფი და შავი ზღვა განაპირობებს მის ტერიტორიაზე უხვი ნალექის განაწილების არაერთგვაროვან ხასიათს.

ნალექის დღეღამური მაქსიმუმებით გამოირჩევა კოლხეთის დაბლობი, სადაც ეს სიდიდე 300 მმ-ს აღწევს, თუმცა შესაძლებელია ცალკეული მეტეოსადგურების

¹⁰ საქართველოს კლიმატური და აგროკლიმატური ატლასი, სტუ პში, თბ., 2011, გვ. 79.

არსებობა, სადაც რელიეფის ზეგავლენით დღეღამური ჯამები მნიშვნელოვნად აჭარბებს მოცემულ სიდიდეებს. მაგალითად, სოსუმში 1934 წელს დღე-ღამეში დაფიქსირდა 222 მმ ნალექი, ლანჩხუთში 1943 წელს – 350 მმ, კოჯორში 1935 წელს–184 მმ, ლაგოდეხში 1937 წელს – 148 მმ და სხვ.

დღეღამურ მაქსიმუმებთან ერთად უხვი ნალექების მოსვლას განაპირობებს აგრეთვე უწყვეტი ნალექების ხანგრძლივობა. ხანგრძლივი უწყვეტი ნალექები უმეტესწილად აღინიშნება ზამთრის თვეებში, თუმცა ზოგჯერ ამ მოვლენას ადგილი აქვს გაზაფხულსა და შემოდგომაზეც. თუ კონკრეტული მდინარის აუზში მოსული ნალექები უხვია, მაგრამ შედარებით ხანმოკლე, ამას შეიძლება მოჰყვეს წყალმოვარდნა, ხოლო, თუ ნალექები უხვია და ხანგრძლივი, მაშინ დიდი ალბათობაა იმისა, რომ წყალდიდობა იქნება.

1.8.3. წყალდიდობა–წყალმოვარდნა

წყალდიდობა, ჩვეულებრივ, დაკავშირებულია გაზაფხულზე თოვლის სეზონურ დნობასა და ჭარბი ნალექების მოსვლასთან, რის გამოც იმატებს წყლის დონე და მდინარე გადმოდის კალაპოტიდან. მისი ხანგრძლივობა შეიძლება შეადგენდეს რამდენიმე კვირას ან აჭარბებდეს ერთ თვეს. წყალდიდობა უმეტესწილად დაიკვირვება წლის თბილ პერიოდში თქეში წვიმების შედეგად და მისი ხანგრძლივობა რამდენიმე დღეს არ აღემატება.

საქართველოში წყალდიდობები ყველგან დაიკვირვება. განსაკუთრებით ძლიერი წყალდიდობებია დამახასიათებელი მტკვრის, რიონის, ცხენისწყლის, არაგვის, ალაზნის, ივრისა და სხვა მდინარეთა აუზებისათვის (ნახ. 1.8.2).

წყალდიდობა იწვევს ხიდების, შენობა-ნაგებობების ნგრევას, სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების ეროზიასა და დატბორვას, რითაც დიდი ზიანი მოაქვს ქვეყნის ეკონომიკისათვის. ძლიერი წყალდიდობების დროს არის



ნახ. 1.8.2. წყალდიდობა თბილისში. 2012 წლის 13 მაისი (ორთაჭალაში ძლიერმა წვიმამ და მდინარე მტკვრის კალაპოტიდან გადმოსვლით გამოწვეულმა წყალდიდობამ გამოიწვია ქუჩების დატბორვა, საცხოვრებელი სახლებისა და ავტომანქანების დაზიანება, ადამიანთა მსხვერპლი) ([12])

ადამიანებისა და შინაური ცხოველების დაღუპვის შემთხვევები. წყალდიდობას, რომელიც უხვი თქეში ნალექის მოსვლის შედეგად დროის ხანმოკლე პერიოდში ყალიბდება და რამდენიმე საათის განმავლობაში შეიძლება გაგრძელდეს, წყალმოვარდნა ეწოდება.

განსაკუთრებული სისასტიკით გამოირჩა თბილისის 2015 წლის 13 ივნისის წყალმოვარდნა მდინარე ვერეს ხეობაში (ნახ.1.8.3).

¹²<http://boni.ge/web-siaxleebinews/წყალდიდობა თბილისში>



1.8.3. მდგომარეობა სტიქიის ზონაში (2015 წლის 14 ივნისი), მდ. ვერეს ხეობა ([13])

სტიქიამ 22 ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა 2 ადამიანი დაიკარგა და 200-ზე მეტი უსახლკაროდ დარჩა. თითქმის მთლიანად განადგურდა თბილისის ზოოპარკი. ცხოველების დიდი ნაწილი წყალდიდობას ემსხვერპლა, გარკვეულმა ნაწილმა კი ვოლიერებს თავი დააღწია და ქალაქში გაიქცა. სანახევროდ დაინგრა ვაკე-საბურთალოს დამაკავშირებელი ესტაკადა, რომელიც 2010 წლის შემოდგომაზე გაიხსნა და მის მშენებლობაზე ათეულობით მილიონი ლარი დაიხარჯა წყლის ქვეშ მოექცა ვერეს ხეობაში მდებარე სახლები. ჩამოინგრა სამორინე „ვეროპას“ კედელი. აღიდებულმა მდინარემ მთლიანად განადგურა თსუ ლაბორატორია, ბიზნესმენ თამაზ ელიზბარაშვილის ძაღლების თავშესაფარი და იქ მცხოვრები ძაღლების უმრავლესობა იმსხვერპლა,

¹³[https://ka.wikipedia.org/wiki/თბილისის_წყალდიდობა_\(2015\)](https://ka.wikipedia.org/wiki/თბილისის_წყალდიდობა_(2015))

ასევე მოლიანად დაიხრჩო თავშესაფარში მცხოვრები დათვებიც.

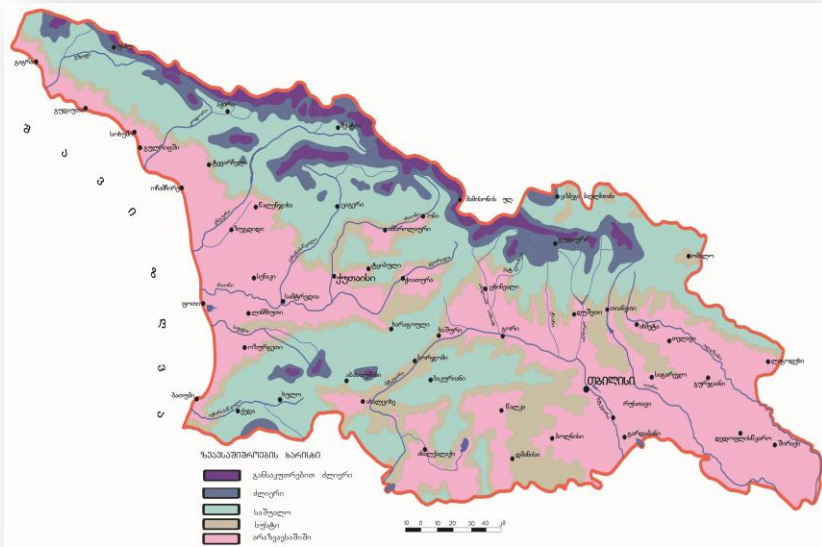
სტიქიის შედეგად მიყენებულმა მატერიალურმა ზარალმა დაახლოებით 50 მილიონი ლარი შეადგინა.

1.8.4. თოვლის ზვაგი

უხვ ნალექებთან დაკავშირებული სხვა სტიქიური მოვლენებიდან საქართველოს მთიან რაიონებში განსაკუთრებულ საშიშროებას წარმოადგენს თოვლის ზვაგები. ზვაგი – მთის ფერდობზე მოძრავი თოვლის დიდი მასაა, რომელიც მოგორავს ან მოსრიალებს მთების ციცაბო ფერდობებიდან 20-30 მ/წმ სიჩქარით სიმძიმის ძალის ზემოქმედებით. ზვაგის ჩამოწოლის დროს წარმოიქმნება ჰაერის ტალღა, რომელიც წინ მოუძღვის თოვლის მასას და იწვევს ნგრევას. ზვაგის ჩამოსვლისათვის ყველაზე ხელსაყრელი პირობა იქმნება, თუ თოვლის სიდიდე აღემატება 20 სმ-ს, ხოლო მთის ფერდობის დახრილობა მერყეობს 15-დან 50 გრადუსამდე და მთის ფერდობზე არ არის ტყე.

თოვლის ზვაგები წარმოიქმნება თოვლის ინტენსიური დნობის, მიწისძვრის, აფეთქებებისა და ადამიანთა იმ საქმიანობის შედეგად, რომელიც იწვევს მთის ფერდობებისა და საჰაერო სივრცის რყევას. ჩამოწოლილმა ზვაგმა შეიძლება გამოიწვიოს შენობებისა და საინჟინრო ნაგებობების ნგრევა, გზებისა და მთის ბილიკების ჩახერგვა და სხვ.

პერიოდს, როდესაც მოსალოდნელია ზვაგის გააქტიურება, ზვაგსაშიში ეწოდება. მაღალი ზვაგაქტიურობით ხასიათდება კავკასიონის მაღალ-მთიანი ზონა, მდ. კოდორის სათავიდან მთა-თუშეთის ჩათვლით, მათ შორის ზემო და ქვემო სვანეთი, აგრეთვე ხევსურეთი, მდ. თერგის ხეობა და სამაჩაბლოს მაღალმთიანი ზონა (ნახ.1.8.4).



ნახ. 1.8.4. საქართველოს ტერიტორიაზე ზეგავაქტიურობის რუკა, 1936-2006 ([10])

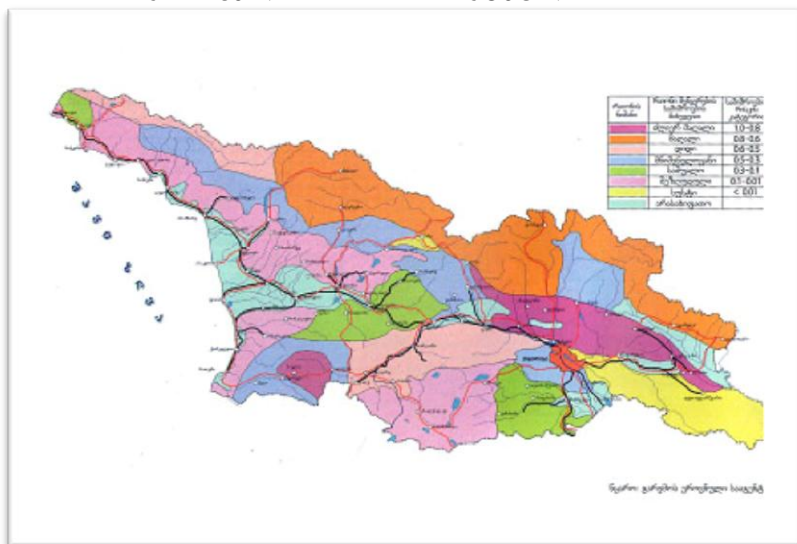
საკმაოდ აქტიურია მესხეთისა და თრიალეთის ქედების მაღალმთიანი უბნებიც. არაზეგავსაშიშია კოლხეთის დაბლობი, შიდა და ქვემო ქართლის ტერიტორიები, იორის ზეგანი და ალაზნის ველი. სუსტად ზეგავაქტიურია ჯავახეთის მთიანეთის ცენტრალური ნაწილი.

ზეგავების ჩამოსვლის სისშირე ერთ ზამთარში ზეგავაქტიურ რაიონებში 15 აღემატება, ხოლო ზეგავსაშიშ დღეთა რაოდენობა 100–150 შეადგენს და მეტსაც.

¹⁰საქართველოს კლიმატური და აგროკლიმატური ატლასი, სტუ ჰში, თბ., 2011, გვ. 71.

1.8.5. ღვარცოფი

ღვარცოფი აგრეთვე ლოკალური ხასიათის საშიში მოვლენაა, რომელიც დიდი დახრილობის მქონე ხეობებში წარმოიქმნება ინტენსიური თქეში ნალექების მოსვლის შედეგად, მდინარეთა უეცარი და სწრაფი ადიდების დროს და წარმოადგენს დიდი სიჩქარით (10 მ/წმ და მეტი) მოძრავ წყალქვიან ან ქვატალახიან ნაკადს. ღვარცოფული ნაკადები წარმოიქმნება აგრეთვე თოვლის ან მყინვარის ინტენსიური დნობის, წყალსატევების გარღვევის, მიწისძვრისა და ვულკანის ამოფრქვევის შედეგად. ღვარცოფული ტალღის მძლავრი წინა ფრონტი შეიძლება 15 მეტრამდე და უფრო მეტი სიმაღლისა იყოს. XX ს-ის ბოლოსათვის საქართველოში დაფიქსირდა 2750 ღვარცოფსაშიში კერა. ღვარცოფული საშიშროების ზონაში საქართველოს 29%-ია მოქცეული (ნახ. 1.8.5).



ნახ. 1.8.5. საქართველოს ტერიტორიაზე ღვარცოფული მოვლენებისა და აქტივობის რუკა ([14])

¹⁴გარემოს ეროვნული სააგენტო, 2011.

განსაკუთრებული ღვარცოფსაშიშროებით ხასიათდება შემდეგი მდინარეების ხეობები: არაგვი, დიდი ლიახვი, ყვირილა, რიონი, ცხენისწყალი, აგრეთვე თერგის, იორის და ალაზნის სათავეები. ბოლო დროს, ტყეების გაჩეხასთან დაკავშირებით ღვარცოფულმა ნაკადებმა იჩინა თავი ცივ-გომბორის ქედზე და ალგეთი–სრამის აუზებში. ღვარცოფული აქტიურობის კლასიკურ მაგალითს წარმოადგენს მდ. დურუჯის ხეობა.

1.8.6. მეწყერი

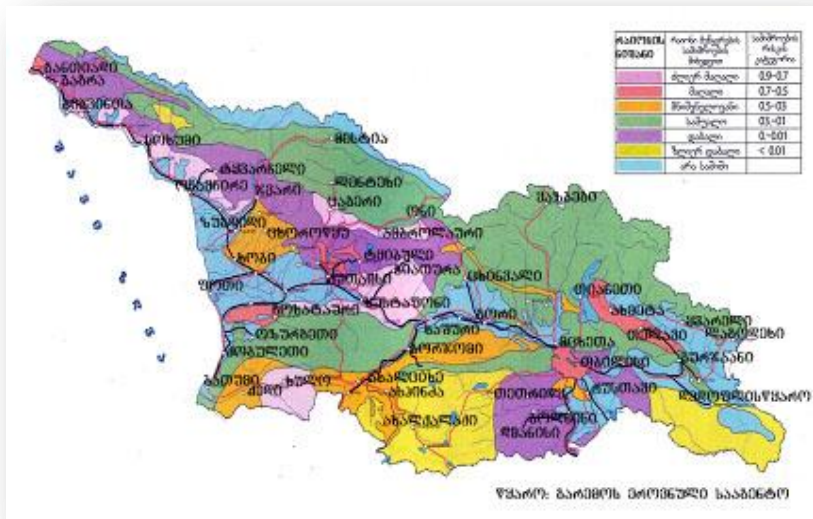
ბოლო ხანებში ხანგრძლივი ნალექების მოსვლის შედეგად საქართველოს მთიან რაიონებში გახშირდა მეწყერის შემთხვევები. მეწყერი არის მიწის მასების ან ქანების მოწყვეტა და გადაადგილება მთის კალთაზე ან ფერდობზე სიმძიმის ძალის გავლენით (ნახ. 1.8.6).



ნახ. 1.8.6. მეწყერი ახალციხის რაიონის სოფელ აწყურში ([15])

¹⁵ekologiainfo.wordpress.com/2013/02/22/მეწყერი-აწყურში

მეწყერი უფრო ხშირად იქ წარმოიქმნება, სადაც წყალშემკავებელი (თიხოვანი) და წყლიანი (მაგ. ქვიშახრეშიანი) ქანები ერთმანეთს ენაცვლება და შრეთა დაქანება კალთის დაქანების თანხვედრია. მეწყერის მიზეზია ქანების წონასწორობის დარღვევა, რასაც იწვევს ფერდობის ძირის გამორეცხვა, გამოფიტვის ან გადამეტენიანების გამო ქანების სიმტკიცის შესუსტება. იგი დიდ ზარალს იწვევს მოსახლეობასა და მეტყვეობაში, რაც მიზეზი ხდება მიგრაციული პროცესებისა მთელ რიგ რეგიონებში. ამ თვალსაზრისით გამოირჩევა მთიანი აჭარა, ქვემო სვანეთი და ზემო სვანეთი. გახშირდა მეწყერები ცივ-გომბორის ქედზეც (ნახ. 1.8.7)



ნახ. 1.8.7. საქართველოს ტერიტორიაზე მეწყერებით დაზიანებისა და საშიშროების რისკის რუკა ([14])

¹⁴გარემოს ეროვნული სააგენტო, 2011.

1.8.7. სეტყვა

წლის თბილ პერიოდში ინტენსიურ ნალექ-წარმომქმნელ პროცესებს ზოგჯერ თან სდევს სეტყვაც, რომელსაც შეიძლება ლოკალური მასშტაბის სტიქიური მოვლენის ხასიათი მიეცეს. სეტყვის მოსვლა განპირობებულია ჰაერის მასების შემოჭრით დასავლეთიდან, აღმოსავლეთიდან ან ამიერკავკასიის სამხრეთში ტალღური აღრევით.

სეტყვა ყველაზე ხშირია ჯავახეთის ზეგანზე, მესხეთისა და თრიალეთის ქედის სამხრეთ ფერდობებზე, კახეთის ქედის ჩრდილოეთ ნაწილში და ცენტრალური კავკასიონის მაღალმთიანეთში, სადაც სეტყვის პროცესების განმეორადობა მაქსიმუმს აღწევს და წელიწადში საშუალოდ 9-10 სეტყვიანი დღე დაიკვირვება, თუმცა ცალკეულ წლებში აჭარბებს 20 დღეს. მესხეთისა და თრიალეთის ქედის ჩრდილო ფერდობებზე, გომბორის ქედზე და კავკასიონის ცენტრალურ ნაწილში საშუალოდ 2-4 დღე არის სეტყვიანი, ცალკეულ წლებში კი აღემატება 10 დღეს. განსაკუთრებული სიმწვავეთ გამოირჩევა აგრეთვე ალაზნის ველი. სეტყვის მოსვლის მინიმალური ალბათობით ხასიათდება ლიხის ქედი, აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობი რაიონები და მთისწინეთი, აგრეთვე შავი ზღვის სანაპირო და კოლხეთის ბარის ცალკეული რაიონები, სადაც წელიწადში 1-2 სეტყვიანი დღე დაიკვირვება. კოლხეთის დაბლობის სამხრეთ და შიგა რაიონებში სეტყვა იშვიათი მოვლენაა.

ყოველწლიურად საქართველოში ძლიერი სეტყვის პროცესებს შედეგად ნადგურდება სასოფლო-სამეურნეო საგარეულების 0.7-8.0%. სეტყვის მხრივ განსაკუთრებული სისშირით და ინტენსივობით გამოირჩეოდა 1983, 1987, 1993 და 1997 წლები. არასრული მონაცემებით, ბოლო 13 წელიწადში ქვეყნისათვის სეტყვისაგან მიყენებულმა ზარალმა საქართველოში 140 მლნ. ლარს გადააჭარბა. სეტყვასთან ბრძოლის სამუშაოები, რომელთა ეფექტურობა საშუალოდ 70-75%-ს აღწევდა

საქართველოში მიმდინარეობდა 1960-1990 წლებში. ამჟამად მიმდინარეობს კახეთში აღნიშნულ სამუშაოთა აღდგენა.

1.8.8. ძლიერი ქარი

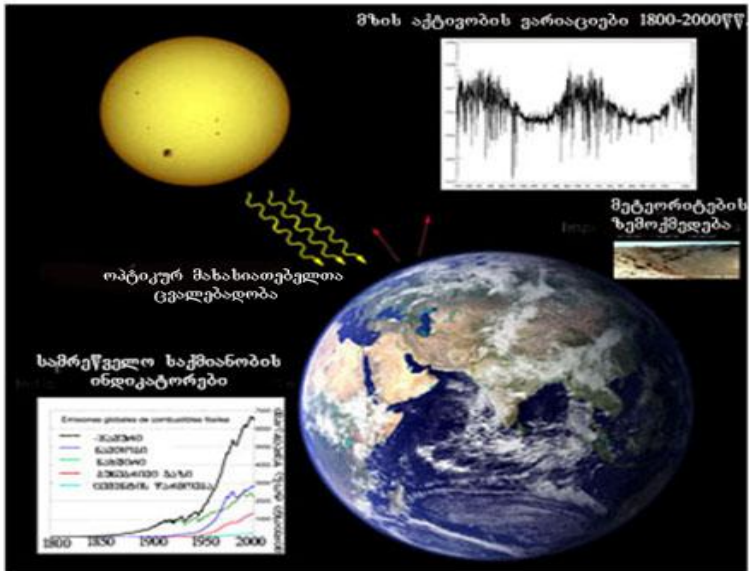
საქართველოს რელიეფის სირთულე, სხვადასხვა ციკლონის შემოჭრა და ზღვასთან სიახლოვე ხელს უწყობს ძლიერი ქარის წარმოქმნას, რაც ამინდის საშიში მოვლენების რიცხვს მიეკუთვნება. ძლიერ ქარს დიდი ზარალი მოაქვს სოფლის მეურნეობისათვის, ასევე აზიანებს კავშირგაბმულობისა და ელექტროგადამცემ ხაზებს, ქალაქის ინფრასტრუქტურას. იგი იწვევს დელვას ზღვის სანაპირო აკვატორიაში და სანაპირო ზოლის ინტენსიურ წარეცხვას, ქარბუქს, თოვლის არათანაბარ განაწილებას, ნიადაგის ეროზია-დეგრადაციას და სხვ. განსაკუთრებით საშიშია ქარბუქით გამოწვეული ნამქერების წარმოქმნა სატრანსპორტო მაგისტრალებზე, რაც არღვევს ტრანსპორტის მუშაობის რეჟიმს.

1995-2008 წლებში ძლიერი ქარის გამო საქართველოში, ძირითადად ქალაქებში, დაიღუპა 11 ადამიანი, ეკონომიკურმა ზარალმა კი 90 მლნ. ლარს მიაღწია.

თავი 2. კლიმატის ცვლილება

2.1. კლიმატის ცვლილების ფაქტორები

კლიმატის ცვლილება გულისხმობს კლიმატის საშუალო მდგომარეობის სტატისტიკურად ნიშნად ცვალებადობას ან მის გამუდმებულ ცვლილებას, რომელიც აღინიშნება ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში (ძირითადად ათწლეულების ან დროის უფრო ვრცელ მონაკვეთში). კლიმატის ცვლილება შეიძლება გამოწვეული იყოს როგორც კლიმატის განმაპირობებელი ასტრონომიული, გეოგრაფიული და გეოფიზიკური ფაქტორების ცვლილებით, ისე შიგა ბუნებრივი პროცესებით ან ატმოსფეროს შედგენილობითა, თუ მიწათსარგებლობის ხანგრძლივი ანთროპოგენული ცვლილებით (ნახ. 2.1.1)



ნახ. 2.1.1. კლიმატის ცვლილების ფაქტორები ([16])

¹⁶ka.wikipedia.org კლიმატის ცვლილება

მნიშვნელოვანია, რომ გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის (UNFCCC) მიხედვით „კლიმატის ცვლილება“ განსაზღვრულია, როგორც „კლიმატის შეცვლა“, რომელიც პირდაპირ ან ირიბად დაკავშირებულია გლობალური ატმოსფეროს შედგენილობის შემცვლელ ადამიანის საქმიანობასა და კლიმატის ბუნებრივ ცვალებადობასთან.

2.2. დედამიწის კლიმატის ცვალებადობა ისტორიულ წარსულში

დედამიწის გეოლოგიურ წარსულის კლიმატისა და მის ცვალებადობასთან დაკავშირებულ საკითხებს სწავლობს მეცნიერების სპეციფიკური დარგი – **პალეოკლიმატოლოგია**, ხოლო ინსტრუმენტული გაზომვების დაწყებამდე ადრე პერიოდებში (ისტორიულ და გეოლოგიურ წარსულში) არსებულ კლიმატს, რომლის დახასიათება შესაძლებელია მხოლოდ მიახლოებითი კლიმატური მონაცემებით, **პალეოკლიმატი ეწოდება**.

პალეოკლიმატოლოგიას მეცნიერული საფუძვლები ჩაეყარა XIX საუკუნის 80-იან წლებში. ძველი ეპოქის ჰავის აღდგენა ემყარება **ლითოლოგიურ** (ინფორმაცია გამოფიტვის პროცესების ინტენსიურობისა და ხასიათის, დანალექი დიფერენციაციის ხარისხისა და მინერალ-წარმოქმნის შესახებ), **პალეონტოლოგიურ** (ქანებში განამარხებული მცენარეებისა და ცხოველების სახეობრივი შედგენილობა, ეკოლოგიური თავისებურებანი, მორფოლოგია და სხვ. იძლევა საშუალებას, ვიმსჯელოთ პალეოკლიმატური ზონალობის შესახებ), **გეოქიმიურ** (განამარხებულ ზღვის ორგანიზმთა ნიჟარებში ჟანგბადის იზოტოპების შეფარდება O_{18}/O_{16} , კარბონულ ნალექებში აგრეთვე Ca/Mg და Ca/Sr და სხვ. გამოითვლება ძველი ზღვის წყლის ტემპერატურა), **გეოფიზიკურ** (პალეომაგნეტიზმის მეთოდების საშუალებით დადგენილია პალეოგანედები) მანვენებლებს. ყველა ჩამოთვლილი მანვენებლის კომპლექსური გათვალისწინება იძლევა

კლიმატის ისტორიის შესწავლის საშუალებას, აფართოებს ჩვენს წარმოდგენებს წარსულში მიმდინარე გამოფიტვის, ნალექთდაგროვებითი პროცესებისა და მათთან დაკავშირებული სასარგებლო წიაღისეულის წარმოქმნის შესახებ, გვიჩვენებს წარსული გეოლოგიური პროცესებისა და ცხოველთა არსებობის პირობებს, იძლევა აგრეთვე ჰავის შეცვლის პროგნოზირების საშუალებას.

მრავალრიცხოვანი გეოლოგიური და პალეოკლიმატური მონაცემების საფუძველზე ისტორიულ წარსულში დედამიწის კლიმატის ცვალებადობის ზოგადი სურათი წარმოდგენილია 2.2.1 ცხრილში.

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ დედამიწის კლიმატი ბოლო ნახევარი მილიარდი წლის განმავლობაში მრავალჯერ იცვლებოდა დათბობისა და აცივების (გამყინვარების) ეპოქების მონაცვლეობით. **მყინვარული ეპოქა** არის დედამიწის ისტორიის დროის მონაკვეთი, როდესაც ჰავის საერთო შეფარდებითი აცივების ფონზე ერთმანეთს ენაცვლებოდნენ ძალზე ცივი მყინვარული და შედარებით თბილი, გამყინვარებათშორისი დროის მონაკვეთები. გამყინვარების პერიოდებს თან სდევდა მსხვილი კონტინენტური გამყინვარება, ხოლო გამყინვარებათშორის მონაკვეთებს კონტინენტური გამყინვარების მნიშვნელოვანწილად გააღებდა (ნახ.2.2.1).

მსხვილი გამყინვარება იწყება 450 მლნ წლის წინ, როდესაც სამხრეთ პოლუსი იმყოფებოდა თანამედროვე საჰარის ტერიტორიაზე. მყინვართა ფარები 2 კმ-ს აღწევდა. გამყინვარება საგრძნობლად ასიმეტრიული იყო და მოიცავდა სამხრეთ ნახევარსფეროს დიდ ტერიტორიას.

პლიოცენის დასაწყისში (5 მლნ წლის წინ) დაიწყო დათბობა, რომელმაც გამოიწვია ანტარქტიდის ყინულოვანი ფარისა და ჩრდილო ნახევარსფეროს მთის მყინვარების დნობა. დაახლოებით 3.5 მლნ წლის წინ დაიწყო ახალი გლობალური აცივება, რომელიც ხასიათდებოდა კლიმატის არასტაბილური მკვეთრი ზრდით.

ცხრილი 2.2 1. ზოგადი ქრონოლოგიური მონაცემები დედამიწის გეოლოგიურ ეპოქებში კლიმატისა და მოსახლეობის ცვალებადობის შესახებ (BC–ძვ. წელთაღრიცხვით, AD–ახალი წელთაღრიცხვით)

ეპოქა/ მონაცემთა დახასიათება	მოსახლეობის რაოდენობა	შენიშვნა
4,5-4,7 მლრდ		
დედამიწის წარმოშობა		
4,5-0,5 მლრდ		
ქერქის, ოკეანის, ატმოსფეროსა და ბიოსფეროს ფორმირება		
570 მლნ		
კემბრიუმი/ უძველესი გეოლოგიური მონაცემები		
3,5 მლნ		
პლეისტოცენი/ შემდგომი გე- ოლოგიური, უძველესი პალე- ობოტანიკური და პალეონტო- ლოგიური მონაცემები		3,5 მლნ-10 ათასი წწ. BC-შუალედში ჩრდ. ნახევარ- სფეროში ადგილი ჰქონდა 6 მნიშვნე- ლოვან აცივებას, თითოეული პერიოდის ხა- ნგრძლივობით 10- 75 ათასი წწ. და ტემპერატურის 10-15°C დაცემით
-25 ათასი BC		
ვიურმის	150 ათასი	

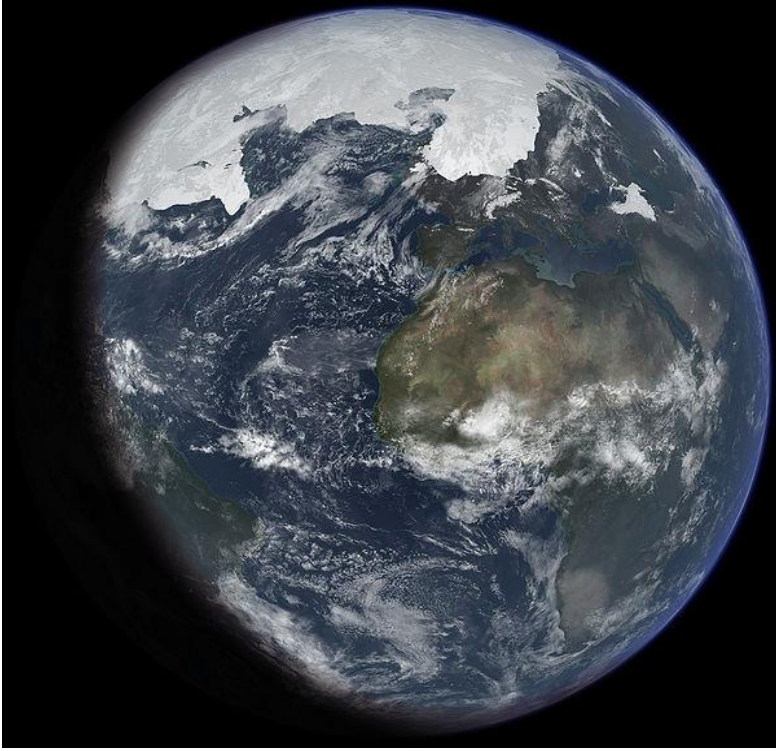
გამყინვარება, აცივება 5 ⁰ C-ით ამჟამინდელთან შედარებით		
14-10 ათასი BC		
პოლოცენი / თანამედროვე გეოლოგიური ეპოქის დასაწყისი	<1 მლნ	
10-5 ათასი BC		
„კლიმატური ოპტიმუმი“. გლობალური დათბობა 2–4 ⁰ C- ით ამჟამინდელ- თან შედარებით	7 მლნ	
5 ათასი BC და -ნაკლები		
არსებული პალეოკლიმატუ- რი მონაცემებით თანდათანობითი აგრილება	20-200 მლნ	
900-1300 AD		
დათბობის პერიოდი. „ვიკინ- გების ეპოქა“, გრენლანდიაში დათბობა 2–4 ⁰ C- ით ამჟამინდელ- თან შედარებით		“კლიმატური ოპტიმუმის” სუსტი განმეორება
1300-1700 AD		
მცირე გამყინვარება, ტემპერატურის დაცემა 1–2 ⁰ C	730 მლნ	

1700-1800 AD		
სანმოკლე დათბობა	790 მლნ	ჩრდ. ნახევარსფეროში საშ. 10-წლიანი ტემპერ. ამპლიტუდით 0,2–0,5°C
1800-1920 AD		
სანმოკლე აგრილება	980 მლნ- -2 მლრდ	
1930-1940 AD		
დათბობის სანმოკლე მაქსიმუმი	2.3 მლრდ	ჩრდ. განედებში დათბობა 5–8°C-ით
1940-1970 AD		
სანმოკლე აცივება 0,6°C-ით ჩრდ. ნახევარსფეროში	2.5--3.7 მლრდ	
1970–2010		
გლობალური დათბობა	3.7-6.2 მლრდ	

ძლიერ აცივებას მოჰყვა ჩრდილო ნახევარსფეროში მყინვარული საფრების გაჩენა. ამ მომენტისათვის მიმდინარეობს ოკეანის დონის ვარდნა, რასაც მოჰყვება ხმელეთის მნიშვნელოვანი უბნების გაშიშვლება.

პლეისტოცენში დედამიწა გამყინვარების ფაზაში უკვე შესული იყო. იგი შედგებოდა გამყინვარების რამდენიმე პერიოდისაგან, რომელიც ვიურმული გამყინვარებით დაგვირგვინდა.

ახალი გლობალური დათბობა, რომელიც „კლიმატური ოპტიმუმის“ სახელითაა ცნობილი, დაიწყო **ჰოლოცენში** დაახლოებით 10-5 ათასი წლის წინათ. ტემპერატურამ 2-4°C – ით მოიმატა ამჟამინდელთან შედარებით. ქრება სკანდინავიის მყინვარული საფარი



ნახ. 2.2.1. დედამიწაზე გამყინვარების ანაბეჭდები ვიურმის ეპოქაში („თეთრი სივრცეები“) ([17])

(8.5 ათასი წლის წინ). ჩვენს წელთაღრიცხვამდე 500 წლის უკან დაიწყო სუბატლანტიკური პერიოდი, რასაც მოჰყვა კლიმატის გაუარესება.

აღრინდელი შუა საუკუნეების პერიოდს ვიკინგების ეპოქა ეწოდება. ამ დროისათვის კლიმატი უფრო რბილი და თბილი ხდება, რასაც მოჰყვა ჩრდილოეთის ზღვებში ყინულოვანი მასის შემცირება.

900-1300 წწ. ვიკინგები ისეთ განედებზე ნაოსნობდნენ, სადაც დღეისათვის მოტივტივე ყინულებია

¹⁷http://ka.wikipedia.org/wiki/ვიურმული_ეპოქა

გავრცელებული. სწორედ მათ დაასახლეს ისლანდია და გრენლანდია.

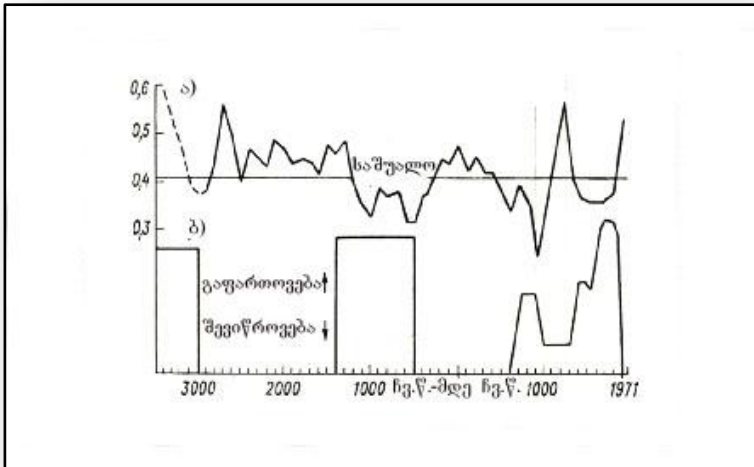
VIII-XIII სს. ჩრდილო ამერიკაც ასევე თბილი კლიმატით გამოირჩეოდა – დიდი ტბების რაიონში გაჩნდა დასახლება, სადაც მიწათმოქმედებას მისდევდნენ. ამიტომ ამ პერიოდში მიიღო გავრცელებული სახელწოდება – **მცირე კლიმატური ოპტიმუმი.**

XIII-XIV სს. იწყება კლიმატის ხელახალი აცივება, ჩრდილოეთის წყლებში თანდათან იზრდება ყინულოვანი საფარის რაოდენობა, საზღვაო გზები მეტწილად ჩაიკეტა. ამავე პერიოდში იწყება კლიმატის შიგა სეზონური ცვლილებანი. შეინიშნებოდა კლიმატის გადასვლა ე.წ. მცირე მყინვარულ პერიოდში. ამ უკანასკნელისათვის დამახასიათებელი იყო მთის მყინვარების ბუნების ხასიათი. XVI საუკუნეში შესამჩნევი ხდება ალპური მყინვარების შემოტევა, ხოლო XVI-XVII საუკუნეებში მან მაქსიმუმს მიაღწია. კლიმატის ცვლილება მცირე კლიმატურ ოპტიმუმსა და მცირე მყინვარულ პერიოდში ასინქრონულად მიმდინარეობდა.

როგორც ვხედავთ, ბოლო ნახევარი მილიარდი წლის განმავლობაში ბევრჯერ ჰქონდა ადგილი დედამიწის კლიმატის ცვლილებას დათბობისა და აცივების (გამყინვარების) მიმართულებით. ამ ცვალებადობას შეიძლება ჰქონოდა მრავალგვარი მიზეზი მაგ., ვულკანების ანომალიური აქტიურობა ან ასტეროიდთან შეჯახება 65 მლნ. წლის წინ, რასაც მოჰყვა დინოზავრების ამოწყვეტა; მილანკოვიჩის თეორიის თანახმად, დედამიწის ბრუნვის ღერძის მზის მიმართ მნიშვნელოვანი ცვალებადობა; კონტინენტების კონფიგურაციის ცვალებადობა და სხვ.

2.3. დედამიწის კლიმატის ცვალებადობა ინსტრუმენტული გაზომვების პერიოდში

ბოლო 5 ათასი წლის მანძილზე დედამიწის ცალკეულ რეგიონში მოიპოვება ირიბი მონაცემები კლიმატის ცვლილების შესახებ, მაგ., ხის წლიური რგოლების სისქის მონაცვლეობა კალიფორნიის მთებში (ნახ. 2.3.1): ა) მრუდზე წლიური რგოლების სისქის ზრდას შეესაბამება წლის თბილ ნახევარში ტემპერატურის საშუალოზე მაღალი მნიშვნელობები, ხოლო სისქის შემცირებას—აგრილების პერიოდები. ნახაზზე კარგად

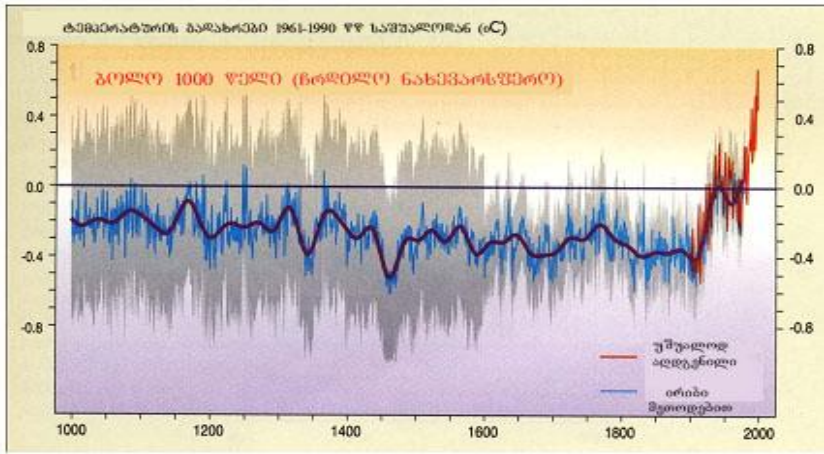


ნახ. 2.3.1. ჩრდილო ნახევარსფეროში ბოლო 5 ათასი წლის განმავლობაში კლიმატის ცვალებადობის ამსახველი მონაცემები: ა. — ყოველ 100 წელიწადში გასაშუალოებული სექციის წლიური რგოლების სისქე (მმ), კალიფორნია; ბ. — ალასკის მყინვარების წინსვლისა და უკან დახევის პერიოდები ([18])

¹⁸Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Гидрометеиздат, Ленинград, 1989, с.340.

იკვეთება 900-1200 წლებში „ვიკინგების ეპოქის“ დათბობა: ბ) ნახაზზე ამ დათბობას შეესაბამება მყინვარების დეგრადაცია, ხოლო 1300–1700 წლების მცირე გამყინვარებას – მათი ინტენსიური წინსვლა.

ბოლო 1000 წლის განმავლობაში ჩრდილო ნახევარსფეროში ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობის სურათი, რომელიც აგებულია 1850 წლამდე არსებული პალეოკლიმატური მონაცემებით, ხოლო შემდეგ – ინსტრუმენტული გაზომვებით მიღებულ მასალებზე დაყრდნობით მოყვანილია 2.3.2 ნახაზზე.

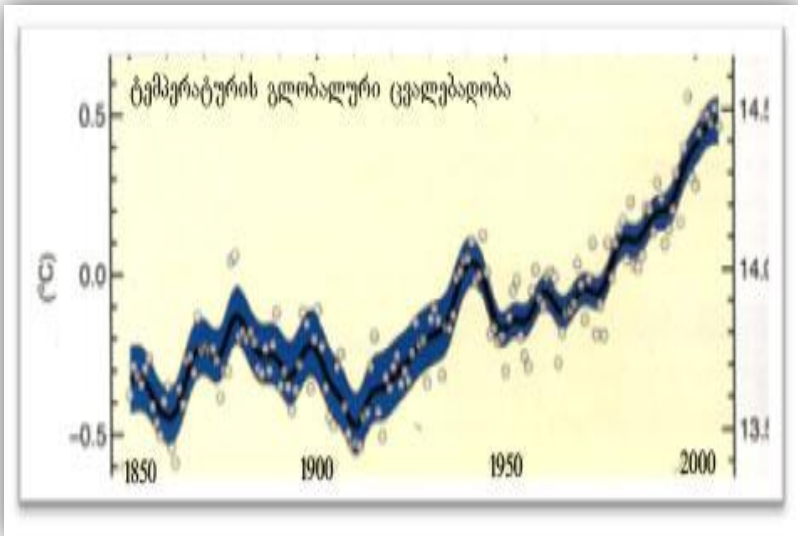


ნახ. 2.3.2. ბოლო ათასი წლის მანძილზე ჩრდილო ნახევარსფეროში ტემპერატურის გადახრები (°C) 1961–1990 წწ. საშუალოდან ([19])

ამ ნახაზზე კარგად ჩანს 1100–1200 წწ. დათბობისა და 1400–1500 წწ. აცივების პერიოდები, აგრეთვე დაახლოებით 1900 წლიდან დაწყებული დათბობის ბოლო პერიოდი წინა საუკუნის შუა წლებში მცირე აგრილებით.

19 Climate Change 2001. Synthesis Report. IPCC, 2001, p. 49.

ინსტრუმენტული გაზომვების დაწყებიდან ბოლო საუკუნე ნახევრის განმავლობაში გლობალურად გასაშუალოებული ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვალებადობის მრუდი წარმოდგენილია 2.3.3 ნახაზზე, საიდანაც ჩანს, თუ რამდენად სტაბილურია წინა საუკუნის მეორე ნახევრიდან დაწყებული გლობალური დათბობის პროცესი.



ნახ. 2.3.3 გლობალური ტემპერატურის ცვალებადობა 1850–2005 წწ. პერიოდში ([1])

ამ პროცესის შედეგად 1950 წლიდან 2005 წლამდე გლობალურმა ტემპერატურამ $0,7^{\circ}\text{C}$ -ით მოიმატა. აღსანიშნავია, რომ საერთო ტენდენციის მიუხედავად, სხვადასხვა კონტინენტზე წინა საუკუნეში დათბობის პროცესი სხვადასხვაგვარად მიმდინარეობდა.

¹ *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC 2007, p.6*

2.4. კლიმატის ცვლილების გამომწვევი ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორები

გლობალური კლიმატის ცვალებადობა გამოწვეული უნდა იყოს კლიმატის განმაპირობებელი მასშტაბური ფაქტორების ცვლილებით. კერძოდ, კონტინენტებისა და ოკეანეების ზომების ცვლასა და მათ ორმხრივ განლაგებასთან, მზის ნათებისა და ალბედოს გამოსახულების, აგრეთვე ატმოსფეროს გამჭვირვალობისა და სითბური აირების შეცვლასთან, დედამიწის ორბიტის პარამეტრებისა და ოკეანის სიდრმეში არსებული სითბოს რაოდენობის ცვლასთან და ა.შ.

დედამიწის არსებობის სხვადასხვა პერიოდში ეს ფაქტორები (მზის ნათების გარდა), როგორც ჩანს, სხვადასხვა ინტენსიურობით იცვლებოდა, რასაც სდევდა გამყინვარებისა და დათბობის ეპოქების მონაცვლეობა. XVI საუკუნეში შესამჩნევი გახდა ალპური მყინვარების შემოტევა, ხოლო XVI-XVII სს. მან მაქსიმუმს მიაღწია. კლიმატის ცვლილება მცირე კლიმატურ ოპტიმუმსა და მცირე მყინვარულ პერიოდში ასინქრონულად მიმდინარეობდა, რომლის ზუსტი მიზეზი დღემდე უცნობია.

ბოლო საუკუნეში თავი იჩინა გლობალური დათბობის მკვეთრმა და მდგრადმა ზრდამ, რომლის ანალოგიარ გვექონდა ბოლო 10 ათასი წლის განმავლობაში. კლიმატზე გავლენას ახდენდა ისეთი გლობალური ხასიათის პროცესები, როგორიცაა:

ა) მიწის დიდი ნაწილების დამუშავება, რომელიც იწვევს ალბედოს შეცვლას, სინოტივის დაკარგვას, ატმოსფეროში მტვრის ნაწილაკების გაზრდას;

ბ) ტყეების განადგურება, განსაკუთრებით ტროპიკულისა, რაც გავლენას ახდენს ჟანგბადის რეპროდუქციაზე, ალბედოსა და აორთქლებაზე;

გ) საქონლის რაოდენობის ზრდა, რაც ხელს უწყობს სტეპებისა და სავანების გარდაქმნას უდაბურ ადგილებად, რის შედეგადაც იცვლება ალბედო და მიმდინარეობს ნიადაგის ამოშრობა;

დ) ნამარხი ორგანული საწვავის წვა და ატმოსფეროში CO_2 -ისა და CH_4 -ის შეღწევა.

უკანასკნელ პერიოდში, კერძოდ, ე.წ. „ინდუსტრიული რევოლუციის“ შემდეგ, რომელიც მე-18 საუკუნის მეორე ნახევრიდან დაიწყო, ადამიანის საქმიანობამ საკმაოდ დიდ მასშტაბებს მიაღწია, რომელიც, უპირველეს ყოვლისა, გამოიხატება წიაღისეული საწვავის მზარდი მოხმარების შედეგად ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობის ცვლილებაში, რასაც საბოლოოდ მოსდევს რადიაციულ-აქტიური აირებისა და აეროზოლების ზრდა ატმოსფეროში და რაც კიდევ უფრო მეტად აძლიერებს დათბობის ეფექტს.

2.5 სათბურის გაზები

გაზებს, რომლებიც მიიჩნევა გლობალური დათბობის ძირითად მიზეზად, ეწოდება სათბურის გაზები.

სათბურის გაზები ბუნებრივი ან ანთროპოგენული წარმოშობის ატმოსფეროს ის აიროვანი კომპონენტებია, რომლებიც შთანთქმავს და გამოასხივებს გარკვეული ტალღის სიგრძის გამოსხივებას ინფრაწითელი რადიაციის სპექტრში. ამ რადიაციას ასხივებს აგრეთვე დედამიწის ზედაპირი, ატმოსფერო და ღრუბლები. დედამიწის ატმოსფეროში ძირითადი სათბურის გაზებია წყლის ორთქლი (H_2O), ნახშირორჟანგი (CO_2), აზოტის ჟანგი (N_2O), მეთანი (CH_4) და ოზონი (O_3). გარდა ამისა, ატმოსფეროში აღინიშნება უშუალოდ ადამიანის საქმიანობასთან დაკავშირებული სათბურის გაზები, როგორცაა გოგირდის ჰექსაფთორიდი (SF_6).

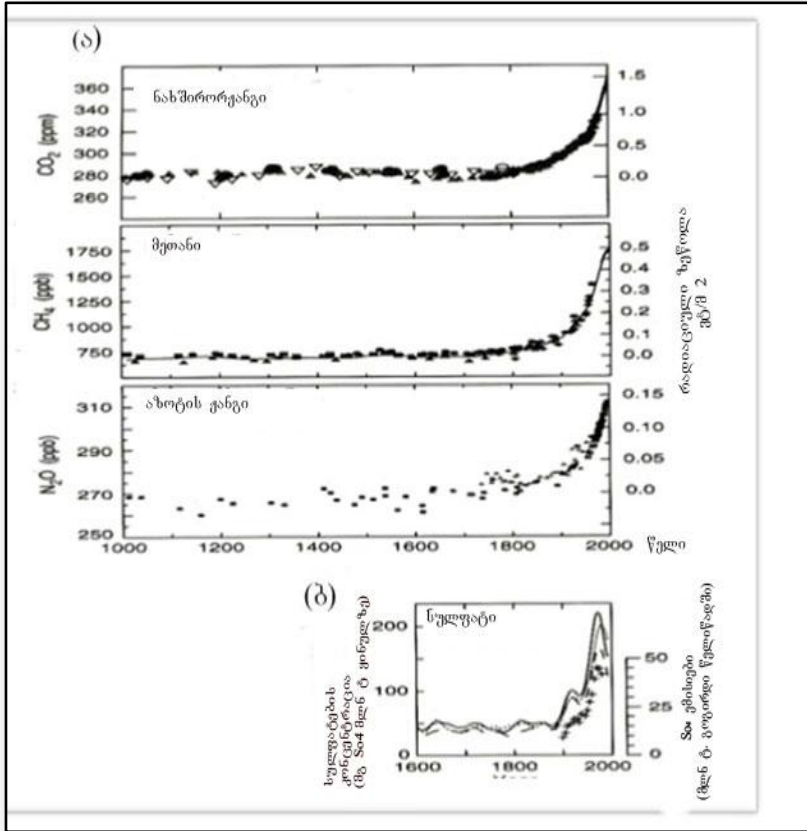
ატმოსფეროს მიერ თბური გამოსხივების შთანთქმის უნარი მათში სათბურის გაზების კონცენტრაციაზე არის დამოკიდებული. რაც მეტია სითბურის გაზების კონცენტრაცია, მით მეტ სითბოს იჭერს ატმოსფერო და მით უფრო მაღალია დედამიწის ზედაპირისა და

ატმოსფეროს საშუალო ტემპერატურა. თუმცა, თავის მხრივ, სათბური აირების კონცენტრაცია დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურაზე არის დამოკიდებული – რაც მეტია ტემპერატურა, მით მეტია კონცენტრაცია, რაც იმას ნიშნავს, რომ ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციასა და ტემპერატურას შორის დადებითი უკუკავშირი არსებობს.

ზემოსხენებული გაზებიდან ატმოსფეროში, მასის მიხედვით, ლომის წილი მიუძღვის წყლის ორთქლს და მის კოლოსალურ გლობალურ რაოდენობაში ცვლილებები ჯერჯერობით არ შეინიშნება. სამაგიეროდ, ინდუსტრიულმა რევოლუციამ გამოიწვია ატმოსფეროში მომდევნო 3 სათბურის გაზის კონცენტრაციის მკვეთრი ზრდა (ნახ. 2.5.1).

ამ ნახაზზე ნახშირორჟანგის კონცენტრაცია გამოსახულია ppm ერთეულებში და შეესაბამება მოცულობის ერთეულში ჰაერის მილიონ მოლეკულაზე მოსულ CO_2 -ის მოლეკულათა რაოდენობას. დანარჩენი გაზებისათვის კონცენტრაცია შეესაბამება ჰაერის მილიარდ მოლეკულაზე მოსული შესაბამისი გაზის მოლეკულების რაოდენობას (ppb).

ნახაზიდან ჩანს, რომ ბოლო ორი საუკუნის მანძილზე CO_2 -ის კონცენტრაციამ მოიმატა 25–30%-ით, მეთანისა 120%-ით, ხოლო აზოტის ჟანგისა–13%-ით. ასევე ჩრდილო ნახევარსფეროში მკვეთრად გაზრდილი სულფატური აეროზოლების კონცენტრაცია, რაზეც მეტყველებს გრენლანდიის ყინულოვანი საფარიდან აღებული ნიმუშების ანალიზი.



ნახ. 2.5.1. ანთროპოგენულ ზემოქმედებასთან დაკავშირებული 3 სათბურის გაზისა და სულფატური აეროზოლების კონცენტრაციის ატმოსფეროში ცვალებადობა ბოლო 1000 წლის განმავლობაში ([19])

¹⁹Climate Change 2001. Synthesis Report. IPCC, 2001, p. 180.

2.6. სათბურის ეფექტი

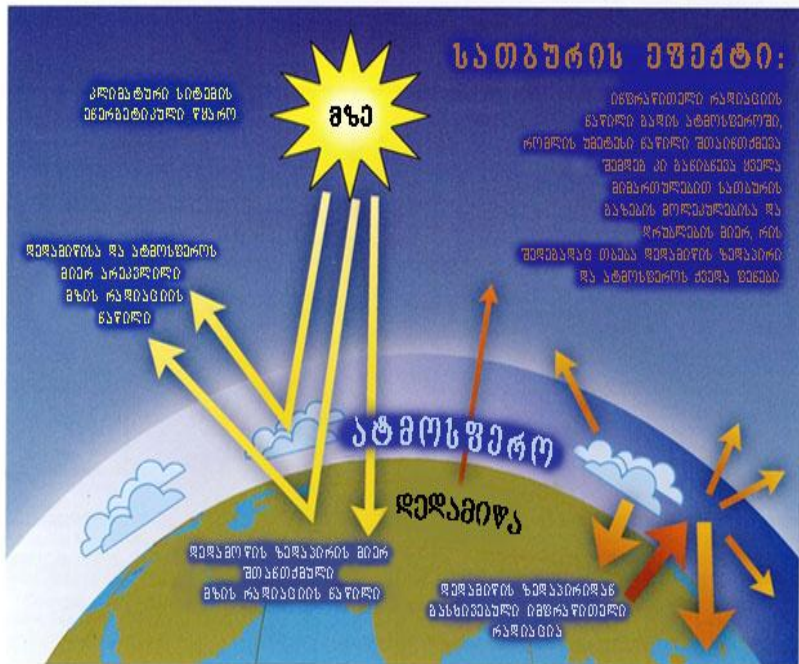
სათბურის გაზების ზემოქმედებით ატმოსფეროში სითბოს შეკავების პროცესს **სათბურის ეფექტი ეწოდება**.

სათბურის ეფექტი 1924 წელს იოზეფ ფურიემ აღმოაჩინა. 1896 წელს კი სვანტე ავენარიუსმა რაოდენობრივად შეისწავლა. სათბურის ეფექტის გარეშე დედამიწის ზედაპირი დღევანდელთან შედარებით 33°C - ით უფრო ცივი იქნებოდა. ითვლება, რომ XX საუკუნეში დედამიწის კლიმატის გლობალური დათბობა ატმოსფეროში სათბურის ეფექტის მქონე გაზების კონცენტრაციის ზრდითაა გამოწვეული.

ცნობილია, რომ ატმოსფეროდან მოსული მზის გამოსხივება დედამიწის ზედაპირზე სითბურ ენერგიად გარდაიქმნება, დედამიწის ზედაპირი თბება და ატმოსფეროში სითბოს ასხივებს. ატმოსფეროში არსებული სათბურის გაზები შთანთქავენ დედამიწის ზედაპირიდან გამოსხივებულ ინფრაწითელ რადიაციას, რის შედეგადაც ატმოსფეროს ქვედა ფენები თბება და სითბოს გარკვეული ნაწილი უკანვე უბრუნდება დედამიწას და უფრო მეტად ათბობს მას. მეტად გამთბარი ზედაპირი კიდევ უფრო მეტ სითბოს ასხივებს ატმოსფეროში. დედამიწის ზედაპირსა და ატმოსფეროს ურთიერთგათბობა გრძელდება მანამ, სანამ ატმოსფეროს ზედა ფენებიდან ენერგიის გაფრქვევა მზისგან მიღებულ ენერგიას არ გაუტოლდება. ამ დროს წონასწორობა მყარდება აგრეთვე დედამიწის ზედაპირის მიერ შთანთქმულ და მის მიერ ატმოსფეროში გაფრქვეულ ენერგიას შორის. ამ წონასწორობის მიღწევის შედეგად იქმნება დედამიწის (და ატმოსფეროს) სითბური რეჟიმი, ტემპერატურა სტაბილურდება და ყალიბდება კლიმატი. ატმოსფერო რომ არ შეიცავდეს სათბურის აირებს, ჰაერის საშუალო მრავალწლიანი ტემპერატურა დედამიწის ზედაპირზე $+14 - +15^{\circ}\text{C}$ - ის ნაცვლად -18°C იქნებოდა.

სათბურის ეფექტი ატმოსფეროში ყოველთვის

არსებობდა და განაპირობებდა დედამიწაზე კლიმატის ფორმირებას. ინდუსტრიული რევოლუციის შემდეგ სათბურის გაზების კონცენტრაციის ზრდამ გამოიწვია ამ ეფექტის გაძლიერება. სათბურის ეფექტის გამარტივებული სქემა მოცემულია 2.6.1 ნახაზზე.



ნახ.2.6.1 სათბურის ეფექტის გამარტივებული სქემა (11)

ამ ნახაზიდან ჩანს, რა როლს ტრანსფორმაციას განიცდის ატმოსფეროსა და დედამიწაზე მზიდან მოსული რადიაციული ნაკადები. მათი ერთი ნაწილი

¹Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p. 180.

აირეკლება ატმოსფეროსა (ღრუბლებისა და აეროზოლების) და დედამიწის მიერ, ხოლო მეორე ნაწილი (მოსული რადიაციის დაახლოებით ნახევარი) შთაინთქმება ხმელეთისა და ოკეანის მიერ, ათბობს რა მათ თავისი ტემპერატურის შესაბამისად, ატმოსფერო და დედამიწა ასხივებს გრძელტალღოვან რადიაციას კოსმოსში, რაც მათ გაცივებას იწვევს. ამ პროცესს ნაწილობრივ აკომპენსირებს ღრუბლებისა და აეროზოლების, აგრეთვე სათბურის გაზების მიერ გრძელტალღოვანი რადიაციის შთანთქმა, რომლის ნაწილი უბრუნდება დედამიწას უკუგამოსხივების სახით და ხელს უშლის მის ინტენსიურ გაცივებას. რაც მეტია სათბურის გაზებისა და აეროზოლების კონცენტრაცია ატმოსფეროში, მით ძლიერია მათ მიერ გამოწვეული სათბურის ეფექტი.

2.7. გლობალური კლიმატის ცვლილების პროგნოზი 2100 წლამდე

2.7.1. სათბურის გაზების ემისიის სცენარები

რადგან გლობალური დათბობის ძირითად მიზეზად, თანამედროვე წარმოდგენის თანახმად მიიჩნევა ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციის მკვეთრი ზრდა, კლიმატის ცვლილების პროგნოზი ეფუძნება ამ გაზების კონცენტრაციის მოსალოდნელი ცვლილების პროგნოზს. ეს საკითხი, თავის მხრივ, დაკავშირებულია მიმდინარე საუკუნეში მსოფლიოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ტრენდებთან, რომლებიც განაპირობებს წიაღისეული საწვავის მოხმარების მოცულობას და, შესაბამისად, ატმოსფეროში სათბურის გაზების ემისიებს. განვითარების ამ ტრენდებსა და სათბურის აირების კონცენტრაციებს შორის კავშირი დამყარებულია ე.წ. ემისიების სცენარებში.

აღნიშნული პრობლემების გადასაჭრელად გაეროს

სპეციალიზებული ორგანოს – კლიმატის ცვლილებების სამთავრობათაშორისო საბჭოს (IPCC) მიერ მომზადებულ იქნა ემისიის სცენარების სპეციალური ანგარიში (ესსა), რომელშიც თავმოყრილია 2000 წლისთვის წამყვან სამეცნიერო ცენტრებში შემუშავებული მსოფლიოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სხვადასხვა შესაძლო სცენარი.

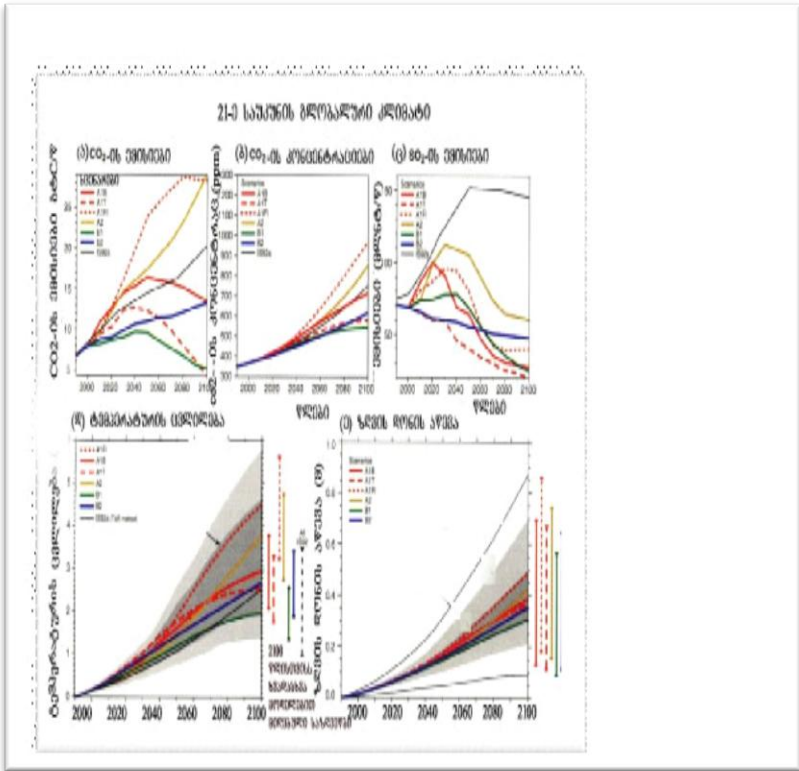
სცენარების თითოეულ ოჯახს ახასიათებს გლობალური მასშტაბით ენერჯიის მოხმარებისა და, შესაბამისად, ატმოსფეროში სათბურის აირების ემისიის განსხვავებული დინამიკა, რაც აისახა მოდელური გამოთვლების სათანადო შედეგებში.

2.7.2. გლობალური კლიმატის ელემენტების ცვლილება 2100 წლამდე

სათბურის გაზების ემისიების შესაბამისი CO₂-ის კონცენტრაციების, ჰაერის გლობალურად გასაშუალოებული ტემპერატურის გადახრებისა და მსოფლიო ოკეანის დონის აწევის 2100 წლამდე პროგნოზირებული მნიშვნელობები მოყვანილია 2.7.1 ნახაზზე.

მრავალი მოდელის გამოყენებით მიღებული ამ მონაცემების თანახმად, 2100 წელს CO₂-ის კონცენტრაცია ატმოსფეროში მოსალოდნელია გაიზარდოს ამჟამინდელი 350 ppm-დან 550–850 ppm-მდე, ჰაერის გლობალურმა ტემპერატურამ 1990 წელთან შედარებით შეიძლება მოიმატოს 2–4,5⁰C-ით, ხოლო ზღვის დონემ სავარაუდლოა აიწიოს, გასაშუალოებული მონაცემებით, 0,3–0,5 მ-ით. იმისათვის, რომ 2100 წლისთვის გლობალური ტემპერატურის ნამატმა არ გადააჭარბოს 2⁰C-ს, CO₂-ის კონცენტრაციამ არ უნდა მოიმატოს 450 ppm-ზე მეტად.

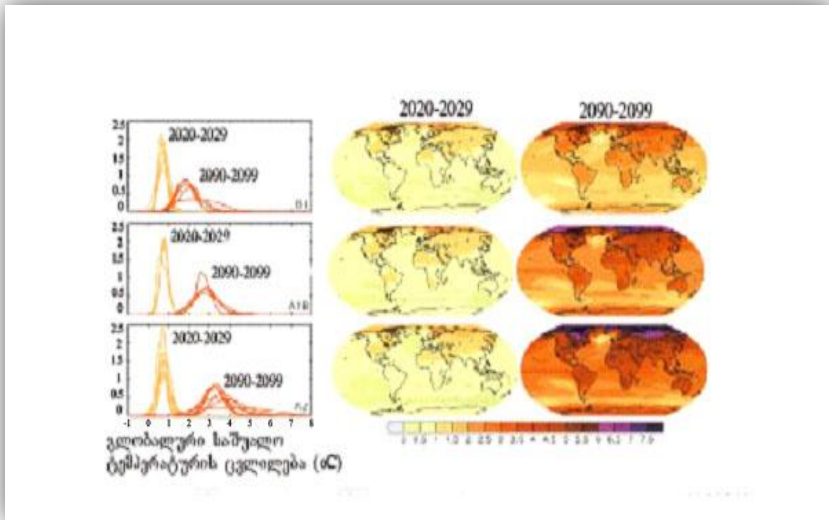
გლობალური მასშტაბით სხვადასხვა ცენარისათვის ჰაერის ტემპერატურის 1980–1999 წწ.



ნახ. 2.7.1. ესა სხვადასხვა სცენარის მიხედვით მიმდინარე საუკუნის დასასრულამდე პროგნოზირებული CO₂-ის კონცენტრაციები (ბ), გლობალური ტემპერატურის გადახრა 1990 წლის მნიშვნელობიდან (დ) და ზღვის დონის აწევა (ე) ([19])

საშუალოდან გადახრების გეოგრაფიული განაწილება 2020–2029 და 2090–2099 წწ. საშუალოებისათვის მოცემულია 2.7.2 ნახაზზე.

¹⁹Climate Change 2001. Synthesis Report. IPCC, 2001, p. 160

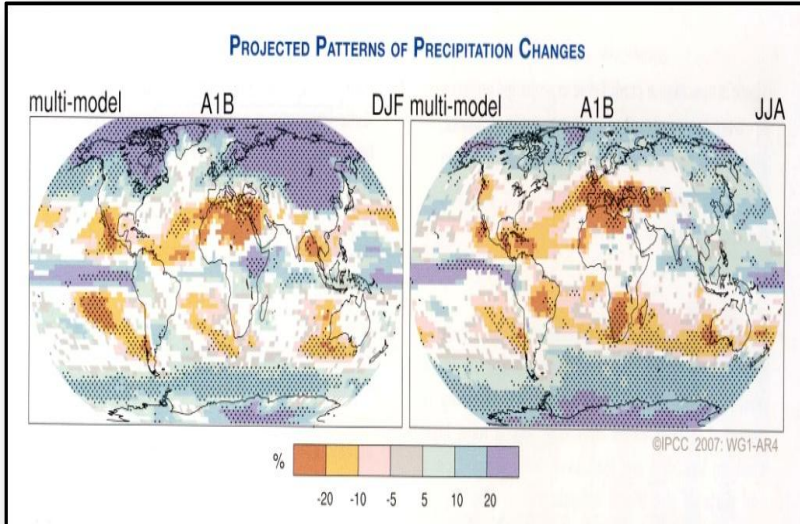


ნახ. 2.7.2. მიწისპირა ფენაში ჰაერის ტემპერატურის პროგნოზირებული ცვლილება 1980–1999 პერიოდთან მიმართებით XXI საუკუნის დასაწყისსა და ბოლოში. მარცხენა სვეტში მოყვანილია შესაბამისი პერიოდის საშუალო ტემპერატურის გადახრის ალბათური მნიშვნელობები სხვადასხვა სცენარისათვის ([1])

როგორც ნახაზიდან ჩანს, 2020–2029 და 2090–2099 წლებს შორის მაქსიმალური ალბათური გადახრების სხვაობა პირველ შემთხვევაში შეადგენს დაახლოებით (2,0–0,7) 1,3⁰C-ს, მაშინ, როდესაც მესამეში გადახრების სხვაობა (3,7–0,7) იზრდება 3,0⁰C-მდე.

რაც შეეხება ატმოსფერული ნალექების პროგნოზს, 2100 წლისთვის ზამთრისა და ზაფხულის სეზონური ჯამების მოსალოდნელი ცვლილების სურათი ერთ-ერთი სცენარისთვის ნაჩვენებია 2.7.3 ნახაზზე.

¹Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p. 72.



ნახ. 2.7.3. მრავალი მოდელის გამოყენებით ჩატარებული ნალექთა სეზონური ჯამების ცვლილების გამოთვლის შედეგები. საგარაულო ცვლილება შეფასებულია %-ში 2090–2099 წწ. პერიოდის საშუალოსთვის 1980–1999 წწ. პერიოდთან მიმართებით (DJF – დეკემბერი, იანვარი, თებერვალი; JJA- ივნისი, ივლისი, აგვისტო) ([1])

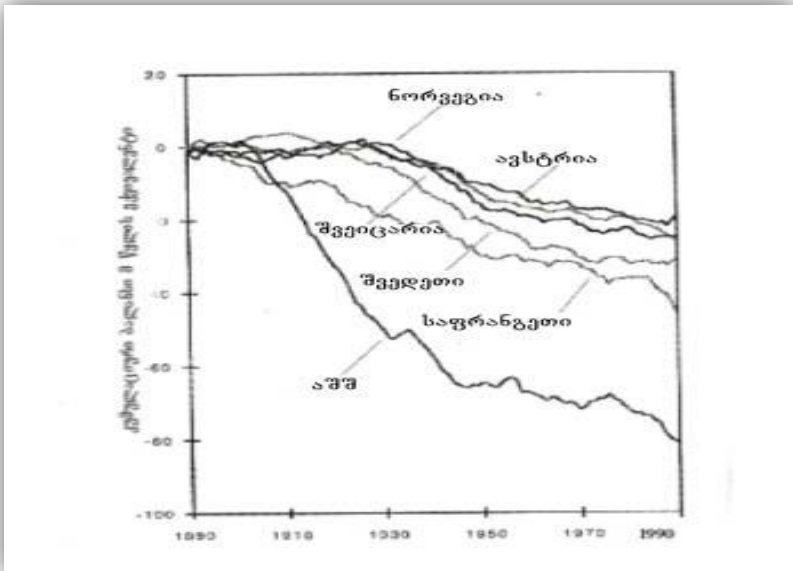
ნახაზზე 20%-მდე ნალექთა ჯამების დაკლება ზამთრის სეზონში ნავარაუდევია აფრიკის ჩრდილო ნაწილსა და ხმელთაშუა ზღვის აუზში, აგრეთვე წყნარი ოკეანის აღმოსავლეთ სექტორში, ხოლო ზაფხულის სეზონში - ხმელთაშუა ზღვის აუზში, ცენტრალური ამერიკისა და სამხრეთ აფრიკის რეგიონებში. 10–20%-მდე ნალექთა მომატება ორივე სეზონში მოსალოდნელია ორივე ნახევარსფეროს პოლარულ რეგიონებში.

¹Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p. 16

2.8. გლობალური კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული შედეგები და მთავარი საფრთხეები

2.8.1. კრიოსფეროს დეგრადაცია

კრიოსფერო, გლობალური კლიმატის ცვლილების მიმართ ერთ-ერთ ყველაზე მგრძობიარე ფიზიკური ეკოსისტემაა. მისი მდგომარეობა მნიშვნელოვნად განაპირობებს დედამიწაზე წყლის რესურსების ხელმისაწვდომობასა და ხარისხს. წინა საუკუნეში დაწყებულმა გლობალურმა დათბობამ გამოიწვია ჩრდილო ნახევარსფეროში მყინვარების ინტენსიური დნობა (ნახ. 2.8.1).

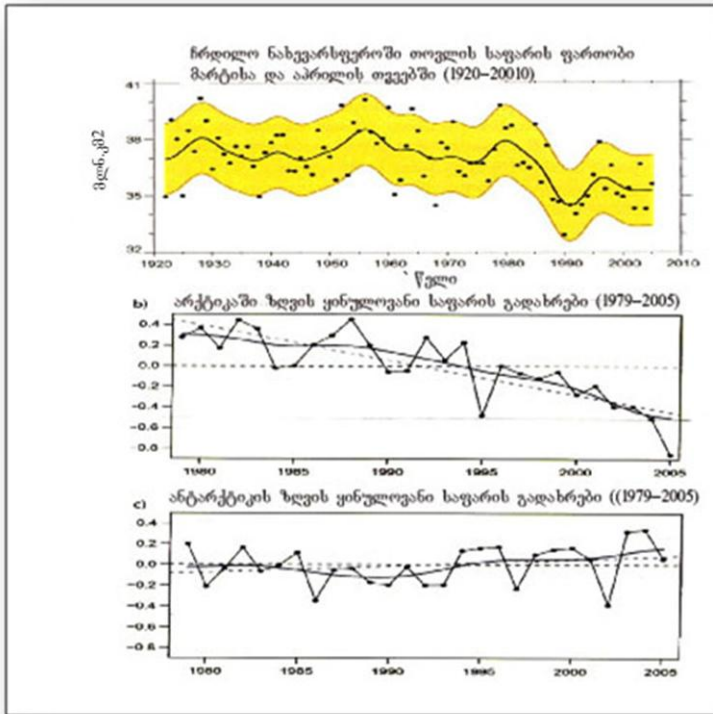


ნახ. 2.8.1. ჩრდილო ნახევარსფეროში დაკვირვების ყველაზე ხანგრძლივი რიგის მქონე მყინვარების მასის ბალანსის ცვალებადობა XX საუკუნის განმავლობაში ([20])

²⁰Climate Change 1995. WGI.IPCC, 1996p. 371.

ნახაზზე მოყვანილი მყინვარები მდებარეობს ნორვეგიაში (1), ავსტრიაში (2), შვეიცარიაში (3), შვეციაში (4), საფრანგეთსა (5) და აშშ-ში (6).

ანალოგიური სურათი დაიკვირვება ჩრდილო ნახევარსფეროში ზამთრის დასასრულისთვის თოვლით დაფარული ფართობის დინამიკაში (a) (ნახ.2.8.2), მხოლოდ



ნახ. 2.8.2. ჩრდილო ნახევარსფეროში თოვლის ზედაპირის (a), არქტიკასა (b) და ანტარქტიკაში (c) ზღვის ყინულით დაფარული ფართობების დინამიკა განვლილი საუკუნის სხვადასხვა პერიოდში ([1])

¹Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p. 45.

იმ განსხვავებით, რომ თოვლის საფარის კლებამ განსაკუთრებით იჩინა თავი 1980 წლის შემდეგ.

რაც შეეხება ზღვის ყინულებით დაფარულ ფართობებს, რომელთა დადგენა შესაძლებელი გახდა მხოლოდ თანამგზავრული დაკვირვებების შემოღების შემდეგ, სრულიად აშკარაა ბოლო 26 წლის მანძილზე, ამ სიდიდის სტაბილური შემცირება არქტიკაში (b) და გარკვეული მატება (1995 წლის შემდეგ) ანტარქტიკაში(c).

არქტიკაში დათბობის ძლიერი ტრენდის არსებობამ შესამჩნევი ზემოქმედება მოახდინა გრენლანდიის ყინულოვანი საფარის გადნობის დაჩქარებაზე. ეს უკანასკნელი ბოლო 10 წლის მანძილზე ყოველწლიურად კარგავს 100 მლრდ კუბურ მეტრამდე ყინულს, რასაც ამ ათწლეულში შეესაბამება ოკეანის დონის აწევა დაახლოებით 3 მმ-ით. მოდელურმა გამოთვლებმა აჩვენა, თუ არქტიკაში ლოკალური დათბობა 1000 წლის მანძილზე, თანამედროვე ტემპერატურასთან შედარებით, შენარჩუნდება 5.5°C ფარგლებში, ეს გამოიწვევს გრენლანდიის ყინულოვანი საფარის მნიშვნელოვან შემცირებას, რასაც მოჰყვება ოკეანის დონის 3 მეტრით აწევა. გრენლანდიის ყინულოვანი საფარის რამდენიმე ათასი წლის შემდეგ სრული გადნობისას მსოფლიო ოკეანის დონე 7 მეტრით აიწევს.

რაც შეეხება ანტარქტიდას, ტემპერატურის ზრდის ნაკლები ალბათობისა და ნალექთა მოსალოდნელი ზრდის პირობებში, მიმდინარე საუკუნეში ყინულოვანი საფარის უმნიშვნელო შესუსტებაა ნავარაუდები. გამონაკლისია დასავლეთ სანაპიროს ყინულოვანი შეღფი, სადაც შესაძლებელია ყინულის მასების ჩამოშლის პროცესის გაძლიერება.

მარადი გაყინულობის (მიწისქვეშა ყინულის) გავრცელება, რომელსაც მნიშვნელოვანი ფართობები უჭირავს კანადის არქტიკაში, ციმბირში, ტიბეტის პლატოზე და, ნაწილობრივ, ევროპაში, ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე შემცირდა 7%-ით და ეს ტენდენცია მზარდი ტემპით გაგრძელდება. მარადი გაყინულობის ზონას ამჟამად მთელი ხმელეთის 20–21% უჭირავს.

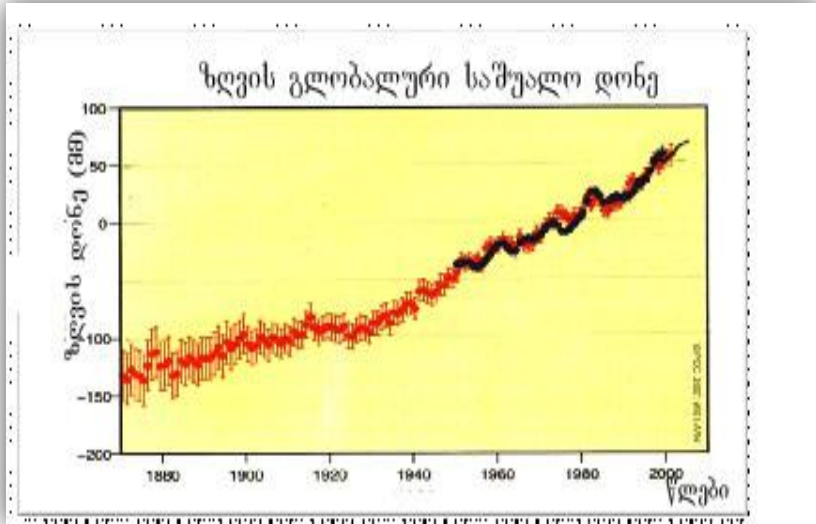
კრიოსფეროს სხვა კომპონენტებმაც შესამჩნევი რეაგირება მოახდინა გლობალურ დათბობაზე. კერძოდ, XX საუკუნის განმავლობაში ჩრდილო ნახევარსფეროში მდინარეებისა და ტბების ყინულოვანი საფარის ხანგრძლივობა დაახლოებით ორი კვირით შემცირდა.

დედამიწის კრიოსფეროში ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე მომხდარ ცვლილებებს შეუძლია საგრძნობი ზემოქმედება მოახდინოს ფიზიკურ და ბიოლოგიურ სისტემებზე: ყინულოვანი საფარის უკან დახევას შეიძლება მოჰყვეს გრენლანდიის სანაპირო ზოლის ინტენსიური ათვისება, სანაოსნო გზის გახსნა ჩრდილო ყინულოვან ოკეანეში, მიწათმოქმედების ზონის გაფართოება ციმბირსა და კანადაში, ინფრასტრუქტურის შეცვლის აუცილებლობა მარადი გაყინულობის შესუსტების რეგიონებში, მცენარეული საფარის გაფართოება ჩრდილოეთისაკენ და შესაბამისი ცვლილებები ბიოლოგიურ ეკოსისტემებში. კონტინენტებზე მყინვარების დეგრადაციას პირველ ეტაპზე თან სდევს მდინარის ჩამონადენის ზრდა, მაგრამ მათი შესუსტებისა და გაქრობის შემდეგ ჩამონადენი არსებითად შემცირდება და განპირობებული იქნება მხოლოდ ატმოსფერული ნალექებით. იგივე დაემართება მიწისქვეშა წყლებსაც. თოვლის ზედაპირის ფართობისა და ხანგრძლივობის შემცირება უარყოფით ზემოქმედებას მოახდენს რეკრეაციულ და სპორტულ საქმიანობაზე, სამაგიეროდ ხელს შეუწყობს სუბალპურ და ალპურ ზონებში ტურისტული ინფრასტრუქტურის განვითარებას.

2.8.2. ოკეანის დონის აწევა

წინა საუკუნეში გლობალური დათბობის შედეგად ჰაერისა და ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის მატებამ და კრიოსფეროს დეგრადაციის შედეგად მდინარეთა ჩამონადენის ზრდამ გამოიწვია ოკეანის/ზღვის დონის პრაქტიკულად უწყვეტი აწევა (ნახ. 2.8.3).

არსებულ მტკიცებულებათა თანახმად, შებრუნებული პროცესის დროს – გამყინვარების ეპოქებში, ოკეანის დონე 100 მეტრით დაბალი იყო თანამედროვე დონესთან შედარებით, რადგან დედამიწაზე არსებული წყლის დიდი ნაწილი მყინვარებში გროვდებოდა.



ნახ. 2.8.3. ზღვის გლობალური საშუალო დონის ცვალებადობა 1870–2005 წწ. პერიოდში 1961–1990 წწ. საშუალოსთან მიმართებაში (1)

როგორც ნახაზიდან ჩანს, ბოლო ნახევარ საუკუნეში ზღვის საშუალო დონემ 120 მმ-ით მოიმატა. ბოლო 25 წლის მანძილზე დონის აწევის საშუალო სიჩქარე შეადგენდა 2.8 მილიმეტრს წელიწადში (მმ/წ), ხოლო 1993–2003 წწ. პერიოდში იგი უკვე გაიზარდა 3.1 მმ/წ-მდე. გავლილი მეოთხედი საუკუნის განმავლობაში დაფიქსირებულ აწევის სიჩქარეში უფრო დიდი წვლილი (1.6 მმ/წ) შეიტანა ოკეანის თერმულმა გაფართოებამ, ხოლო ნაკლები (1.2 მმ/წ) – მყინვარების გადნობამ

¹Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p. 49.

ზღვის დონის პროგნოზირებული აწვევა კაცობრიობას დიდი საფრთხის წინაშე აყენებს. ყველაზე „ოპტიმალური“ სცენარი თაც კი მიმდინარე საუკუნის დასასრულისთვის, წინა საუკუნის ბოლოსთან შედარებით, ზღვის დონე 20–40 სმ-ით აიწვევს, თუმცა ყველაზე უარეს შემთხვევაში აწვევამ შეიძლება 50–60 სმ შეადგინოს. ზღვის დონის აწვევას თან სდევს უამრავი კატასტროფული მოვლენა, მათ შორის პლაჟების ეროზია და მიწების კარგვა სანაპირო ზოლში, შტორმული მოვლენების გაძლიერება და თანამდგევი წყალდიდობები მდინარეებზე, რომლებიც დაბალი კუთხით ჩაედინება ზღვებში. არსებული სტატისტიკის თანახმად, დაღუპულთა რაოდენობით, წყალდიდობები მიწისძვრებზე უფრო კატასტროფულ სტიქიურ მოვლენას წარმოადგენს, რადგან მსოფლიო მოსახლეობის დიდი ნაწილი ზღვის სანაპიროებზეა თავმოყრილი. ამ თვალსაზრისით ყველაზე საშიშ რეგიონებს მიეკუთვნება ინდოეთის, პაკისტანის, ინდოჩინეთისა და ჩინეთის, აგრეთვე აფრიკისა და ამერიკის ზღვისპირა დაბლობები. უაღრესად დიდ საშიშროებას უქმნის ზღვის დონის აწვევა წყნარი ოკეანის მცირე კუნძულებზე მდებარე სახელმწიფოებს, სადაც ხმელეთის სიმაღლე ზღვის დონიდან ხშირად რამდენიმე მეტრს არ აღემატება. გრენლანდიის ყინულოვანი საფარის გაღრობა ამ ქვეყნების მოსახლეობისთვის ულმობელ საფრთხეს წარმოადგენს.

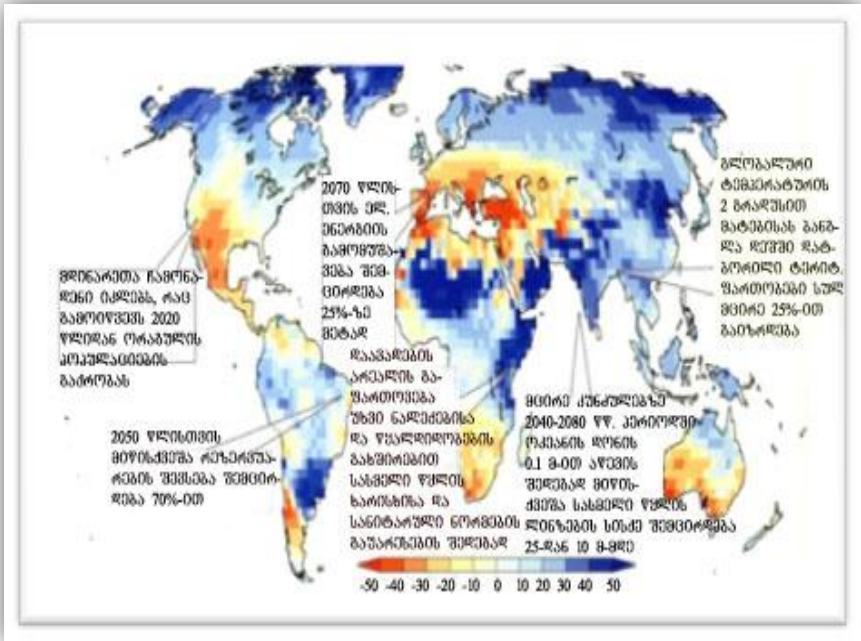
ზღვის დონის აწვევა მნიშვნელოვან პრობლემებს უქმნის საქართველოსაც შავი ზღვის სანაპირო ზოლში, განსაკუთრებით კოლხეთის დაბლობის დასავლეთ ნაწილში, სადაც ერთდროულად მიმდინარეობს ხმელეთის ტექტონიკური დაწვევა. ამ თვალსაზრისით, განსაკუთრებით მოწვევადია მდ. რიონის დელტა, სადაც, როგორც სხვაგან, ზღვის დონემ გავლილ საუკუნეში აიწია 20 სმ-ით, ხოლო ხმელეთმა, მეზობელი რეგიონებისაგან (აჭარა და აფხაზეთი) განსხვავებით, დაიწია 50 სმ-ით. აღნიშნულმა პროცესებმა, სხვა მოვლენებთან ერთად, სანაპირო ზოლში გამოიწვია ათეულობით ჰა მიწის ფართობის დაკარგვა, მდ. რიონზე

წყალდიდობის გახშირება და გაძლიერება, ფოთისა და მისი პორტის ინფრასტრუქტურისთვის მიყენებული ზარალის საგრძნობი ზრდა. ზღვის დონის აწევა საფრთხეს უქმნის აგრეთვე ბათუმი-ადლიას სექტორში მდებარე ბათუმის აეროპორტს და მდ. ჭოროხის დელტას, რომელიც თურქეთში ამ მდინარეზე ჰესების კასკადის აგების შემდეგ მოკლებული აღმოჩნდა ნატანის მარაგის შეესებას.

2.8.3. წყლის რესურსების გადანაწილება

რამდენადაც მტკნარი წყლის რესურსები მომავალში განაპირობებს კაცობრიობის მდგრად განვითარებას, არანაკლებ მნიშვნელოვანია კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების გავლენის შეფასება ამ რესურსების განაწილებაზე. მსოფლიოს სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების A1B სცენარისთვის სხვადასხვა მოდელის გამოყენებით ჩატარებული გამოთვლების კრებისით შედეგები მოყვანილია 2.8.4 ნახაზზე. მტკნარი წყლის რესურსებში შედის როგორც მდინარეთა ჩამონადენი, ასევე მიწისქვეშა წყლებიც. მოცემული ნახაზიდან ჩანს, რომ 2100 წლისთვის კლიმატის ცვლილებამ მოსალოდნელია გამოიწვიოს მტკნარი წყლის მნიშვნელოვანი დეფიციტი აშშ-ის დასავლეთ ნაწილში, ხმელთაშუა ზღვის აუზში, სამხრეთ აფრიკასა და ავსტრალიის სამხრეთ ნაწილში.

მოდელური გამოთვლების მიხედვით, თუ 1995 წლისთვის უწყლოობის სტრესის ქვეშ მცხოვრები მოსახლეობის რიცხვი შეადგენდა დაახლოებით 1,5 მილიარდს, 2050 წლისთვის ეს რიცხვი გაიზრდება 4,3–6,9 მლრდ. ადამიანამდე. წყლის რესურსების ზრდა პროგნოზირებულია ბევრ ისეთ რეგიონში, სადაც მოსახლეობის სიმჭიდროვე ძალზე მცირეა (ამერიკისა და აზიის კონტინენტების ჩრდილო ნაწილები, ცენტრალური



ნახ. 2.8.4. მტკნარი წყლის რესურსების ცვლილების (%) პროგნოზი ჩამონადენზე კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შედეგად. შედარებულია 1981–2000 და 2081–2100 წწ. საშუალოები. ლურჯი ფერი (სკალის მარჯვნივ) შეესაბამება წლიური ჩამონადენის ზრდას, ხოლო წითელი (მარცხნივ) – შემცირებას ([21])

აფრიკა, ამაზონის აუზი). რესურსების ზრდას აზიის სამხრეთ ნაწილში თან სდევს წყალდიდობების მაღალი რისკი. 2080 წლისთვის მსოფლიოს მოსახლეობის 20%, რომელიც ცხოვრობს მდინარეთა აუზებში, აღმოჩნდება წყალდიდობების საფრთხის ქვეშ. ტემპერატურის ზრდის ფონზე მოსალოდნელია მტკნარი წყლის ხარისხის

²¹*Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC, 2007, p. 36.*

გაუარესება, მასში დაავადებათა გამომწვევი ორგანიზმების მომრავლების შედეგად.

წყლის მოსალოდნელი დეფიციტის რეგიონებში, წყლის ნაკლებობის მიმართ, ეკონომიკის დარგებიდან ყველაზე მოწყვლადი სექტორი არის და იქნება სოფლის მეურნეობა, ხოლო ნაკლებად მოწყვლად სექტორებად მიიჩნევა მრეწველობა და კომუნალური მეურნეობა. სოფლის მეურნეობაში წყლის რესურსების დანაკლისი გამოიწვევს მათი გამოყენების სისტემების სრულყოფის აუცილებლობას, რაც საბოლოო ჯამში აისახება სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის თვითღირებულების გაზრდაზე და, შესაბამისად, გამოიწვევს სურსათის გაძვირებას.

წყლის მოსალოდნელი დეფიციტის რეგიონებში, 2.7.3 და 2.8.4 ნახაზებზე მოყვანილ მონაცემთა შედარება გვიჩვენებს, რომ მიმდინარე საუკუნის დასასრულისთვის წყლის რესურსების მოსალოდნელი ცვლილება ბევრ რეგიონში ემთხვევა ნალექთა საპროგნოზო ცვლილებას (შემცირება ხმელთაშუა ზღვის აუზში, ცენტრალურ ამერიკასა და სამხრეთ აფრიკაში). წყლის რესურსების საგარაუდო სიუხვე ჩრდილო ნახევარსფეროს მაღალ განედებში დაკავშირებულია ამ რეგიონებში კრიოსფეროს დეგრადაციასთან. ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებამ და წყლის რესურსების გადანაწილებამ შესაძლებელია გამოიწვიოს შესამჩნევი ცვლილებები ბუნებრივ ეკოსისტემებში, რაც გამოიხატება ტყეების ჯიშობრივი შედგენილობის შეცვლაში და ჩრდილო ნახევარსფეროში მათი საზღვრის ჩრდილოეთისკენ გადანაცვლებაში, ცხოველების, ფრინველებისა და თევზების ჰაბიტატის ცვლილებაში და სხვ.

2.8.4. ოკეანისა და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების ტრანსფორმაცია

განვლილ საუკუნეში დაფიქსირებულმა გლობალურმა დათბობამ უკვე გამოიწვია გარკვეული ცვლილებები ატმოსფეროსა და ოკეანის ფართომასშტაბური ცირკულაციის პროცესებში. კერძოდ, საუკუნის მეორე ნახევარში ორივე ნახევარსფეროში თითქმის ყველა სეზონის განმავლობაში აღინიშნება საშუალო განედების ტროპოსფეროში დასავლეთის ქარების მაქსიმუმების გაძლიერება, რამაც განაპირობა ზამთარში ტროპიკული გრივალების ტრაექტორიების შეცვლა და შესაბამისი ცვლილებები ტემპერატურისა და ნალექთა ტრენდებში საშუალო და მაღალ განედებში.

დაიკვირვება აგრეთვე ცვლილებები ოკეანისა და ატმოსფეროს ურთიერთქმედებაში წყნარი ოკეანის ზედაპირზე, რის შედეგადაც ბოლო 40 წლის მანძილზე საგრძნობლად იმატა ელ-ნინოს თბილი ეპიზოდების სიხშირემ, ცივი ეპიზოდების (ლა-ნინია) განმეორადობასთან შედარებით. ამან აშკარა ზემოქმედება მოახდინა ტროპიკული ქარიშხლების სიხშირესა და ინტენსიურობაზე: 1970-იანი წლების შემდეგ მე-4 და მე-5 კატეგორიის (უმძლავრესი) ქარიშხლების რაოდენობა გაიზარდა 75%-ით, ძირითადად წყნარი ოკეანის ჩრდილო სექტორში, ინდოეთისა და წყნარი ოკეანის სამხრეთ-დასავლეთ სექტორებში. ჩრდილო ატლანტიკაში ბოლო 11 წლიდან 9 გამოირჩეოდა ნორმაზე მეტი რაოდენობის ქარიშხლებით, რის კულმინაციასაც წარმოადგენდა რეკორდული 2005 წელი.

ბოლო პერიოდში დადგენილ იქნა, რომ 28⁰C-ზე ზევით ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის ანომალიებს ელ-ნინოს მოქმედების ზონაში თან სდევს კონვექციის მკვეთრი გაძლიერება, რაც იწვევს როგორც ტროპიკული ქარიშხლების ინტენსიურობის ისე ამ ზონიდან ათასობით კილომეტრის დაშორებით მდებარე სხვა რეგიონებში

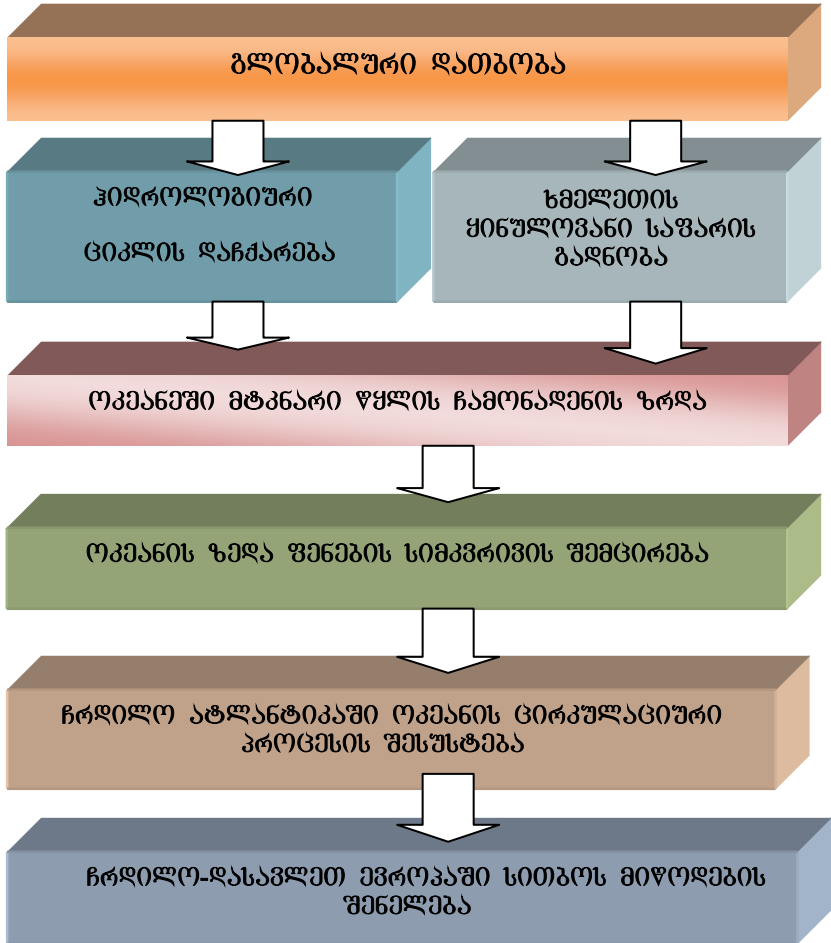
შესაბამისი ანომალიების (გვალვის, უხვი ნალექების) წარმოშობას.

გლობალურ დათბობას შეუძლია სერიოზული ზეგავლენის მოხდენა საოკეანო ცირკულაციის ისეთ მნიშვნელოვან რგოლზე, როგორცაა გოლფსტრიმი. მოდელურმა გამოკვლევებმა აჩვენა, თუ ჩრდილო ატლანტიკაში ოკეანის ზედა ფენების სიმკვრივე (მარილიანობა) დაიკლებს, ეს გამოიწვევს გოლფსტრიმთან დაკავშირებული ცირკულაციური პროცესების შესუსტებას. ამას მოჰყვება გოლფსტრიმის მიერ ჩრდილო-დასავლეთ ევროპაში სითბოს მიწოდების შენელება და ამ რეგიონში აგრილება. მარილიანობის მკვეთრმა და ხანგრძლივმა შემცირებამ შეიძლება გამოიწვიოს ცირკულაციური პროცესების სრული შეწყვეტაც კი.

რამდენადაც გლობალური დათბობა იწვევს ჰიდროლოგიური ციკლის დაჩქარებას, ნალექთა გაზრდილ რაოდენობას თან სდევს ოკეანეში მტკნარი წყლის მზარდი ჩამონადენი. სმელეთის მყინვარების, განსაკუთრებით კი გრენლანდიის ყინულოვანი საფარის დაჩქარებული გადნობა საგრძნობ როლს ასრულებს ოკეანის ზედაპირული წყლების გამტკნარებაში. ორივე ამ ფაქტორის მოქმედების შედეგად, მიმდინარე საუკუნეში, ზემოთ განხილული ცირკულაციური პროცესები ჩრდილო ატლანტიკაში შესუსტდება. ზემოთ ჩამოთვლილ პროცესებს შორის ურთიერთკავშირი სქემატური სახით ნაჩვენებია 2.8.5 ნახაზზე.

ამ ნახაზზე ჰიდროლოგიური ციკლის დაჩქარება გულისხმობს, ჰაერის ტემპერატურის აწვევის შედეგად, დედამიწის ზედაპირიდან აორთქლების ზრდას, ნალექთა მატებას და, შესაბამისად, მდინარეული ჩამონადენის გაძლიერებას.

კვლევებში გამოყენებული მოდელებით მიღებული შედეგები საკმაოდ დიდ დიაპაზონში განსხვავდება ერთმანეთისაგან: XXI საუკუნის დასასრულისათვის ზოგიერთი მათგანი იძლევა გლობალური დათბობის პრაქტიკულად უმნიშვნელო ზეგავლენას ჩრდილო



ნახ. 2.8.5. გლობალური დატობის ზეგავლენით ატლანტის ოკეანის ჩრდილო ნაწილში ცირკულაციური პროცესების მოსალოდნელი ცვლილების სქემა

ატლანტიკის სექტორში ოკეანის ცირკულაციურ პროცესებზე, ხოლო ზოგიერთი წინასწარმეტყველებს ამ პროცესების ინტენსიურობის 50%-ით შემცირებას, თუმცა

არც ერთი კლიმატური მოდელი არ აჩვენებს ცირკულაციის სრული შეწყვეტის შესაძლებლობას. რაც შეეხება გოლფსტრიმის შესუსტებასთან დაკავშირებული პროცესების შესაძლო ზემოქმედებას საქართველოს კლიმატზე. ამჟამად მიღებული კლასიფიკაციის თანახმად, კავკასიის რეგიონში მიმდინარე სინოპტიკურ პროცესებს, ჩრდილო ატლანტიკის სექტორიდან, განაპირობებს ზემოქმედების ორი ცენტრი: აზორის ანტიციკლონი და ისლანდიის დეპრესია.

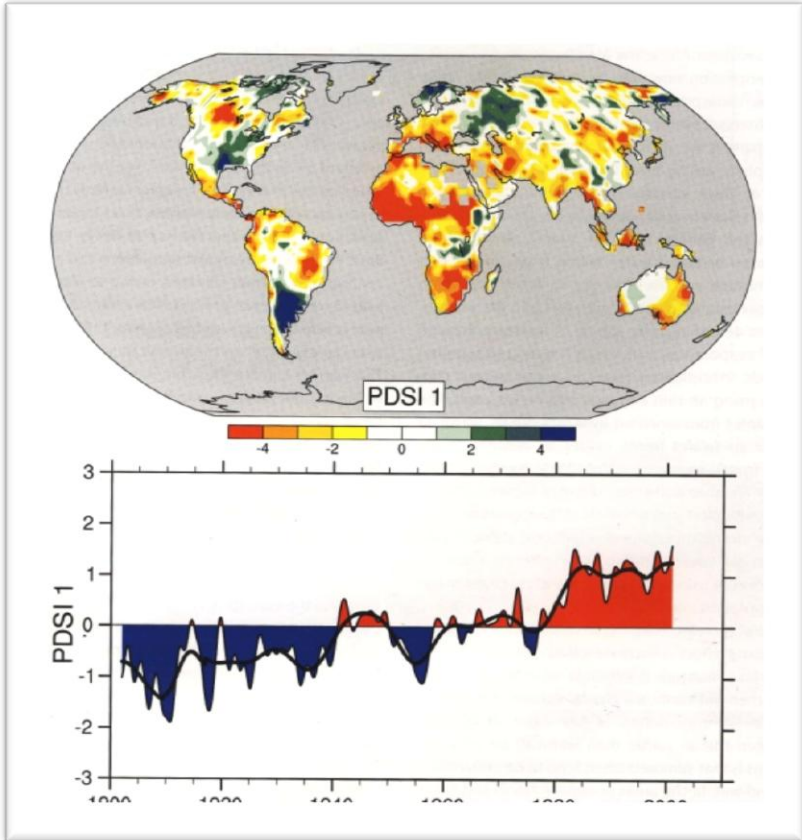
მიმდინარე საუკუნეში ჩრდილო ატლანტიკაში სითბოს შემოტანის მოსალოდნელი შესუსტება ზემოქმედების აღნიშნულ ცენტრებში გამოიწვევს ფორმირებული ჰაერის მასების აგრილებას, რაც შესაბამის გამოხატულებას პოვებს საქართველოს ტერიტორიაზე ამ ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრის პროცესში.

2.8.5. ამინდის ექსტრემალური მოვლენების გახშირება.

***გვაღვა**

გაველილი საუკუნის მანძილზე საშუალო და დაბალ განედებში კონტინენტებზე ნალექთა შემცირებისა და ტემპერატურის მატების ტრენდებმა დედამიწის ბევრ რეგიონში გამოიწვია გვაღვების გახშირება და მათი ინტენსიურობის ზრდა. გვაღვის სიმკაცრის დასახასიათებლად გამოყენებული ერთ-ერთი მაჩვენებლის - გვაღვის სიმკაცრის პალმერის ინდექსის 1900–2002 წწ. პერიოდში განაწილების გლობალური სურათი ნაჩვენებია 2.8.6 ნახაზზე. ყველაზე მკაცრ გვაღვებს შეესაბამება ინდექსის მნიშვნელობა -3-ზე დაბლა.

ამ ნახაზზე ჩანს, რომ წინა საუკუნის განმავლობაში გვაღვიანობამ განსაკუთრებით იმატა ევრაზიის კონტინენტის სამხრეთ ნაწილში, თითქმის მთლიანად აფრიკაში, კანადისა და ბრაზილიის დიდ

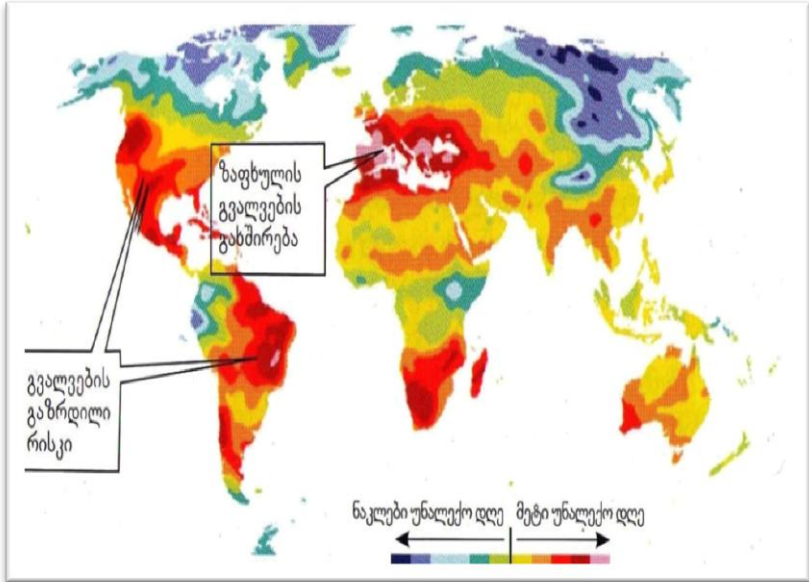


ნახ. 2.8.6. გვაღვის სიმკაცრის პალმერის ინდექსის (PDSI) განაწილება 1900–2002 წწ. პერიოდში. დაბლა მოყვანილია ამავე პერიოდში ინდექსის გლობალურად გასაშუალოებული მნიშვნელობის ცვალებადობა ([1])

ტერიტორიებზე. უფრო დეტალურმა გამოკვლევამ აჩვენა, რომ ძალიან მკაცრი გვაღვებით მოცული ტერიტორიების ფართობი 1970 წლიდან გაიზარდა 2-ჯერ და მეტად, რაც ძირითადად ელ-ნინოს თბილი ეპიზოდების გასშირებას მიეწერება.

¹Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p. 106.

სხვადასხვა მოდელებით შედგენილი კლიმატის ცვლილების პროგნოზი XX საუკუნის ბოლოსთან შედარებით (20 წლის საშუალო მაჩვენებელი) არც თუ ოპტიმისტურად გამოიყურება (ნახ. 2.8.7).



ნახ. 2.8.7. უნაღყო დღეების სავარაუდო განაწილების რუკა 21-ე საუკუნის ბოლოსათვის (122)

როგორც ნახაზიდან ჩანს მიმდინარე საუკუნის ბოლოსთვის მოსალოდნელია კიდევ უფრო ხანგრძლივი მშრალი პერიოდები ევრაზიისა და აფრიკის კონტინენტებზე, კანადისა და ბრაზილიის ტერიტორიებზე. გვალვების გახშირებასთან დაკავშირებული ძირითადი

²² კლიმატის გლობალური ცვლილება და საქართველო. სახელმძღვანელო სკოლის მოსწავლეებისათვის. თბ., 2011, გვ. 19.

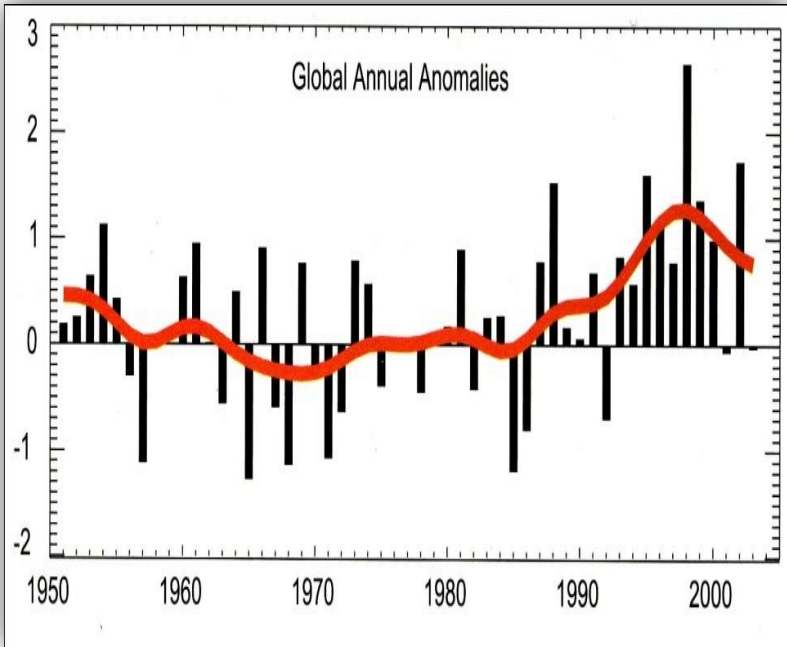
საფრთხეები: მიწის დეგრადაცია, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის შემცირება, მეცხოველეობის დაკნინება, ტყის ხანძრების რისკის ზრდა; წყლის რესურსების შემცირება და სასოფლო-სამეურნეო წარმოების დაცემა, რასაც თან სდევს შიმშილობა და წყლის ნაკლებობით გამოწვეულ დაავადებათა გაზრდა; წყლის დეფიციტი კომუნალურ და სამრეწველო სექტორებში, ჰიდროენერგეტიკის პოტენციალის შემცირება; მოსახლეობის იძულებითი მიგრაცია გვალვით მოცული რეგიონებიდან.

***უხვი ნალექი**

გლობალურმა დათბობამ გარკვეული ცვლილებები გამოიწვია ნალექთა საერთო ჯამში უხვი ნალექის წვლილშიც. 1951-2003 წწ. პერიოდში ამ სიდიდის ცვლილება 1961-1990 წწ. საშუალოსთან მიმართებით იმ ტერიტორიებზე, სადაც არსებობს სათანადო მონაცემები, ნაჩვენებია 2.8.8 ნახაზზე.

ამ ნახაზიდან შეიძლება იმ დასკვნის გამოტანა, რომ ჩრდილო ამერიკისა და ევრაზიის კონტინენტების დიდ ნაწილზე, აგრეთვე სამხრეთ ამერიკისა და ავსტრალიის ზოგიერთ რეგიონში 1980-იანი წლების მეორე ნახევრიდან, როდესაც გლობალურმა დათბობამ აშკარად გამოხატული სახე მიიღო, ნალექთა საერთო ჯამში აღინიშნება უხვნალექიან დღეებში მოსულ ნალექთა გარკვეული ზრდა, თუმცა 2010 წლამდე ამ ტენდენციის ცვლილება ჯერჯერობით გაურკვეველია.

მოდელური გამოთვლებით გლობალური დათბობა მიმდინარე საუკუნის ბოლოსათვის კიდევ გააძლიერებს ოკეანეებიდან წყლის აორთქლების პროცესს და შესაბამისად წვიმების სიხშირესა და სიძლიერეს. ამ მოვლენას ცალკეული რეგიონებისთვის ექნება დადებითი ეფექტი, თუმცა ზოგიერთ ტერიტორიებს წყალდიდობა და წყლისმიერი ეროზია დაემუქრება.

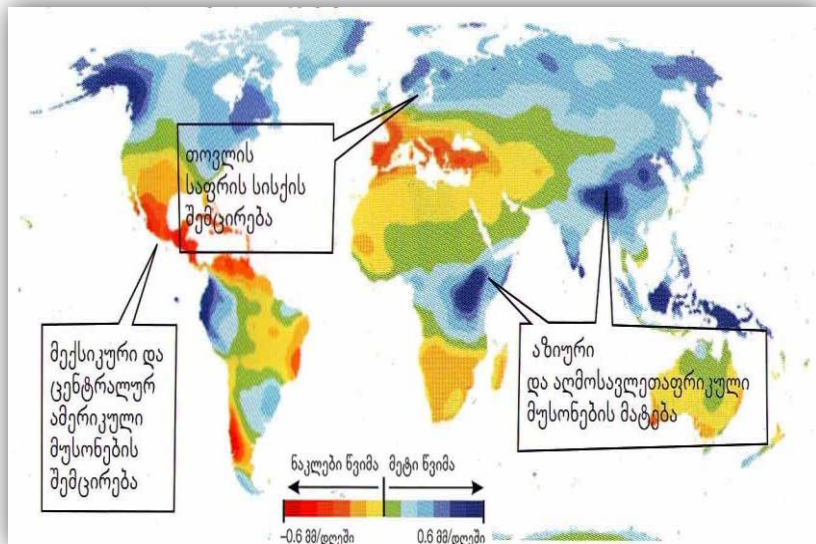


ნახ. 2.8.8. 1951-2003 წწ. პერიოდში გლობალურად გასაშუალოებულიდან (22,5%) უხვი ნალექის გადახრების (%) დროში ცვალებადობა ([1])

ნახაზებზე 2.8.9 და მოყვანილია ნალექთა ჯამური რაოდენობისა სავარაუდო განაწილების რუკა XXI საუკუნის ბოლოსთვის XX საუკუნის ბოლოსთან შედარებით (20 წლის საშუალო მაჩვენებელი), საიდანაც ჩანს, რომ აღნიშნულ პარამეტრის მნიშვნელობები იკლებს ან იმატებს სხვადასხვა ტერიტორიებზე.

უხვი ნალექის მოსვლასთან დაკავშირებული ძირითადი საფრთხეებია: წყალმოვარდნები და მათგან გამომწვეული მიწის ეროზია, ნათესებისა და ინფრა-

¹Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p. 106.



ნახ. 2.8.9. ნალექთა ჯამური რაოდენობის სავარაუდო განაწილების რუკა 21-ე საუკუნის ბოლოსათვის (I22)

სტრუქტურის განადგურება, მოსახლეობის იძულებითი მიგრაცია; მეწყერებისა და თოვლის ზვავების გახშირება, სატრანსპორტო სისტემების მოშლა; წყლის ხარისხის გაუარესება და მასთან დაკავშირებულ დაავადებათა გავრცელება.

***წყალდიდობები**

წყალდიდობების ძირითადი მიზეზია უხვი ნალექები და ზღვის დონის აწევა შტორმული მოდენების შედეგად. უხვ ნალექებთან დაკავშირებით, მდინარეთა ჩამონადენის მატებისა და, შესაბამისად, წყალდიდობების რისკის

²² კლიმატის გლობალური ცვლილება და საქართველო. სახელმძღვანელო სკოლის მოსწავლეებისათვის. თბ., 2011, გვ. 19.

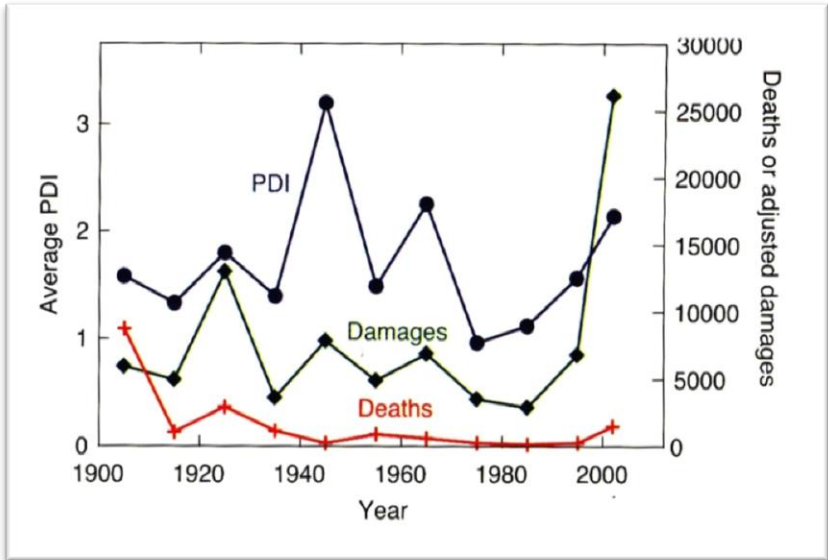
ზრდის საკითხი შეფასებული იყო ზემოთ, მიმდინარე საუკუნეში წყლის რესურსების გადანაწილების განხილვისას, ხოლო ზღვის დონის აწევასთან დაკავშირებული, უფრო მასშტაბური წყალდიდობების საშიშროების საკითხი – ზღვის დონის აწევის პრობლემის გარჩევისას.

***ტროპიკული ქარიშხლები**

გლობალური დათბობის შედეგად ტროპიკული ქარიშხლების სიხშირისა და ინტენსიურობის ბოლო 40 წლის მანძილზე ზრდის საკითხი განხილულია ოკეანისა და ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესების ტრანსფორმაციისადმი მიძღვნილ ნაწილში. ზემოთ თქმულთან ერთად დამატებით უნდა აღინიშნოს, რომ ტროპიკული ქარიშხლების დროს, როდესაც ერთდროულად ადგილი აქვს უხვი ნალექის მოსვლას, ძლიერ ქარსა და ზღვის დელვას, შტორმულ მოდენას და მასთან დაკავშირებულ წყალდიდობას, ადამიანთა მსხვერპლის თვალსაზრისით, ყველაზე მეტად ზარალდება ნაკლებად განვითარებული ქვეყნები, რაც გამოწვეულია სათანადო სამაშველო ტექნიკური საშუალებების ნაკლებობით. მიუხედავად ამისა, ქარიშხლებით მიყენებული მატერიალური ზარალი, პირიქით, იმატებს ქვეყნის განვითარების დონესთან ერთად. ამის დამამტკიცებელია აშშ-ის სამხრეთ შტატებში ბოლო 20 წლის მანძილზე ქარიშხლებით მიყენებული ზარალის განუხრელი ზრდა (ნახ. 2.8.10)

ამ მონაცემებში არ არის შესული 2005 წლის შემდეგ სხვა ქარიშხლებისგან მიყენებული მრავალ მილიარდიანი ზარალი, რაც კიდევ უფრო ზრდის ბოლო არასრული ათწლეულის მაჩვენებელს.

მსოფლიოს მოსახლეობის მნიშვნელოვანი ნაწილი დასახლებულია სანაპირო ტერიტორიებზე. განსაკუთრებული სიძლიერის შტორმები იწვევს ათასობით ადამიანის დაღუპვასა და მილიარდობით დოლარის ზარალს. მაგ., 1991 წლის მაისში შტორმი 270 კმ/სთ



ნახ. 2.8.10. ქარიშხლის სრული დისიპირებული ენერჯის (PDI), ადამიანთა მსხვერპლისა და ქარიშხლებით გამოწვეული მატერიალური ზარალის (ათასი USD) ცვალებადობა აშშ სანაპირო შტატებში 1900 წლის შემდეგ ([21])

ქარის სიჩქარით თავს დაატყდა ბანგლადეშს, დატბორა სანაპირო ზოლი, მილიონზე მეტი სახლი დააზიანა და 140 000 ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა.

2005 წელს აშშ-ში გრიგალმა „კატრინამ“ შეიწირა 1500 ადამიანის სიცოცხლე და გამოიწვია 150 მილიარდი დოლარის ეკონომიკური ზარალი. 2007 წელს კი ბანგლადეშში მომხდარმა ციკლონმა იმსხვერპლა 3500 ადამიანის სიცოცხლე. 2008 წელს მომხდარი 321 ბუნებრივი კატასტროფის შედეგად, რომელიც უმეტესწილად წყალდიდობებით იყო გამოწვეული, დაიღუპა 235 816 მილიონი, ხოლო ზარალმა 181

²¹Climate Change 2007. Impacts, Adaptation and Vulnerability. IPCC, 2007, p. 55.

მილიარდი აშშ დოლარი შეადგინა. ყველაზე მეტად დაზარალდა აზიის კონტინენტი (10 ქვეყნიდან 9 აზიაში მდებარეობს).

ცხრილში 2.8.1 მოცემულია მსოფლიოში მომხდარი ბუნებრივი კატასტროფების სტატისტიკა 1997-2006 წწ. პერიოდში.

ცხრილი 2.8.1. ბუნებრივი კატასტროფების სტატისტიკა მსოფლიოში (1997-2006)

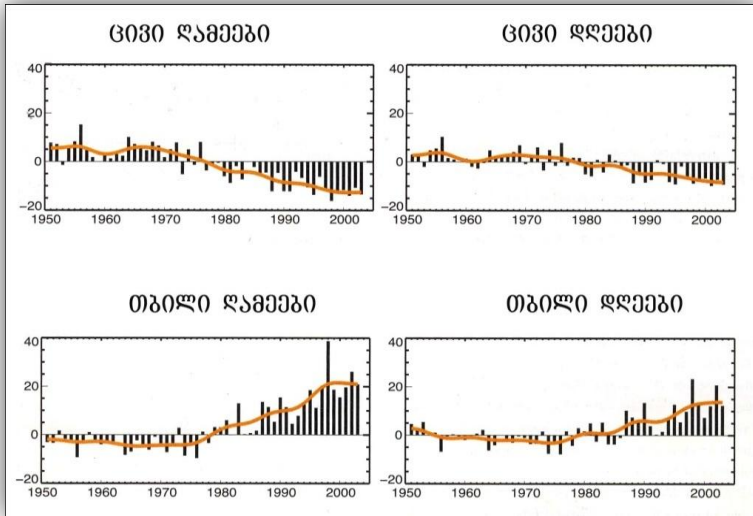
ბუნებრივი კატასტროფა	ეკონომიკური ზარალი (მლნ. ამერიკული დოლარი)	დაზარალებული მოსახლეობა (მილიონი)	მსხვერპლი
წყალდიდობა	190	1230	92500
ცუნამი და მიწისძვრები	120	40	400000
ქარიშხალი	426	362	176150
გვალვა	30	1100	460000
ბუნებრივი ხანძარი	19	0.5	480
მეწვერი და ზვავი	15	26	80000
მთლიანად	800	2785.5	1688650

კლიმატის ცვლილების საერთაშორისო ანგარიშის თანახმად, ამჟამად სანაპირო შტორმული ზვირთების საფრთხის ქვეშ იმყოფება 48 მილიონი ადამიანი. ზღვის დონის 50 სმ-ით აწევა რისკის ქვეშ მყოფ ადამიანების რაოდენობას 92 მილიონამდე გაზრდის, ხოლო ზღვის დონის აწევა, შტორმის სიხშირისა და სიძლიერის მატება საფრთხეს შეუქმნის ცალკეული კუნძულოვანი ქვეყნებისა და სანაპირო ტერიტორიების არსებობას.

*სიცხის ტალღები

სიცხის ტალღა ეწოდება ამინდის მოვლენას, რომელიც ზაფხულის პერიოდში იწვევს საშუალო დღელამური ტემპერატურის აწევას 2–3⁰C-ით და მეტად და გრძელდება რამდენიმე დღიდან რამდენიმე კვირამდე. იგი დაკავშირებულია მოცემულ რეგიონში ჰაერის თბილი მასების შემოჭრასთან, რაც განპირობებულია ატმოსფეროში ფართომასშტაბური ცირკულაციური პროცესებით. ბოლო 20 წლის მანძილზე აღინიშნება ამ მოვლენის სიხშირის ზრდა, რაც ძირითადად გამოწვეულია სათბურის ეფექტის ზეგავლენით დამის საათებში დედამიწის გაცივების შენელებით. ამაზე მეტყველებს ბოლო 20–25 წლის განმავლობაში ცივი ღამეებისა და ცივი დღეების განმეორადობის გლობალურად გამოვლენილი ტენდენცია, რომელსაც თან ახლავს თბილი დღეებისა და, განსაკუთრებით, თბილი ღამეების სიხშირის ზრდა (ნახ. 2.8.11).

დამისა და დღის ექსტრემალური ტემპერატურების აშკარად გამოვლენილ მატებას თან სდევს სიცხის ტალღების განმეორადობის ზრდაც. ამ მოვლენასთან დაკავშირებული ძირითადი საფრთხეებია: თბილ რეგიონებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობის დაკლება ჰაერისა და ნიადაგის ტენშემცველობის შემცირების შედეგად; ტყის ხანძრების გახშირება; ანალოგიურად გვაღვისა–წყლის რესურსების შემცირება და წყლის ხარისხის გაუარესება; უმეტესწილად დიდი ქალაქების მოსახლეობაში დასიცხვის შედეგად სიკვდილიანობის მკვეთრი ზრდა. ეს უკანასკნელი განსაკუთრებით შეეხება ხანშიშესულ ადამიანებს, პატარა ბავშვებს და ქრონიკულ ავადმყოფებს. ზოგ შემთხვევაში, სიცხის ტალღა კატასტროფულ მასშტაბებს იღებს. მაგ., 2003 წლის ივნის-აგვისტოში ევროპაში განვითარებული სითბური ტალღები რეკორდულად ცხელი იყო, რომელმაც 37ათასი ადამიანის სიცოცხლე შეიწირა, აქედან ყველაზე მეტი, დაახლოებით 14 ათასი საფრანგეთში (ნახ. 2.8.12).



ნახ. 2.8.11. ცივი და თბილი ღამეებისა და ღღეების გლობალურად გასაშუალოებული განმეორადობის (დღეთა რაოდენობა ათწლეულში) ცვალებადობა 1951–2003 წწ. პერიოდში 1961–1990 წწ. საშუალოსთან მიმართებით ([1])

სიცხის ტალღის ინტენსიურობის დასახასიათებლად შემოღებულია სხვადასხვა ინდექსი, მათ შორის ე.წ. სიცხის ტალღის ინდექსი (HWI), რომლის გამოთვლაში ჰაერის ტემპერატურასთან ერთად მონაწილეობს ჰაერის სინოტივე და ქარის სიქარე. ამ უგანზომილებო ინდექსის მნიშვნელობა იცვლება 0-დან 1-მდე. 0,22-მდე მნიშვნელობას შეესაბამება კომფორტული პირობები, 0,22–0,45 შუალედი ხასიათდება, როგორც საშუალო დისკომფორტი, 0,64-მდე მნიშვნელობები განისაზღვრება, როგორც საფრთხე, ხოლო უფრო ზემოთ, როგორც ექსტრემალური საფრთხე.

¹ *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. IPCC, 2007, p. 108.*



ნახ. 2.8.12. 2003 წლის იენის-აგესტოშისითბური ტალღების გავრცელება ევროპის ტერიტორიაზე ([23])

საქართველოს პირობებისთვის ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა, რომ 1955–1970 და 1990–2007 წწ. პერიოდებს შორის თბილისში HWI ინდექსის კრიტიკულ ზღვარს (0,22) გადაცილების შემთხვევათა რაოდენობა გაიზარდა 28%-ით, დედოფლისწყაროში – 5%-ით, ხოლო ლენტეხში ეს რიცხვი შემცირდა 35%-ით, რაც ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე აერაციის პირობების გაუმჯობესებით შეიძლება აიხსნას.

²³ moe.gov.ge სითბური ტალღების გაძლიერება ევროპის ტერიტორიაზე

2.8.6. ჯანდაცვის პირობების გაუარესება

გარდა სიცხის ტალღების გახშირებისა, გლობალური დათბობა ბევრ სხვა უარყოფით ზემოქმედებას ახდენს ადამიანის ჯანმრთელობაზე. კლიმატის ცვლილების ქვემოთ ჩამოთვლილი შედეგები საფრთხეს უქმნის მილიონობით ადამიანს, განსაკუთრებით განვითარებად ქვეყნებში, რომლებიც, ცხოვრების შედარებით დაბალი დონის გამო, მეტად მოწყვლადია კლიმატის ცვლილების შედეგების მიმართ. კერძოდ:

- გვალვების, წყალდიდობების და ამინდის სხვა ექსტრემალური მოვლენების გახშირების შედეგად სასოფლო-სამეურნეო წარმოების დაქვეითება გამოიწვევს შიმშილობის მასშტაბის ზრდას, რასაც თან მოჰყვება შეფერხება ბავშვების ზრდასა და განვითარებაში;
- სიცხის ტალღების, წყალდიდობების, ქარიშხლების, ტყის ხანძრებისა და გვალვების გახშირება გამოიწვევს სიკვდილიანობის, ავადობისა და დაშავებულთა რიცხვის ზრდას;
- ტემპერატურის ზრდასა და წყლის რესურსების შემცირებასთან ერთად იმატებს დიარეულ დაავადებათა გავრცელება;
- მოსალოდნელია აფრიკაში მალარიის გავრცელების როგორც ზრდის, ისე შესუსტების ტენდენციები, კონტინენტის სხვადასხვა რეგიონში კლიმატიური პირობების ცვალებადობის შესაბამისად;
- კლიმატის ცვლილების შედეგად ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში ოზონის კონცენტრაციის ზრდა გამოიწვევს გულ-სისხლძარღვთა და სასუნთქი ორგანოების დაავადებათა გახშირებას.

ამ ზოგადი ჩამონათვლიდან განსაკუთრებით შემაშფოთებელია მალარიის შესაძლო გავრცელების მასშტაბები აფრიკაში, სადაც ეს სასხვადასხვა სცენარისთვის მოსალოდნელია რისკის ქვეშ მყოფ

ადამიანთა რიცხვის გაზრდა 220–400 მილიონით. კონტინენტზე პროგნოზირებულია აგრეთვე დენგეს ციებ-ცხელების შემთხვევათა გახშირება.

მეორე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში საქართველოსთვის ჩატარებულმა შეფასებებმა აჩვენა, რომ ბოლო 10 წლის მანძილზე მიმდინარე დათბობის ფონზე ქვეყანაში აღინიშნება სისხლის მიმოქცევის სისტემის დაავადებათა სტაბილური მატების ტენდენცია და ლეიშმანიოზის გავრცელების მზარდი დინამიკა. აქტუალურად რჩება აგრეთვე დიარეული დაავადებები, რომელთა შემთხვევები მკვეთრად იმატებს გვალვისა და სიცხის ტალღების პირობებში.

გლობალური დათბობის დადებით შედეგად ჯანდაცვის სექტორში მიიჩნევა ექსტრემალურად დაბალი ტემპერატურების მატება და მათი სისშირის შემცირება, რაც ძლიერი ყინვებისგან დაღუპულ ადამიანთა რაოდენობას შეამცირებს.

კლიმატის ცვლილებით ადამიანის ჯანმრთელობისთვის შექმნილ საფრთხეებთან საბრძოლველად ამჟამად მუშავდება საადაპტაციო ღონისძიებები. მათ შორის აღსანიშნავია:

- მარცვლეულის მარაგების შექმნა სტიქიით დაზარალებულ რეგიონებში მოშიმშილეთა დასახმარებლად;
- სასმელი წყლითა და სანიტარიული საშუალებებით მოსახლეობის უზრუნველყოფა დაზარალებულ რეგიონებში;
- ჯანდაცვის საზოგადოებრივი ინსტიტუტებისა და სისტემების გაძლიერება;
- სურსათის საერთაშორისო ბაზრებთან ურთიერთობის გაადვილება;
- წინასწარი გაფრთხილების სისტემების შექმნა ეპიდემიების გავრცელების თავიდან ასაცილებლად;
- საერთაშორისო მონიტორინგის სისტემების შექმნა დაავადებათა კონტროლისა და მათთან ბრძოლის საწარმოებლად;

- დიდ ქალაქებში სიცხის ტალღების ზემოქმედების შესასუსტებლად მწვანე ნარგავების ფართობის გაზრდა;
- სტიქიურ მოვლენებზე სწრაფი რეაგირების სამაშველო სამსახურების შექმნა და გაძლიერება.

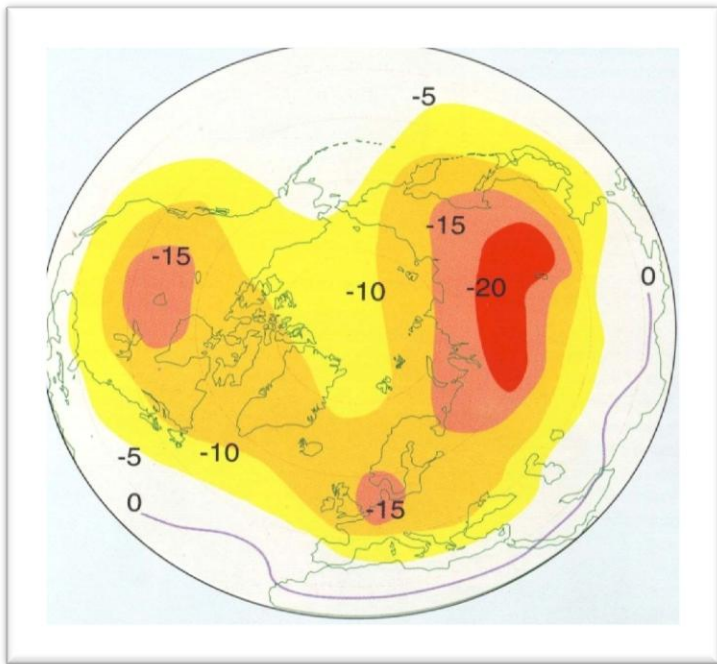
2.8.7. ოზონის ფენის შესუსტება

ატმოსფეროში სათბურის ეფექტის შექმნაში, ნახშირორჟანგისა და მეთანის შემდეგ, სხვა აირებს შორის ყველაზე დიდ როლს ასრულებს ოზონი.

ოზონი წარმოიქმნება სტრატოსფეროში ქანგბადზე მზის რადიაციის ზემოქმედებით, დედამიწის ზედაპირიდან 20 კმ და მეტ სიმაღლეზე, სადაც თავმოყრილია მისი ატმოსფერული შედგენილობის 90%. თავისი წარმოქმნის პროცესში იგი დიდი რაოდენობით შთანთქავს მზის ულტრაიისფერ გამოსხივებას, რაც იცავს დედამიწის ზედაპირზე ყველა ცოცხალ ორგანიზმს ამ რადიაციის მავნე/დამღუპველი მოქმედებისაგან. ატმოსფეროში ჰაერის ნაკადების ზეგავლენით ოზონი სტრატოსფეროდან ხედება ტროპოსფეროში და იშლება მიწისპირა ფენაში სხვადასხვა ნაერთთან ურთიერთქმედების შედეგად, თუმცა ამ ფენაში იგი ხელახლა წარმოიქმნება CO₂-ის, მეთანისა და სხვა ნახშირწყალბადების ფოტოლიზაციით აზოტის ქანგეულების თანხლებით, მაგრამ მალე ისევ იშლება ულტრაიისფერი ფოტოლიზისა და წყალბადის ქანგეულების რადიკალებთან რეაქციის შედეგად. ამ პროცესების ურთიერთქმედება იწვევს ტროპოსფეროში ოზონის ლოკალურ ბრუნვას დროის მონაკვეთებში დღეებიდან კვირებამდე. შედეგად, მისი კონცენტრაცია ვარირებს განედის, გრძედის, სიმაღლის, სეზონისა და დღე-ღამის დროის მიხედვით.

1970-იანი წლებიდან სტრატოსფეროში თავი იჩინა ოზონის ფენის შესუსტების ტენდენციამ, რაც განსაკუთრებით აშკარა გახდა 1980–1990-იან წლებში. ამ

პროცესის მიზეზად დასახელდა დიდ სიმძლევზე (დაახლოებით 20 კმ-მდე) მფრინავი ზებგერითი ავიაციის გამონაბოლქვი გაზებისა და მიწისპირა ფენიდან ატაცებული ქლოროფორნაზშირბადების დამშლელი ზემოქმედება ოზონზე. ბოლო ტიპის ნივთიერებებს დიდი რაოდენობით შეიცავს მაცივრები, საყოფაცხოვრებო გამასხურებლები და ხანძრის საქრობი ქაფები. აღნიშნულ წლებში ოზონის ფენის შესუსტების ერთ-ერთი მაგალითი მოყვანილია 2.8.13 ნახაზზე, საიდანაც



ნახ. 2.8.13. ოზონის ჯამური რაოდენობის გადახრა (%) მრავალწლიური საშუალოდან ჩრდილო ნახევარსფეროს თავზე 1993 წლის მარტში ([24])

²⁴Bojkov R.D. *The Changing Ozone layer*. WMO-UNEP, 1995, p. 26.

ჩანს, რომ ზოგ თვეში ატმოსფეროში ოზონის ჯამური რაოდენობა გარკვეული რეგიონის თავზე ეცემოდა, საშუალო მრავალწლიურთან შედარებით, 20%-მდე და ოზონის ეს ე.წ. „ხვრელი“ მოიცავდა რამდენიმე ათეულ მლნ. კმ² ტერიტორიას.

ოზონის ფენის შესუსტებას და, შესაბამისად, დედამიწის ზედაპირზე მოღწეული ულტრაიისფერი რადიაციის ზრდას შეუძლია დიდი ზიანი მიაყენოს ყველა ცოცხალ ორგანიზმს, რადგან ისინი ეგუებიან საუკუნეების მანძილზე ჩამოყალიბებულ ამ რადიაციის დონეს. კერძოდ, ოზონის კონცენტრაციის 1%-ით შემცირებას შეუძლია გამოიწვიოს ადამიანებში კანის კიბოთი დაავადების შემთხვევათა 2%-ით გაზრდა. ამის გათვალისწინებით, 1987 წლიდან საერთაშორისო ორგანიზაციები აქტიურად მოქმედებს ოზონდამშლელი ნივთიერებების გამოყენების შეზღუდვისა და სხვა ნივთიერებებით მათი ჩანაცვლების მიმართულებით. ამ ძალისხმევის შედეგად ბოლო წლებში სტრატოსფერული ოზონის დაშლის პროცესი შეჩერდა, თუმცა ამჟამად მისი კონცენტრაცია 4%-ით ნაკლებია 1980 წლამდე არსებულ დონესთან შედარებით.

რაც შეეხება კლიმატის ცვლილებას, ოზონის, როგორც სათბურის გაზის, კონცენტრაციის შემცირებამ სტრატოსფეროს ქვედა ფენაში (12–20კმ) გამოიწვია ტემპერატურის დაცემა 0,6–0,8°C-ით. ამავე დროს, ატმოსფეროს ანთროპოგენული დატვირთვების ზრდის პირობებში, ბოლო ათწლეულებში, აღინიშნა ტროპოსფეროში ოზონის კონცენტრაციის აშკარად გამოხატული ზრდა, რომლის სიჩქარემ ჩრდილო ნახევარსფეროში შეადგინა 1% წელიწადში. ოზონის ანომალიურად მაღალ კონცენტრაციებს აგრეთვე შეუძლია ზიანის მიყენება ადამიანის ჯამრთველობისთვის (თვალისა და სასუნთქი ორგანოების გაღიზიანება). 1980-იანი წლების დასასრულიდან დაფიქსირებულია ბევრი შემთხვევა, როდესაც კონკრეტულ რეგიონში სიცხის ტალღას თან სდევს მიწისპირა ფენაში ოზონის ანომალიურად მაღალი კონცენტრაცია. საბოლოო ჯამში

შეიძლება ითქვას, რომ, მიუხედავად ანთროპოგენული ზემოქმედების შედეგად სტრატოსფეროში ოზონის შრის შესუსტებისა და შესაბამისი აგრილებისა, ტროპოსფეროში ოზონის კონცენტრაციის ზრდამ გამოიწვია შესაბამისი სათბურის ეფექტის დაახლოებით 20%-ით გაძლიერება. ეს ზრდა ძირითადად გამოწვეულია მზის რადიაციის ზემოქმედებით ჰაერის ცალკეულ დამაჭუჭყიანებლებზე, მათ შორის აზოტის ჟანგეულებზე, რომლებსაც შეიცავს ემისიები დედამიწის ზედაპირიდან და შიგაწვის ძრავების გამონაბოლქვები, აგრეთვე CH₄ და CO-ს კონცენტრაციების ზრდით, რომლებიც ხელს უწყობს ოზონის წარმოქმნას.

ამრიგად, პირდაპირი გაგებით, სტრატოსფეროში ოზონის შრის შესუსტება არ წარმოადგენს გლობალური დათბობის შედეგს, არამედ იგი დაკავშირებულია იმ ქიმიური ნაერთების ზემოქმედებასთან, რომლებიც ამ პროცესს იწვევს „გლობალური დათბობის პოტენციალის“ მაღალი მნიშვნელობის გამო. ასევე ტროპოსფეროში ოზონის კონცენტრაციის ზრდა შედეგია ატმოსფეროს მიწისპირა ფენების ანთროპოგენული დაჭუჭყიანებისა, ხოლო კონცენტრაციის ეს ზრდა, თავის მხრივ, აძლიერებს სათბურის ეფექტს.

2.9. წინა საუკუნის მიხედვით კლიმატის ცვლილება საქართველოში

2.9.1. საქართველოში კლიმატის შესწავლის ისტორიიდან

1844 წელს თბილისში რეგულარული მეტეოროლოგიური დაკვირვების დაწყების შემდეგ, 1848 და 1857 წლებში გამოიცა პირველი ნაშრომები თბილისის კლიმატის შესახებ. XIX საუკუნის დასასრულისთვის საქართველოს ტერიტორიაზე უკვე მოქმედებდა 90 მეტეოსადგური, ხოლო თბილისის გეოფიზიკური ობსერვატორია (თგო) წარმოადგენდა საკვანძო

სამეცნიერო დაწესებულებას კავკასიის რეგიონში წარმოებული მაგნიტურ-მეტეოროლოგიური დაკვირვებების წარმოებისა და მათი შედეგების ანალიზის დარგში. მიღებული მასალების საფუძვლზე 1912 წელს ი. ფიგუროვსკის მიერ შედგენილ იქნა საქართველოს კლიმატის პირველი მეცნიერული გამოკვლევა. პირველი მსოფლიო ომის დროს და სამოქალაქო დაპირისპირების შემდეგ წლებში მეტეოროლოგიური სადგურების უმეტესობამ შეწყვიტა ფუნქციონირება, რაც 1920-იანი წლების მეორე ნახევრამდე გაგრძელდა.

1930 წელს თოვ-ს ბაზაზე ჩამოყალიბდა ჰიდრომეტეოროლოგიის სახელმწიფო კომიტეტი, რომლის ხელმძღვანელობით დაიწყო სადამკვირვებლო ქსელის აღდგენა და გაფართოება. ქსელის მუშაობა არ შეფერხებულა მეორე მსოფლიო ომის დროს, რამაც უზრუნველყო კლიმატურ ელემენტებზე დაკვირვების უწყვეტი რიგების შექმნა საქართველოს ტერიტორიის დიდ ნაწილზე. 1960-იანი წლებისთვის საქართველოს კლიმატის კვლევები მიმდინარეობდა გეოგრაფიისა და ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტებში. შედეგად, 1961 წელს მ. კორძახიას ავტორობით გამოიცა პირველი ფუნდამენტური მონოგრაფია „საქართველოს ჰავა“, ხოლო 1971 წელს - კოლექტიური ნაშრომი „საქართველოს კლიმატი და კლიმატური რესურსები“. ამავე პერიოდში აკად. თ. დავითიას ხელმძღვანელობით დაიწყო კვლევები საქართველოში კლიმატის ცვლილების საკითხებზე.

1980-იანი წლებისთვის ქვეყნის სადამკვირვებლო ქსელში შედიოდა 250-მდე მეტეოსადგური და საგუმავო, თუმცა 1991 წლიდან მათ უმეტესობაზე დაკვირვებები შეწყდა. ქსელის ნაწილობრივი აღდგენა დაიწყო 2000 წლიდან და ამჟამად აერთიანებს 15 მეტეოსადგურს. 1990 წლამდე ქსელში მეტეოსადგურების სიმრავლემ განაპირობა რთული რელიეფის მქონე საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის დეტალური შესწავლის შესაძლებლობა. 1960–1990 წწ. პერიოდში ი. ცუცქირიძის, გ. ჭირაქაძის, ვ. გიგინეიშვილის, შ. ჯავახიშვილის, ლ. პაპინაშვილის, დ. მუმლაძის, ვ. გაგუას, ე. სუხიშვილის

და სხვა მეცნიერთა ავტორობით გამოიცა ბევრი სამეცნიერო ნაშრომი, რომლებშიც გაშუქებულია საქართველოს კლიმატისა და მისი ცვალებადობის ცალკეული საკითხები.

2.9.2. საქართველოს პირველი, მეორე და მესამე ეროვნული შეტყობინებები გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩოკონვენციისათვის

საქართველოს კლიმატზე 1970-იანი წლებიდან დაწყებული გლობალური დათბობის ზემოქმედების პირველი მასშტაბური შეფასება მოცემულია გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე საქართველოს პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში (1999).

მიღებული შედეგების თანახმად, 1906–1995 წწ. პერიოდში დასავლეთ საქართველოს უმეტეს რეგიონებში ადგილი ჰქონდა საშუალო წლიური ტემპერატურის დაკლებას 0,1–0,3⁰C ფარგლებში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში მის მატებას 0,5–0,7⁰C შუალედში (ნახ. 2.9.1). რაც შეეხება ატმოსფერულ ნალექებს, 1937–1990 წწ. პერიოდში საქართველოს თითქმის მთელ ტერიტორიაზე აღინიშნა ნალექთა წლიური ჯამების შემცირება 5–10% ინტერვალში (ნახ. 2.9.2).

2006–2009 წწ. პერიოდში საქართველოში მომზადდა მეორე ეროვნული შეტყობინება, რომელშიც ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატის ცვლილება დეტალურად განხილულ იქნა საქართველოს სამ შერჩეულ რეგიონში—შავი ზღვის სანაპირო ზონაში, ქვემო სვანეთსა და დედოფლისწყაროს რაიონში. განსხვავებით პირველი ეროვნული შეტყობინებისაგან, მეორე შეტყობინების ფარგლებში დიდი ბრიტანეთის ჰაღღის კვლევით ცენტრში, დამუშავებული კლიმატის რეგიონური მოდელების გამოყენებით, საქართველოს ცალკეული რეგიონისათვის ჩატარდა 2100 წლამდე კლიმატის ცვლილების პროგნოზი, შერჩეული

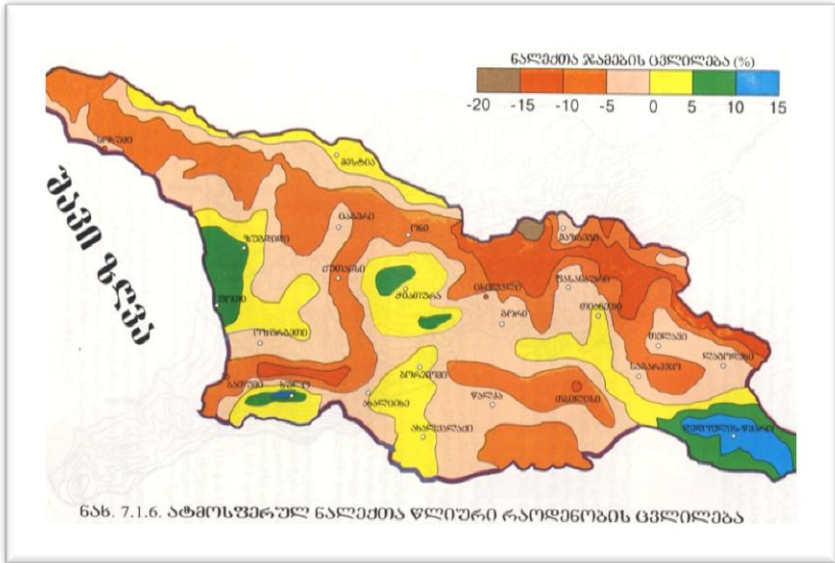
რეგიონისათვის შეფასდა კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყველადობა და კონკრეტული საპროექტო წინადადებების სახით შემუშავდა შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებები. ქვეყნის ენერგეტიკის სექტორისთვის დამუშავდა კლიმატის ცვლილების შემარბილებელი პოლიტიკა და ღონისძიებები, რომლებიც ძირითადად ითვალისწინებს განახლებადი ენერგორესურსების ათვისებას.



ნახ. 2.9.1. საშუალო წლიური ტემპერატურის ცვლილება საქართველოში 1906–1995 წწ. პერიოდში [18]

აღნიშნულმა სამუშაოებმა თავისი გავრძელება პოვა საქართველოს მესამე ეროვნულ შეტყობინებაში, რომელიც მომზადდა 2012-2015 წწ პერიოდში. ამ ნაშრომში დეტალურად იქნა შესწავლილი კლიმატის ცვლილების თავისებურებანი აჭარის, ზემო სვანეთისა და მთლიანად

⁸ საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე. თბ., 1999, გვ. 75



ნახ. 2.9.2. ნალექთა წლიური ჯამების ცვლილება 1937–1963 და 1964–1990 წწ. პერიოდებს შორის ([8])

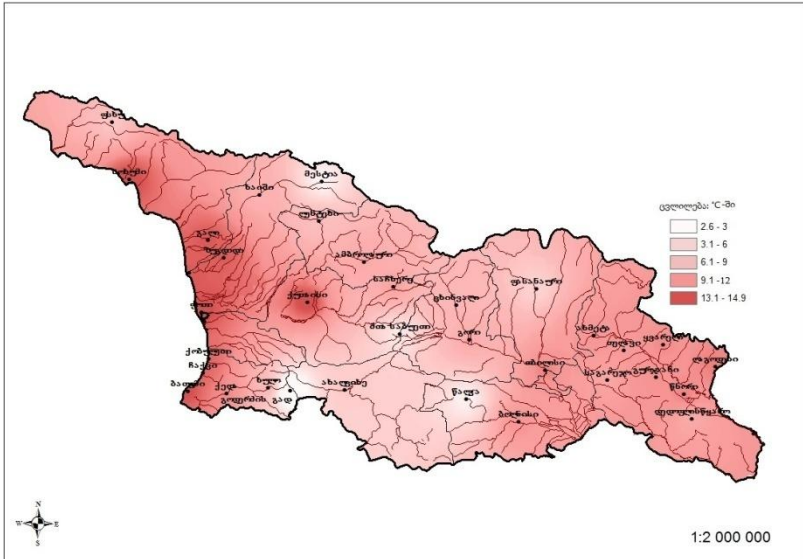
კახეთის რეგიონისათვის. ამ თავისებურებათა გათვალისწინებით შემუშავდა 30-მდე საპროექტო წინადადება, რომელიც მიმართულია მდინარეთა მიერ ნაპირების ეროზიასთან, სავარგულების დეგრადაციასთან და გაუდაბნობასთან საბრძოლველად.

2012-2015 წლებში მესამე ეროვნული შეტყობინების ფარგლებში საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის ცვლილების მიმდინარე სურათი დაზუსტდა 1986-2010 წწ. მონაცემებით, რომელთა შედეგად მიღებულ იქნა ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე კლიმატის ცვლილების შედარებით სრული სურათი (ნახ. 2.9.3 და 2.9.5.)

1990-2010 წწ. პერიოდის კლიმატური მონაცემების დამატებამ გარკვეული ცვლილებები შეიტანა

⁸ საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე. თბ., 1999, გვ. 78

საქართველოს ტერიტორიაზე ბოლო 50 წლის მანძილზე კლიმატის ცვლილებაში. კერძოდ, საშუალო წლიური ტემპერატურა მიმდინარე 50 წლის განმავლობაში (1961-2010 წწ.) საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე მხოლოდ მატების ტენდენციას ავლენდა. 1961-1985 წწ. და 1986-2010 წწ. პერიოდებს შორის ტემპერატურამ ყველაზე მეტად დედოფლისწყაროს ტერიტორიაზე მოიმატა (0.7°C). ამ პერიოდში მაქსიმალურმა ნახრდმა დასავლეთ საქართველოში 0.6°C შეადგინა (ფოთი). დათბობის შედარებით ნაკლები, მაგრამ მნიშვნელოვანი ტენდენცია გამოვლინდა მცხეთა-თიანეთსა და კახეთში (ნახ. 2.9.3).

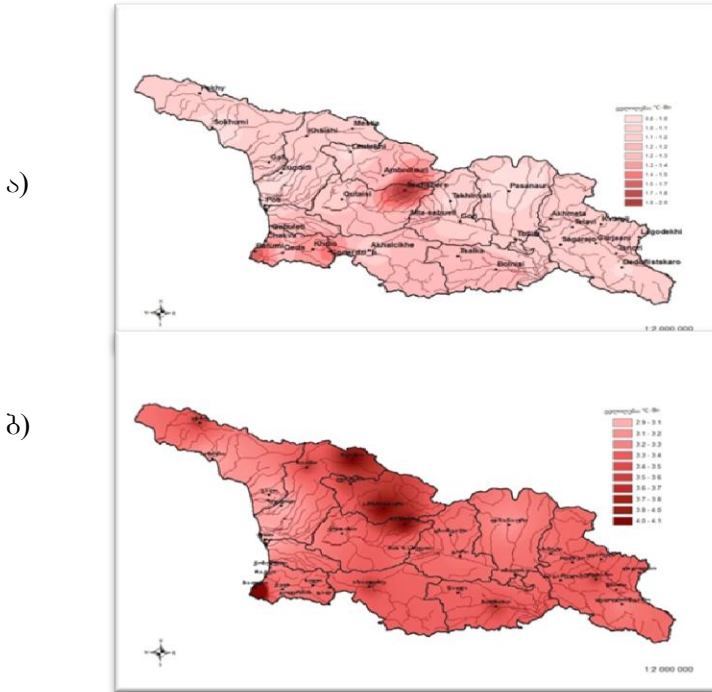


ნახ. 2.9.3. ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობების ცვლილება 1961-1985წწ. და 1986-2010 წწ. პერიოდებს შორის (I25)

²⁵ კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. თბ., 2015 გვ. 122-124

მიუხედავად იმისა, რომ დაკვირვების ორ პერიოდს შორის უფრო ინტენსიური დათბობა აღმოსავლეთ საქართველოში მიმდინარეობდა, დასავლეთ საქართველოში საშუალო წლიური ტემპერატურა ისევ უფრო მაღალი დარჩა, ვიდრე აღმოსავლეთში.

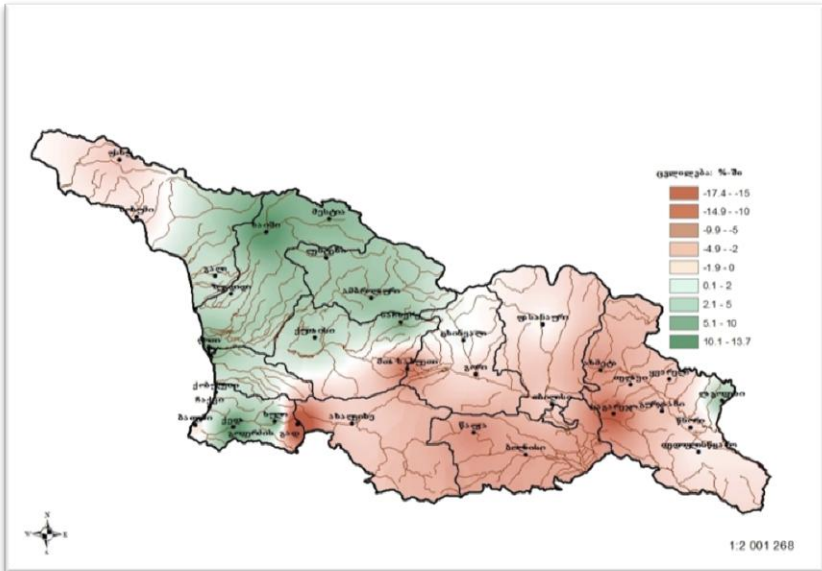
ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის პროგნოზირებული ცვლილების რუკები 2050 და 2100 წლამდე მოცემულია ნახ. 2.9.4.



ნახ. 2.9.4. ტემპერატურის საშუალო წლიური მნიშვნელობების ცვლილება ა) 1986-2010 წწ. 2021-2050 წწ. და ბ) 1986-2010 წწ. – 2071-2100 წწ. პერიოდებს შორის [(25)]

²⁵ კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. თბ., 2015 გვ. 122-123

რაც შეეხება ატმოსფერულ ნალექებს, ბოლო ნახევარი საუკუნის მანძილზე, მათ ცვლილებაში თითქმის იგივე ტენდენცია გამოვლინდა, რაც აღნიშნული იყო პირველ ეროვნულ შეტყობინებაში: ნალექების წლიურმა ჯამმა ორ პერიდს შორის (1986-2010 წწ. და 1961-1985 წწ.) ყველაზე მეტად სვანეთის დაბალმთიანზონებსა და აჭარის მთიანეთში მოიმატა (14%-მდე). საგრძნობლად მოიმატა აგრეთვე ფოთსა და იმერეთის მთიანეთში (10%-მდე). ზოგადად დასავლეთ საქართველოში, რამდენიმე გამონაკლისის გარდა ნალექებმა მოიმატა, აღმოსავლეთში კი დაიკლო (ნახ. 2.9.5). ნალექების ზრდის მდგრადი ტრენდები ძირითადად



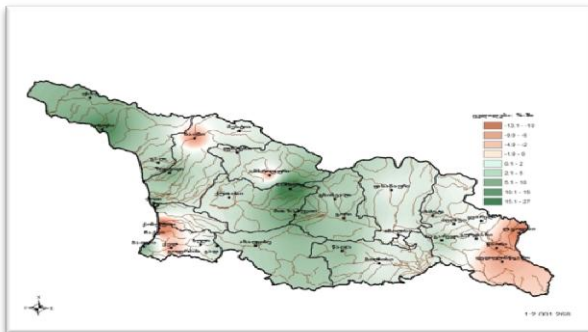
ნახ. 2.9.5. ნალექთა წლიური ჯამების ცვლილება 1961-1985 წწ. და 1986-2010 წწ. პერიოდებს შორის ([25])

²⁵ კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. თბ., 2015, გვ. 123-124

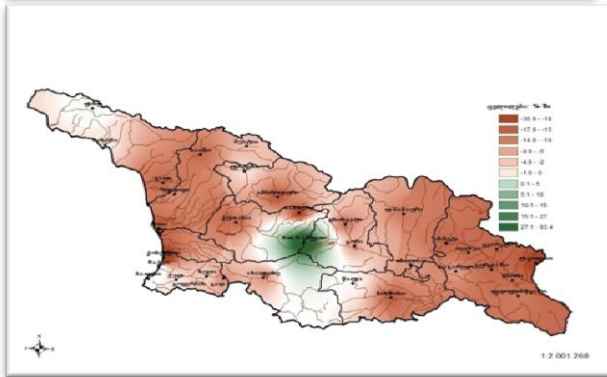
ფიქსირდება დასავლეთ საქართველოში, განსაკუთრებით კი მის მთიან ზონებში.

რაც შეეხება კლიმატის ცვლილების პროგნოზებს 2050 წლამდე გამოთვლებით მიღებულ იქნა საქართველოს უმეტეს რეგიონებში ტემპერატურის მატება 1,5 °C-მდე და ნალექების მომატება 5%-მდე, ხოლო 2100 წლამდე ტემპერატურის მატება 3-4°C-მდე ნალექების შემცირებით 10%-მდე ნახ. 2.9.6.

ა)



ბ)



ნახ. 2.9.6. ნალექთა წლიური ჯამების ცვლილება ა) 1986-2010 წწ.- 2021-2050 წწ. და ბ) 1986-2010 წწ. – 2071-2100 წწ. პერიოდებს შორის [(25)]

²⁵კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება. თბ., 2015, გვ. 124-125

იმის გათვალისწინებით, რომ IPCC ბოლო გამოთვლების თანახმად გლობალური კლიმატური სისტემის მდგრადობის შენარჩუნება შესაძლებელი იქნება გლობალური ტემპერატურის მხოლოდ 2°C –მდე მატების შენარჩუნების შემთხვევაში, ამჟამად კლიმატის ცვლილების კონვენცია ფართომასშტაბურ სამუშაოებს აწარმოებს დიდი ქალაქების ტერიტორიიდან 2020 წლამდე სათბურის გაზების ემისიის სულ მცირე 20%-ით შესამცირებლად (ე.წ. „მერების შეთანხმება“).

2.9.3. საქართველოში კლიმატის ცვლილების პროგნოზი 2100 წლამდე

საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინების მომზადებისას (1997–1999) ჰადლეის ცენტრში ჯერ არ იყო დამუშავებული 2100 წლამდე კლიმატის ცვლილების რეგიონული მოდელები. ამიტომ ამ შეტყობინებაში სხვადასხვა სისტემის (სოფლის მეურნეობა, წყლის რესურსები, ბუნებრივი ეკოსისტემები) სამომავლო მოწყვლადობის შესაფასებლად ხსენებულ ცენტრში 2050 წლისთვის დამუშავებული ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილების გლობალური რუკიდან აღებულ იქნა კავკასიის რეგიონისათვის მიღებული დათბობის საშუალო წლიური მნიშვნელობა $1,5^{\circ}\text{C}$. შესაბამისად, ამ პერიოდში ყველა შეფასებაში პროგნოზირებული ტემპერატურის ნამატისათვის საშუალოდ, აღებული იყო $1-2^{\circ}\text{C}$.

მეორე ეროვნული შეტყობინების მომზადების დროისთვის ჰადლეის ცენტრში, როგორც მსოფლიოში კლიმატის ცვლილების კვლევის ერთ-ერთ წამყვან ორგანიზაციაში, რომელიც სამეცნიერო ხელმძღვანელობას უწევს სხვადასხვა ქვეყანაში წარმოებულ სამუშაოებს, უკვე დამუშავდა კლიმატის რამდენიმე ათეული რეგიონული მოდელი, რომლებიც შესაძლებლობას იძლევა 2100 წლამდე სხვადასხვა

სიზუსტით პროგნოზირებულ იქნეს ჰაერის ტემპერატურის, ნალექთა ჯამების, ფარდობითი სინოტივისა და ქარის სიჩქარის მოსალოდნელი ცვლილება როგორც წლიური საშუალოსათვის, ისე სეზონის მიხედვით.

მოდელის გარჩევის უნარიანობა იცვლება 600-დან 25 კმ-მდე. მეორე ეროვნული შეტყობინების მომზადების პროცესში PRECIS და MAGICC/SCENGEN პროგრამული პაკეტის 17 მოდელის გამოყენებით ესაა A2 სცენარისთვის ჩატარებული გამოთვლების გასაშუალოებით საქართველოს ორი ძირითადი კლიმატური ოლქისათვის მიღებულ იქნა ცხრილში მოცემული საპროგნოზო მონაცემები (ცხრ. 2.9.1).

ამ ცხრილიდან ჩანს, რომ საქართველოს ორივე რეგიონში საშუალო წლიური ტემპერატურის 3–4°C-ით მატებას თან სდევს ნალექების დაახლოებით 10%-იანი კლება. პროცესები განსაკუთრებით მწვავე ხასიათს იღებს ზაფხულში, როდესაც ტემპერატურის ნაზარდისა და ნალექების კლების ტენდენციაც გაცილებით მეტია, ვიდრე სხვა სეზონში. ტემპერატურის აღნიშნული სიდიდით მომატება დასავლეთ საქართველოს დაბლობი რაიონების კლიმატს გადაიყვანს ხმელთაშუა ზღვის აუზისთვის დამახასიათებელ სუბტროპიკულ კლიმატში 18–19°C საშუალო წლიური ტემპერატურით, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკეების კლიმატს – წინა აზიისთვის დამახასიათებელ მშრალი სუბტროპიკების კლიმატში 15–17°C საშუალო წლიური ტემპერატურით. აქვე აღსანიშნავია, რომ მოყვანილი შედეგები მიღებულია გლობალური სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების ყველაზე „პესიმისტური“ ანუ კაცობრიობისთვის ყველაზე არასახარბიელო A2 სცენარისთვის. გაცილებით ოპტიმისტური შედეგები მიიღება B1 სცენარისთვის, რომლის მიხედვით 2100 წლისთვის გათვლილი ტემპერატურის მოსალოდნელი ნაზარდები მსოფლიოს სხვადასხვა რეგიონში 2-ჯერ ნაკლებია A2 სცენარის შესაბამის მნიშვნელობებზე.

ცხრილი 2.9.1. კლიმატის რეგიონული მოდელების გამოყენებით 2100 წლისთვის პროგნოზირებული ტემპერატურისა და ნალექების სცენარები დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში

დასავლეთ საქართველო

გაზაფხუ- ლი		ზაფხული		შემოდგო- მა		ზამთარი		წლიური	
კლიმატური ელემენტი									
T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)
საბაზისო პერიოდი									
7.9	281	18.5	348	9.7	391	-2.3	377	9.1	1197
სხვაობა (%)									
4.8	-40	5.6	-88	3.4	-53	3.6	104	3.5	-70(-6)
2100 წ.									
12.5	241	24.1	280	13.1	338	1.3	481	12.6	1127

აღმოსავლეთ საქართველო

გაზაფხუ- ლი		ზაფხული		შემოდგო- მა		ზამთარი		წლიური	
კლიმატური ელემენტი									
T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)	T (°C)	Q (მმ)
საბაზისო პერიოდი									
9.3	158	20.5	170	11.6	126	1.0	85	11.3	570
სხვაობა (%)									
4.6	-65	5.9	-72	4.1	-45	4.5	-29	4.1	-83 (-14)
2100 წ.									
13.9	93	26.4	98	15.7	81	5.5	56	15.4	487

საგულისხმოა, რომ კლიმატის ცვლილების დარგში მიმდინარე კვლევების მასშტაბის გათვალისწინებით, ახალი მოდელების შექმნის შედეგად მოხდება ზემოთ მოყვანილი შედეგების დაზუსტება, რაც მეტ გარკვეულობას შეიტანს 2100 წლამდე საქართველოს ეკონომიკისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების მოწყვლადობის შეფასებაში.

2.9.4. კლიმატის ცვლილება შერჩეულ საპილოტო რეგიონებში

მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში შერჩეული სამი ე.წ. „პრიორიტეტული“ რეგიონისთვის დამახასიათებელ მეტეოსადგურებზე განხილულ იქნა კლიმატური ელემენტების ცვლილება 1955–2005 წწ. პერიოდში დროის ორ თანაბარ შუალედში საშუალოების შედარების გზით. მიღებული შედეგები მოყვანილია 2.9.2 ცხრილში.

ცხრილში მოყვანილი მონაცემებიდან ჩანს, რომ გასულ საუკუნეში 90-იან წლებამდე დასავლეთ საქართველოში დაფიქსირებული მცირე აგრილება 1990-იანი წლებიდან, გლობალური დათბობის ზეგავლენით, შეიცვალა სუსტი დათბობით, რომელიც ყველაზე უმნიშვნელო აღმოჩნდა ზღვის სანაპირო ზონაში (ფოთი), ხოლო შედარებით შესამჩნევი – კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე (ლენტეხი). არსებითი დათბობა გამოვლინდა აღმოსავლეთ საქართველოს აღმოსავლეთ ნაწილში (დედოფლისწყარო). დათბობასთან ერთად სამივე რეგიონში გაიზარდა ნალექთა წლიური ჯამებიც. დასავლეთ საქართველოში საგრძნობლად მოიმატა აგრეთვე ღამის მინიმალურმა ტემპერატურამ.

დასავლეთ საქართველოში ნალექთა ზრდის კვალობაზე შესამჩნევად გაიზარდა მდინარეთა ჩამონადენიც (ცხრ. 2.9.3).

ცხრილი 2.9.2. კლიმატური ელემენტების ცვლილება პრიორიტეტულ რეგიონებში, 1955–2005 წწ.

ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურების საშუალოები პერიოდების მიხედვით			ნალექთა წლიური ჯამების საშუალოები პერიოდების მიხედვით (მმ)				ტემპერატურის აბსოლუტური მინიმუმების საშუალო			ტემპერატურის აბსოლუტური მაქსიმუმების საშუალო			პოკ
I	II	II-I	I	II	II-I	II-I (%)	I	II	II-I	I	II	II-I (%)	II-I (%)
შავი ზღვის სანაპირო ზონა (ფოთი)													
14.4	14.6	0.2	1837	2078	241	13	-13.0	-10.0	3.0	33.8	35.4	1.6	+0.6 (20%)
ქვემო სვანეთი (ლენტეხი)													
9.6	10.0	0.4	1256	1360	104	8	-14.5	-13.8	0.7	34.7	35.2	0.5	+0.6 (28%)
დედოფლისწყაროს რაიონი (დედოფლისწყარო)													
10.6	11.2	0.6	586	622	36	6	-11.5	-11.5	0.0	32.7	35.8	2.1	-0.2 (-15%)

პერიოდების აღნიშვნები: I - (1955-1970); II – (1990-2005)

ცხრილი 2.9.3. ძირითადი მდინარეების ჩამონადენის ცვლილება შერჩეულ რეგიონებში 1955-2005 წწ.

რეგიონის დასახელება	ძირითადი მდინარე (ჰიდროლოგიური საგუშაგო)	საშუალო წლიური ჩამონადენი გასაშუალოებული შესაბამის პერიოდში (მ ³ /წმ)		ცვლილება, მ ³ /წმ (%)
		I	II	
შავი ზღვის სანაპირო ზონა	რიონი (ზემო ჭალა-დიდი/საქოჩაკიძე)	410	513	100 (25)
ქვემო სვანეთი	ცხენისწყალი (რცხმელური)	61	87	26 (43)
დედოფლის-წყაროს რაიონი	ალაზანი (მდ. აგრიჩაის შესართავიდან 2 კმ დაბლა)	106.8	111.4	4.6 (4)

მდ. რიონის ჩამონადენის მატებამ მნიშვნელოვანი წვლილი შეიტანა კლიმატის ცვლილების მიმართ რიონის დელტის მოწყვლადობის გაზრდაში. მდინარე განსაკუთრებულ საფრთხეს ფოთს უქმნის, რადგან იგი ქალაქზე 1,5–2,0 მ-ით მაღლა მიედინება და ზღვის დონის თანდათანობითი აწევა, ყოველი შტორმული მოდენის დროს, შესაბამისად ზრდის ფოთის ცალკეული რაიონების დატბორვის საშიშროებას. კოლხეთის დაბლობის დასავლეთი ნაწილის ყოველწლიურად 5 მმ-ით ტექტონიკური დაწვევის შედეგად 1925 წლიდან წყლის დონემ რიონის დელტაში სანაპიროსთან შედარებით 0,7 მ-ით აიწია. იმის გათვალისწინებით, რომ ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში შტორმების სიხშირე ფოთში 50–60%-ით გაიზარდა, კლიმატის მიმდინარე ცვლილება

საკმაოდ დიდ საფრთხეს უქმნის საქართველოს ამ მთავარ ნავსადგურს. ეს კი მოითხოვს სათანადო საადაპტაციო ღონისძიებების (ნაპირდამცავი საინჟინრო ნაგებობების შექმნა, ნაპირების ხელოვნური გაძლიერება შემოტანილი ინერტული მასალებით, მდ. რიონის ჩამონადენის გადამანაწილებელი არხის გამტარუნარიანობის გაზრდა, საფრთხეთა მონიტორინგისა და წინასწარი გაფრთხილების სისტემების შექმნა და სხვ.) დროულ განხორციელებას.

შავი ზღვის სანაპირო ზონის მეორე მოწვევად რაიონში (ბათუმი-ადლიას სექტორში) ზღვის დონის აწვევისა და ხმელეთის უმნიშვნელო დაწვევის შედეგად გასულ საუკუნეში ზღვამ სანაპირო ზოლის მიმართ 15–20 სმ-ით აიწია, რის გამოც ნაპირის ხაზმა ადლიაში 250 მეტრით გადაიწია ხმელეთისაკენ და საფრთხე შეუქმნა ბათუმის აეროპორტის ასაფრენ ბილიკს. მყარი ნატანით კვების შეწყვეტის გამო, ზღვის მიერ ხმელეთის მიტაცება არსებითად გაიზარდა მდ. ჭოროხის დელტაში. ზღვის დონის აწვევა უარყოფით გავლენას ახდენს სოხუმის სანაპირო ზოლში ციტრუსოვანთა პლანტაციებზე, აგრეთვე ქალაქის კომუნალური სექტორის ფუნქციონირებაზე, თუმცა ბოლო 20 წლის განმავლობაში მონაცემები ამ პროცესების შესახებ უცნობია.

ქვემო სვანეთში განვლილი ნახევარი საუკუნის მანძილზე უხვი ნალექების გახშირებამ და მდ. ცხენისწყლის ჩამონადენის მნიშვნელოვანმა ზრდამ გამოიწვია მდინარეთა ნაპირების ეროზიის გაძლიერება და დამეწყრილი ტერიტორიების ფართობის არსებითი მატება. ამ პროცესებს თან მოჰყვა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულების დაკარგვა, ტყეების ცალკეული უბნების განადგურება, გზების, ხიდებისა და სხვა კომუნიკაციების ნგრევა, რამაც ბოლო 20 წლის მანძილზე რეგიონის ბევრ სოფელში გაუსაძლისი პირობები შექმნა. შედეგად რეგიონის მოსახლეობა 1980 წელთან შედარებით 40%-ით შემცირდა, გაუარესდა დარჩენილი მოსახლეობის ჯანდაცვის პირობები. კლიმატის ცვლილების უარყოფით

შედევებთან საბრძოლველად ქვემო სვანეთში აუცილებელია მდინარეთა ნაპირსამაგრი სამუშაოების მასშტაბური ჩატარება, გზების, ხიდებისა და ინფრასტრუქტურის სხვა ელემენტების მოწესრიგება, მეწყერსაშიში უბნების ხელოვნური გამაგრება შერჩეული მცენარეების, მაგ., თხილის პლანტაციების გაშენებით.

დედოფლისწყაროს რაიონი, შავი ზღვის სანაპირო ზოლთან ერთად, კლიმატის მიმდინარე ცვლილების მიმართ ყველაზე მოწყვლადი რეგიონი აღმოჩნდა. ეს განაპირობა ბუნებრივი და ანთროპოგენული ფაქტორების ერთდროულმა მოქმედებამ. ბუნებრივი ფაქტორებიდან აღსანიშნავია ჰაერის ტემპერატურის საგრძნობი მატება, გვალვისა და ძლიერი ქარის გახშირება, მიწის ნაყოფიერების შემცირება. ანთროპოგენულ ფაქტორებს მიეკუთვნება 1990-იან წლებში ქარსაცავი ზოლების გაჩეხვა, სარწყავი სისტემების თითქმის სრული განადგურება, მიწის ფონდის არასწორი მენეჯმენტი და საქონლის გადასარეკი ტრასების გასწვრივ საძოვრების დეგრადაცია, გადაჭარბებული ძოვების შედეგად. ყოველივე ამის შედეგად რაიონში მნიშვნელოვნად დაეცა ნიადაგის ნაყოფიერება, 2-3-ჯერ შემცირდა კულტურების მოსავლიანობა, მიტოვებული აღმოჩნდა სახნავ-სათესი მიწების 15%.

კლიმატის ცვლილების შედეგებთან გასამკლავებლად დედოფლისწყაროს რაიონში საჭიროა მთელი რიგი საადაპტაციო ღონისძიებების ჩატარება. მათ შორის უმთავრესია:

- ქარსაფარი ზოლების აღდგენა და გაფართოება. ამ ზოლების გაშენება რაიონში დაიწყო 1930-იან წლებში და 1980-იან წლებში მათი საერთო ფართობი 1700 ჰა-ს აღემატებოდა;
- სარწყავი სისტემების აღდგენა და მოდერნიზაცია. 1990 წლისთვის რაიონის ტერიტორიაზე მოქმედებდა 5 სარწყავი სისტემა, რომელიც უზრუნველყოფდა 16200 ჰა ფართობის მორწყვას. მოწინავე ტექნოლოგიების დანერგვის მიზნით მიზანშეწონილია სარწყავი

სისტემების რეაბილიტაციისთვის მზის ენერჯის გამოყენება, რომლის რესურსები ამ რეგიონში მეტად მდიდარია. მზის ენერჯიაზე მომუშავე რამდენიმე ელექტროსადგურს შესაძლებლობა აქვს ელექტრო-ენერჯით უზრუნველყოს სატუმბო სადგურები შირაქისა და ტარიბანას ველებზე წყლის ამოსაქაჩად მდ. ალაზნიდან და დაღის წყალსაცავიდან. ზედაპირული რწყვის ნაცვლად რაიონში მომავალში დასანერგი იქნება წვეთოვანი რწყვის სისტემები.

- ენერგეტიკული ტყის კორომების გაშენება ქარსაფარი ზოლების უკანონო ჭრისგან დასაცავად.

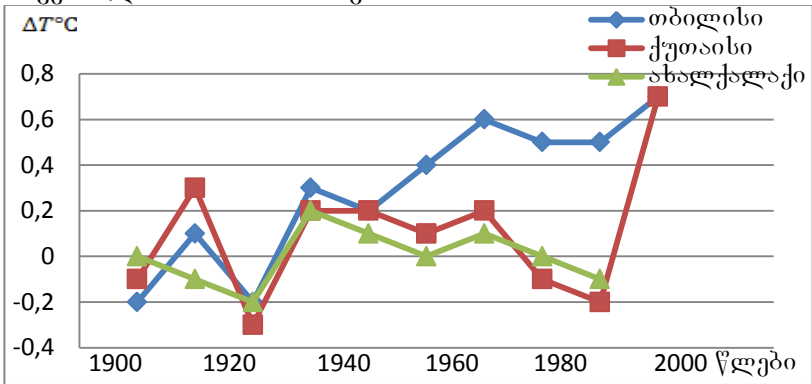
მესამე ეროვნულ შეტყობინებაში პრიორიტეტულ რეგიონად შერჩეული იქნა აჭარა. აღმოჩნდა, რომ გავლილი ნახევარი საუკუნის მანძილზე აჭარის სანაპირო ზონაში საშუალო წლიური ტემპერატურა და ნალექები პრაქტიკულად არ შეცვლილა, მთიან ზონაში ტემპერატურა 0.5°C -მდე გაიზარდა და ნალექებმაც იმატა 11-16 %-ის ფარგლებში, ხოლო მაღალმთიან (ალპურ) ზონაში ტემპერატურის უმნიშვნელო ზრდის ფონზე ($+0,2^{\circ}\text{C}$) ნალექებმა საგრძნობლად დაიკლო (-15%).

2.9.5. კლიმატური ელემენტების ცვლილება კლიმატური ოლქების საკვანძო მეტეოსადგურებზე

1991 წლის შემდეგ საქართველოში მეტეოროლოგიური დაკვირვებები გრძელდებოდა სადგურების მხოლოდ მცირე ნაწილზე. ამიტომ 2006 წლისათვის ქვეყნის მთელ ტერიტორიაზე კლიმატური ელემენტების ცვლილების შესაფასებლად საჭირო სადამკვირვებლო მონაცემები არ არსებობდა. მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში ეს პრობლემა ნაწილობრივ დაძლეულ იქნა სამ შერჩეულ რეგიონში 3 მახასიათებელი მეტეოსადგურის მონაცემთა გამოყენებით. ამ შეტყობინების შესრულების შემდეგ, გლობალური დათბობის შედეგად, აღნიშნულ პერიოდში საქართველოს კლიმატში მომხდარი ცვლილებების უფრო

სრული სახით შესაფასებლად, დამატებით განხილულ იქნა გასული საუკუნის მანძილზე კლიმატური ელემენტების ცვალებადობა კიდევ 3 სადგურზე (ქუთაისი, თბილისი, ახალქალაქი), რომლებიც საქართველოს სამი კლიმატური ოლქის (დასავლეთ საქართველო, აღმოსავლეთ საქართველო და სამხრეთ საქართველო) ცენტრალურ სადგურებს წარმოადგენს. 1951–1965 წლებში ქვეყნის ტერიტორიაზე მოქმედი 36 მეტეოსადგურის სინქრონული დაკვირვების მასალის ანალიზის შედეგად დადგენილ იქნა, რომ აღნიშნული 3 ცენტრალური სადგურისთვის მიღებული შედეგები 1,1–1,6⁰C სიზუსტით შეიძლება გავრცელდეს საქართველოს ტერიტორიის დაახლოებით 40%-ზე, რომელზეც ცხოვრობს ქვეყნის მოსახლეობის თითქმის 90%.

ბოლო 100 წლის მანძილზე ჰაერის ტემპერატურის ცვალებადობა სამივე ცენტრალურ სადგურზე მოყვანილია 2.9.7 ნახაზზე.



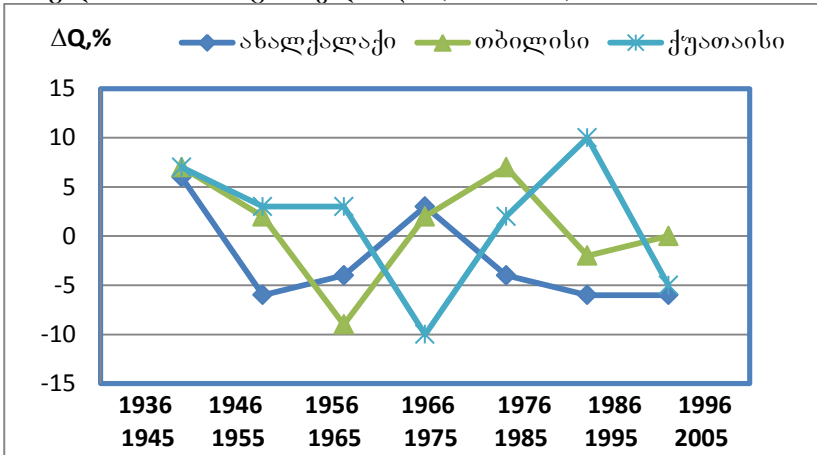
ნახ. 2.9.7. ტემპერატურის 10-წლიანი საშუალოების გადახრები კლიმატური ოლქების საკვანძო სადგურებზე 1906-2005 წწ. პერიოდში 1901-1950 წწ. საშუალოსთან მიმართებით ([26])

²⁶ ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ჩოგოვაძე ი., გლობალურ დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება. პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბ., 2010, გვ. 61.

ამ ნახაზიდან აშკარად ჩანს 1930-იანი წლებიდან ტემპერატურის მატების ტენდენცია თბილისში, ხოლო დანარჩენ 2 სადგურზე მისი უმნიშვნელო შემცირება, რაც ქუთაისში 1990-იანი წლებიდან მკვეთრი დათბობით შეიცვალა.

თბილისსა და ქუთაისში აღნიშნულ პერიოდში საშუალო წლიური ტემპერატურის ნაზარდმა 2005 წლისთვის 1,0⁰C შეადგინა.

წინა საუკუნის 30-იანი წლებიდან ცენტრალურ სადგურებზე ნალექთა ცვალებადობის გაცილებით უფრო რთული ხასიათი გამოვლინდა (ნახ. 2.9.8).



ნახ. 2.9.8. ნალექთა ჯამების 10-წლიანი საშუალოების გადახრები ცენტრალურ სადგურებზე 1936-2005 წწ. პერიოდში 1961-1990 წწ. საშუალოსთან მიმართებით ([26])

განხილული პერიოდის ორ 30-წლიან ქვეპერიოდად დაყოფის შედეგად დადგენილ იქნა, რომ ბოლო ქვეპერიოდში პირველთან შედარებით თბილისში ნალექებმა მოიმატა 5%-ით, ხოლო ქუთაისსა და ახალქალაქში,

²⁶ ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ჩოგოვაძე ი., გლობალურ დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება. პიღრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბ., 2010, გვ. 79.

შესაბამისად, დაიკლო 6 და 12%-ით. 2.9.7 და 2.9.8 ნახაზებზე მოყვანილი გადახრების ტემპერატურისა და ნალექთა ჯამების საშუალო წლიურ მნიშვნელობებში გადასაყვანად, ცხრილში 2.9.4 სამივე საკვანძო სადგურისთვის ნაჩვენებია შესაბამისი საბაზისო პერიოდების საშუალო მნიშვნელობები.

ცხრილი 2.9.4. ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურისა და ნალექთა წლიური ჯამების საშუალო მნიშვნელობები შესაბამის საბაზისო პერიოდებში

სადგური	საბაზისო პერიოდი	საშ. წლიური ტემპერატურა T, °C	ნალექთა წლიური ჯამი Q, მმ
თბილისი	1901-1950	12.7	500
	1951-1990	13.3	
ქუთაისი	1901-1950	14.7	1426
	1951-1990	14.7	
ახალქალაქი	1901-1950	5.0	553
	1951-1990	5.0	

რაც შეეხება ძლიერი ქარების რეჟიმის ცვალებადობას, 1940-იანი წლების დასასრულიდან თბილისში ქარის საშუალო მაქსიმალური სიჩქარე შემცირდა 7–10 მ/წმ-ით, ხოლო 1970-იანი წლებიდან ქუთაისში – 4 მ/წმ-ით.

2.10. საქართველოს ეკონომიკისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის შეფასება

2.10.1. სისტემის მოწყვლადობა და ადაპტაციის უნარი

ბუნებაში არსებული ყველა ფიზიკური თუ ბიოლოგიური სისტემა გარკვეულ წონასწორობაში იმყოფება თავის გარემოსა და, კერძოდ, კლიმატურ პირობებთან. წონასწორობის დარღვევისას სისტემა ტრანსფორმირდება შეცვლილ გარემოსთან შესაგუებლად ან წყვეტს არსებობას. გარემოსთან წონასწორობის საზომი სისტემის მოწყვლადობაა, რომელიც წარმოადგენს სისტემაზე კლიმატის ცვლილების უარყოფითი შედეგების, მათ შორის კლიმატის ცვალებადობისა და ექსტრემალური მოვლენების ზემოქმედების და მათთან გამკლავების შესაძლებლობის ხარისხს. იგი არის სისტემაზე მოქმედი კლიმატის ცვლილების ხასიათის, სიდიდისა და სიჩქარის, ამ სისტემის მგრძობიარობისა და ადაპტაციის ერთობლივი ფუნქცია. ადაპტაციაში იგულისხმება სისტემის შესაძლებლობა, შეეგუოს კლიმატის ცვლილებას, იმისათვის, რომ შეამსუბუქოს პოტენციური ზიანი, გამოიყენოს არსებულ შესაძლებლობათა უპირატესობა ან გაუმკლავდეს მის შედეგებს.

მაგალითის სახით შეიძლება განვიხილოთ კლიმატის ცვლილების მიმართ ტყეების მოწყვლადობის საკითხი. ამჟამად მიმდინარე კლიმატის ცვლილების პირობებში, რომელმაც ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში საქართველოს ტერიტორიაზე გამოიწვია ჰაერის საშუალო წლიური ტემპერატურის მომატება 0.2-0.6 °C-ით, ბუნებრივი ადაპტაციის უნარის წყალობით ჩვენში ტყეები ჯერჯერობით ინარჩუნებენ საუკუნეების მანძილზე ჩამოყალიბებულ ვერტიკალურ ზონალობას (თუ არ ჩავთვლით ძლიერი ანთროპოგენული ზემოქმედების გავლენას). ტემპერატურის ცვლილების

აღნიშნული დიაპაზონი ამჟამად ბუნებრივი ვარიაციის ფარგლებში იმყოფება. მიმდინარე საუკუნის ბოლოსთვის ტემპერატურის 3-4 °C-ით პროგნოზირებული მატების პირობებში საქართველოს ტყეებში მოსალოდნელია საგრძნობი ჯიშობრივი ტრანსფორმაცია, რაც გამოიწვევს მათი მოწყვლადობის ზრდას – ტემპერატურის ზრდისა და ნალექთა შემცირების გამო დაიწყება ნაკლებად რეზისტენტული ჯიშების დაკნინება და გადაშენება, მათი ჩანაცვლება სხვა, ახალ პირობებთან უფრო შეგუებული ჯიშებით. ამ შემთხვევაში ტყეების მოწყვლადობის შესამცირებლად და მათი ადაპტაციის უნარის გასაზრდელად, საჭირო იქნება ტყეების მენეჯმენტის დარგში გარკვეული ზომების მიღება – ტყეების სანიტარული მდგომარეობის გაუმჯობესება (გაწმენდა ზეხმელი და ლპობადი ხეებისაგან), შესაფერისი ჯიშის ახალი ხეების დარგვა და მათი მოვლა, ე.წ. „დერეფნების“ მოწყობა არსებული ჯიშების დათბობის კვალობაზე ვერტიკალური გავრცელების უზრუნველსაყოფად და სხვა, მეტად ძვირად ღირებული ღონისძიებების ჩატარება.

იმის გათვალისწინებით, რომ გარემო პირობების შეცვლისას ტყეების, როგორც რთული ბიოლოგიური სისტემის რეაგირების დრო შეიძლება იცვლებოდეს თვეებიდან საუკუნეებამდე, ამ ღონისძიებათა ჩატარების დრო, შესაბამისად, უნდა იცვლებოდეს ფართო დიაპაზონში. კერძოდ, საქართველოს პირობებში ჰაერის ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე, თანამედროვე შეფასებების თანახმად, შეადგენს დაახლოებით +0,4°C/10 წ, და - 8 მმ/10წ, რასაც შეესაბამება კონკრეტული იზოთერმის საშუალო წლიური მნიშვნელობის აწევა 100 მ-ით ყოველ 15 წელიწადში. ტემპერატურის მოსალოდნელი ცვლილების ასეთი დიდი სიჩქარე მაღალ მოთხოვნებს უყენებს ტყეებში საადაპტაციო ღონისძიებების ჩატარების ოპერატიულობას. უსისტემო ჭრა და ტყეების მოუვლელობა ზრდის მათ მოწყვლადობის ხარისხს.

კიდევ ერთ მაგალითად შეიძლება დასახედდეს საძოვრები, რომლებიც ფაქტობრივად ბუნებრივ ეკოსისტემას წარმოადგენს და მათ, ისევე როგორც ტყეებს, ადამიანი თავისი მიზნისათვის იყენებს. აღმოსავლეთ საქართველოს რაიონებში (დედოფლისწყაროს რაიონი, ქვემო ქართლი) კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილება გამოიწვევს ლანდშაფტების არიდიზაციას, საძოვრებზე ამჟამად არსებული სტეპის მცენარეულობის დეგრადაციას და მის ხარჯზე ნაკლებად პროდუქტიული ნახევრადუდაბნოების მცენარეულობის გაბატონებას. კლიმატის ცვლილების მიმართ ამ რაიონებში საძოვრების მოწყვლადობის შესამცირებლად ქმედით ღონისძიებებს წარმოადგენს საძოვრების რწყვის ორგანიზება და ქარსაფარი ზოლების გაშენება, რომლებიც ხელს უშლის ნიადაგის გამოშრობას და მიწის ქარისმიერ ეროზიას. ტყეების ანალოგიურად, საძოვრების მასიური გადახვნა ქარსაცავი ზოლებისა და სარწყავი სისტემების მოწყობის გარეშე გამოიწვევს ამ ტერიტორიების კლიმატის ცვლილების მიმართ მოწყვლადობის მკვეთრ ზრდას.

რაც შეეხება ანთროპოგენულ სისტემებს, რომელთა ერთ-ერთ მაგალითად შეიძლება ეკონომიკის ცალკეული დარგები განვიხილოთ, მათი მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილების მიმართ, უპირველეს ყოვლისა, განპირობებულია იმ ბუნებრივი სისტემის მოწყვლადობით, რომლის ბაზაზედაც ფუნქციონირებს ესა თუ ის დარგი (სოფლის მეურნეობის ქვედარგები, მეტყევეობა, ჰიდროენერგეტიკა, მეთევზეობა და სხვ.). თუმცა, ამავე დროს, ეკონომიკის ზოგიერთი დარგი არ არის უშუალოდ დაკავშირებული რომელიმე ბუნებრივ ეკოსისტემასთან და, ქვეყნის ეკონომიკის სხვადასხვა დარგებთან კავშირში, დამოკიდებულია მხოლოდ ცალკეულ მეტეოროლოგიურ ელემენტებზე (ტრანსპორტი, კომუნალური მეურნეობა, მშენებლობა, ჯანდაცვა, ნარჩენების მართვა). არსებობს ისეთი დარგებიც, მაგ. სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა და ტურიზმი, რომელთა მოწყვლადობა უშუალოდაა დაკავშირებული როგორც ბუნებრივი სისტემების მოწყვლადობასთან, ისე

ცალკეულ მეტეოროლოგიურ ელემენტებთან და აგრეთვე ეკონომიკის განვითარების საერთო დონესთან.

2.10.2. კლიმატის ცვლილების მიმართ საქართველოს რეგიონების მოწყვლადობის შეფასება

განსხვავებულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში მყოფი საქართველოს სხვადასხვა რეგიონი განსხვავებულად რეაგირებს კლიმატის მიმდინარე ცვლილებაზე და, შესაბამისად, მათი მოწყვლადობის ხარისხიც სხვადასხვაგვარია. 2100 წლამდე კლიმატის პროგნოზირებული ცვლილების პირობებში საქართველოს რეგიონების მოწყვლადობის შეფასებას საფუძვლად დაედო, ქვეყნის მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში, სამი შერჩეული რეგიონის მოწყვლადობის დეტალური ანალიზი.

კერძოდ, შავი ზღვის სანაპირო ზონისთვის მოწყვლადობის ინდიკატორებად აღებულ იქნა ზღვის დონის აწევა, შტორმული მოდენების სიხშირისა და სიმძლავრის მატება, მდინარეთა დელტებში მყარი ნატანის დაგროვება და ზღვის ზედაპირული ტემპერატურის ცვლილება.

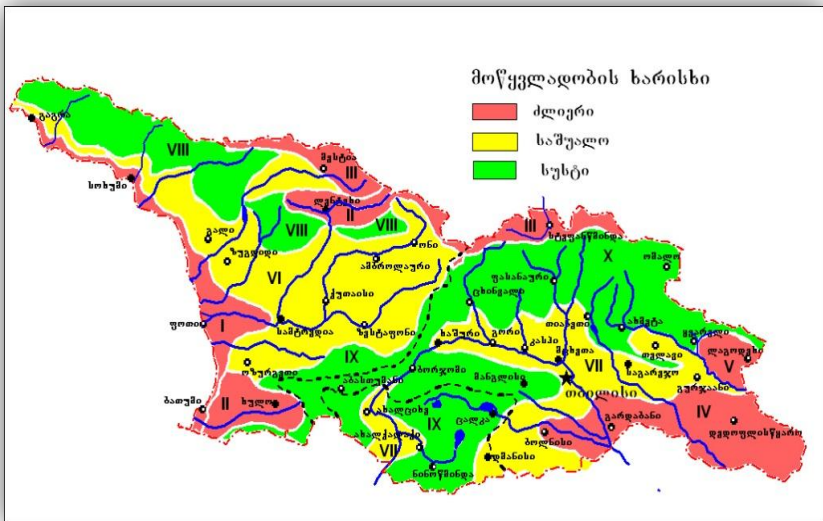
წინა საუკუნეში ამ ინდიკატორების ცვალებადობის ანალიზის შედეგად დადგინდა იქნა, რომ სანაპირო ზონაში ყველაზე მოწყვლადი უბანი მდ. რიონის დელტაა, რაზეც ზემოთ უკვე იყო ლაპარაკი.

ქვემო სვანეთის ინდიკატორებად შერჩეულ იქნა უხვი ნალექების რაოდენობის ზრდა, მდ. ცხენისწყალზე წყალმოვარდნების განმეორადობის მატება, მეწყერის რაოდენობის მატება და გვალვიანი პერიოდის ხანგრძლივობის ზრდა, აგრეთვე დემოგრაფიული სიტუაციის გაუარესება.

დედოფლისწყაროს რაიონში ბუნებრივი ფაქტორებიდან გამოყოფილ იქნა გვალვების სიხშირისა და ხანგრძლივობის მატება, ძლიერი ქარების განმეორადობის ზრდა, ხოლო ანთროპოგენული ფაქტორებიდან –

ქარსაკავი ზოლების გაჩეხვა, სარწყავი სისტემების მოშლა, მიწის ფონდის არასწორი გამოყენება, რასაც მოჰყვა ნიადაგის ნაყოფიერების შემცირება და მიტოვებული მიწების ფართობის ზრდა.

აღნიშნული სამი რეგიონისათვის მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით, ბოლო ათწლეულებში საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში დაფიქსირებული ამინდის ექსტრემალური მოვლენებისა და მათგან მიყენებული ზარალის შესახებ ფართოდ გავრცელებული ინფორმაციის გათვალისწინებით, ჩატარდა 2100 წლისთვის კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ საქართველოს რეგიონების მოწყველადობის საექსპერტო შეფასება ნახ. 2.10.1.



ნახ. 2.10.1. საქართველოს ტერიტორიაზე 2100 წლისთვის კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ მოწყველადობის განაწილების სავარაუდო სქემა ([26])

²⁶ ბერიტაშვილი ბ. კაპანაძე ნ. ჩოგოვაძე ი., გლობალურ დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება. პიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბ., 2010, გვ. 129.

ამ ნახაზზე გამოყოფილი ყველაზე მაღალი მოწყვლადობის რეგიონებიდან შავი ზღვის სანაპირო ზონაში (I) ძირითად კლიმატურ რისკებად (რისკი—ფიზიკურად განსაზღვრული ამინდის საშიში მოვლენისა და მისი ზემოქმედების ქვეშ მყოფი სისტემის თვისებების, მაგ., მკნობიარობის ან მოწყვლადობის ურთიერთქმედების შედეგია) მიიჩნევა გლობალური ტემპერატურის მატებით გამოწვეული ზღვის დონის აწევა და უხვი ნალექებით გამოწვეული წყალდიდობები. აჭარის რეგიონსა და ქვემო სვანეთში (II) მთავარი კლიმატური რისკები (წყალმოვარდნა, მეწყერი, დვარცოფი, მიწის ეროზია) დაკავშირებულია უხვ ნალექებთან. ზემო სვანეთსა და აღმოსავლეთ საქართველოს მაღალმთიან ზონაში (III) ტემპერატურის მატებასთან დაკავშირებულ რისკებად მიიჩნევა მყინვარების დეგრადაცია და მდინარეთა ჩამონადენის ცვლილება, თოვლის საფარის შემცირება, აგრეთვე უხვი ნალექებით გამოწვეული წყალმოვარდნები. დედოფლისწყაროს რაიონსა და ქვემო ქართლში (IV) მთავარი რისკებიდან გამოიყოფა ტემპერატურის ზრდითა და ნალექთა შემცირებით განპირობებული გვალვების გახშირება, მიწის ეროზია და დეგრადაცია, ბიომრავალფეროვნების გაღარიბება. ჰერეთში (V) უხვ ნალექებს უკავშირდება წყალმოვარდნები და დვარცოფები, აგრეთვე დაბლობი ტერიტორიის დატბორვა-დაჭაობება.

საშუალო და სუსტი მოწყვლადობის რეგიონებშიც ძირითადი კლიმატური რისკები დაკავშირებულია ტემპერატურის ზრდით და უხვი ნალექებით გამოწვეულ მოვლენებთან – წყალმოვარდნებთან, მიწის დეგრადაციასა და გვალვის გაძლიერებასთან, რომლების-განაც ყველაზე მეტად ზარალდება სოფლის მეურნეობა, მეტყვეობა და საყოფაცხოვრებო სექტორი, აგრეთვე ჰიდროენერგეტიკა და ტურისტულ-რეკრეაციული სექტორი.

კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების მიმართ რეგიონების მოწყვლადობის განმაპირობებელი ძირითადი კლიმატური ფაქტორებია ტემპერატურის ზრდა და

ნაღებქთა ცვლილება როგორც უხვი ნაღებქების გაძლიერების, ისე მათი წლიური ჯამების შემცირების მიმართულებით. შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებები საქართველოს ყველა რეგიონისათვის განხილულია სპეციალური კურსის ფარგლებში. რაც შეეხება ეკონომიკის მოწყვლად დარგებს, აქ გაცილებით მეტია მრავალფეროვნება და იგი მოიცავს საქართველოს ეკონომიკის თითქმის ყველა სექტორს, გარდა ინდუსტრიული პროცესებისა, თუმცა მრეწველობის ზოგიერთი დარგი, მაგალითად, გადამამუშავებელი მრეწველობა, რომელიც დაკავშირებულია სოფლის მეურნეობასთან, მაინც მოწყვლადია ისეთი კლიმატური რისკების მიმართ, როგორცაა გვალვა და წყალდიდობა.

2.10.3. კლიმატური პარამეტრების მიმართ ეკონომიკისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების მგრძობიარობის შეფასება

საქართველოს მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში შერჩეულ სამ საპილოტო რეგიონში კლიმატური ელემენტების ცვლილებასთან ერთად დეტალურად იქნა განხილული ამ რეგიონებში ეკონომიკის წამყვანი დარგების მგრძობიარობა და მოწყვლადობა კლიმატის ცვლილების მიმართ. მიღებულ შედეგებზე დაყრდნობით, აგრეთვე ლიტერატურაში არსებული მონაცემებისა და მასმედიაში გამოქვეყნებული ინფორმაციის გამოყენებით შესაძლებელი გახდა პირველ მიახლოებაში საქართველოს ეკონომიკის ძირითადი მოქმედი დარგების კლიმატური პარამეტრების (ელემენტებისა და რისკების) მიმართ მგრძობიარობის საექსპერტო შეფასება. ქვემოთ ჩვენ შემოვიფარგლებით ცალკეული დარგების მგრძობიარობისა და მოწყვლადობის განზოგადებული შეფასებებით, რომლებიც პირველ მიახლოებაში შეიძლება გავრცელდეს საქართველოს შესაბამის ტერიტორიებზე.

***სოფლის მეურნეობა**

საქართველოს ეკონომიკაში სოფლის მეურნეობის წამყვანი როლის გათვალისწინებით მიზანშეწონილია ეკონომიკის ამ დარგის მთავარ ქვედარგებად წარმოიხეხა, რადგანაც თითოეულ მათგანს სერიოზული როლი მიუძღვის ამა თუ იმ რეგიონის მდგრად განვითარებაში.

მემარცვლეობა ძირითადად მოიცავს ხორბლის (აღმოსავლეთ საქართველო) და სიმინდის (დასავლეთ საქართველო) წარმოებას. არსებული მასალების და კვლევების გათვალისწინებით ჰაერის ტემპერატურული მანქვებლებიდან მემარცვლეობა ყველაზე ნაკლებად მგრძობიარე უნდა იყოს მინიმალური ტემპერატურის მიმართ, რადგან ამ კულტურების უმეტესი ნაწილი ვითარდება გაზაფხულსა და ზაფხულში, და ძირითადი ზარალი ამ მეტეოლოგიკური ფაქტორის შეიძლება მიადგეს საშემოდგომო ხორბალს ცივი და უთოვლო ზამთრის პირობებში. აღნიშნული კულტურები მაქსიმალურად მგრძობიარენი უნდა იყვნენ ატმოსფერულ ნალექთა ცვალებადობის მიმართ, ნიადაგის ტენიანობის და გვალვის მიმართ, რომელთაგან ბოლო ორი პარამეტრი პირველის წარმოებულად შეიძლება ჩაითვალოს.

ანალოგიური თვალსაზრისით **მევენახეობა** ნაკლებად მგრძობიარედ მიიჩნევა ჰაერის მაქსიმალური და მინიმალურ ტემპერატურის მიმართ, რადგან მაქსიმალური ტემპერატურის მოქმედება ვაზზე ზაფხულის პერიოდში ვეგეტაციის მთელ სეზონთან მიმართებაში შედარებით ხანმოკლეა, ხოლო მინიმალური ტემპერატურის ზეგავლენა ზამთრის პერიოდში ძირითადად აღინიშნება – 20°C –ზე დაბალ ტემპერატურულ დიაპაზონში, რაც საქართველოს მევენახეობის რაიონებისთვის იშვიათ მოვლენას წარმოადგენს. ამ რაიონებში ნალექთა წლიური ჯამების მრავალწლიურ ჭრილში საკმაოდ დიდი ამპლიტუდის გათვალისწინებით მევენახეობა მაქსიმალურად მგრძობიარედ განიხილება სეზონურ ნალექთა ცვალებადობის, ნიადაგის ტენიანობის, გვალვისა და სეტყვისადმი. ვაზის მოსავლიანობის მზის ნათების

ხანგრძლივობაზე საგრძნობი დამოკიდებულების მხედველობაში მიღებით, საშუალო ბალით იქნა შეფასებული ქვედარგის მგრძობიარობა ღრუბლიანობის მიმართ.

განხილული ორი ქვედარგის საშუალო მგრძობიარობა უხვი ნალექების მიმართ შეიძლება არგუმენტირებული იქნას იმით, რომ საქართველოს მთაგორიანი რელიეფის პირობებში უხვი ნალექების უმეტესი ნაწილი საკმაოდ სწრაფად ტრანსფორმირდება მდინარეულ ჩამონადენად და მხოლოდ ცალკეულ ტერიტორიებზე შესაძლებელია სავარგულების ხანგრძლივი დატვირთვა და ამ მიზეზით მოსავლის დაკარგვა (ძირითადად კოლხეთის დაბლობის პირობებში). იგივე შეიძლება ითქვას თოვლის საფარზეც, რომელიც დაბალი ტემპერატურების პირობებში მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კულტურების (სიმინდის გამოკლებით) წაყინვისგან დაცვაში.

მგრძობიარობის ინდიკატორებად ამ ქვედარგში შეიძლება გამოდგეს ცალკეული კულტურების/ჯიშების მოსავლიანობა (მიღებული მოსავალი 1 ჰა-ზე გადაანგარიშებით), აგრეთვე მათი ხარისხი (კალორიულობა, ცილების თუ შაქრის შემცველობა 1 კგ პროდუქტიაში) და სხვ. კლიმატურ პარამეტრებთან ამ ინდიკატორების რაოდენობრივი სახით კავშირის დასადგენად საჭიროა მათ შორის კორელაციური კავშირების დადგენა კონკრეტულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში მიღებული ფაქტობრივი დაკვირვებების საფუძველზე.

მეციტრუსეობის ქვედარგი, რომელისთვისაც ხელსაყრელი კლიმატი ხმელთაშუა ზღვის სუბტროპიკული ზონაა, მაქსიმალურად მგრძობიარედ შეიძლება იყოს განხილული მოყინვისადმი, რადგან საქართველოს შავი ზღვის სანაპირო ამ ზონის უკიდურეს ჩრდილო – აღმოსავლეთი ნაწილია და ტემპერატურა აქ ხშირად ეცემა -6°C -ზე დაბლა. რაც შეეხება ნალექთა სიუხვეს (1200 – 1500 მმ/წ) ამ ზონაში ეს დარგი საშუალოდ მგრძობიარეა ატმოსფერულ ნა-

ლექებთან დაკავშირებული პარამეტრების, მათ შორის ნიადაგის ტენიანობისა და გვაღვისადმი. მეციტრუსეობის სუსტი მგრძობიარობა უხვი ნალექებისა და წყალდიდობის მიმართ შეიძლება აიხსნას შავი ზღვისპირეთის ჩრდილო და სამხრეთი სექტორების მთავორიანი რელიეფით, რომელიც დომინირებს ამ კულტურების გაერცვლების არეალში.

მეჩაიეობა წინა საუკუნის 90-იან წლებამდე წარმოადგენდა საქართველოს ეკონომიკის ერთ-ერთ წამყვან ქვედარგს. სსრკ დაშლის შემდეგ დარგი მნიშვნელოვნად დაკნინდა, მაგრამ დასავლეთ საქართველოში მისი განვითარებისთვის ხელშემწყობი პირობების გათვალისწინებით მოსალოდნელია მომავალში მისი ხელახალი გაძლიერება. მეჩაიეობის განვითარების აგროკლიმატურ თავისებურებათა მხედველობაში მიღებით დარგის მაქსიმალური მგრძობიარობა მიეწერა ჰაერის საშუალო ტემპერატურასა და ნიადაგის ტენიანობას, საშუალო – ჰაერის მაქსიმალურ ტემპერატურას, ნალექთა საშუალო რაოდენობასა და მათ ცვალებადობას, აგრეთვე გვაღვას, ხოლო სუსტი – უხვ ნალექებს, ჰაერის სინოტივესა და ქარს, აგრეთვე სეტყვასა და თოვლს. ამ ჩამონათვალიდან პირველი ელემენტის მიმართ მგრძობიარობა კვლავ მთავორიანი რელიეფის ზემოთ ხსენებული თავისებურებებითაა განპირობებული, სინოტივე და ქარი დასავლეთ საქართველოს პირობებში არსებით გავლენას არ ახდენენ ჩაის კულტურაზე, ხოლო სეტყვა და თოვლიაქ იშვიათ მოვლენას წარმოადგენს.

კოლექტიური მეურნეობების დაშლის შემდეგ **მეცხოველეობა** ამჟამად საქართველოს სოფლის მეურნეობის ერთ-ერთი წამყვანი ქვედარგია. მისი მგრძობიარობა ჰაერის ტემპერატურული მახასიათებლებისა და ატმოსფერულ ნალექთა, აგრეთვე ნიადაგის ტენიანობისადმი საშუალოსა და ძლიერს შორის მერყეობს, რადგან ზემოთ ხსენებული პარამეტრები განაპირობებს საძოვრების პროდუქტიულობას. იგივე შეიძლება ითქვას გვაღვაზეც. ნაკლებ მგრძობიარედ

მეცხოველეობა შეიძლება ჩაითვალოს უხვი ნალექების, ჰაერის სინოტივისა, ქარისა და ღრუბლიანობის მიმართ. ძლიერი სეტყვა ზოგ შემთხვევაში გარკვეულ ზარალს იწვევს მეცხოველეობაში, განსაკუთრებით მეცხვარეობაში, მაგრამ ამ ზარალის ეპიზოდური, საკმაოდ იშვიათი ხასიათის გამო ქვედარგის მგრძნობიარობა მის მიმართ სუსტად იყო ჩათვლილი. მგრძნობიარობის ინდიკატორებად ამ ქვედარგში შეიძლება გამოყენებულ იქნას პროდუქტიულობა (მიღებული რძის/ხორცის რაოდენობა 1 სულ ცხოველზე გადაანგარიშებით), პროდუქციის ხარისხი და სხვ.

სოფლის მეურნეობის სექტორში განხილული ქვედარგებიდან კლიმატური ელემენტებისადმი ყველაზე ნაკლები მგრძნობიარობით ხასიათდება **მეფრინველეობა**. წვრილ საოჯახო მეურნეობებთან შედარებით ამ დარგში პროდუქციის დიდი ნაწილი იწარმოება მეფრინველეობის მსხვილ საწარმოებში, რომელთა წარმადობა, შინაურ ფრინველთა ფიზიოლოგიის გათვალისწინებით, მჭიდროდაა დაკავშირებული ჰაერის მაქსიმალურ ტემპერატურასთან. დარგი საკმაოდ მგრძნობიარეა მინიმალური ტემპერატურის მიმართაც, თუმცა მეფრინველეობის ფაბრიკებში ხელოვნური კლიმატის სრული რეგულირების პირობებში ეს ფაქტორებიც შეიძლება უგულებელყოფილ იქნას, მაგრამ ენერჯის ხარჯის ფასად, რაც ესაჭიროება ჰაერის კონდიცირებასა და გათბობას.

***მეტყევეობა**

ოფიციალური მონაცემებით, საქართველოს ტერიტორიის მესამედზე მეტი ტყითაა დაფარული. კლიმატური ელემენტებიდან ტყის ეკოსისტემები საკმაოდ მგრძნობიარეა ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილების, ნალექთა საშუალო წლიური რაოდენობის ცვლილებისა და გვაღვის მიმართ, ხოლო ნაკლებად მგრძნობიარეა დროის ხანმოკლე პერიოდში უხვი ნალექების მიმართ, ისევე როგორც ჰაერის სინოტივისა

და სხვა მეტეოპარამეტრების მიმართ. კლიმატური ელემენტებიდან და მათთან დაკავშირებული კლიმატის რისკებიდან ტყის ეკოსისტემები ყველაზე მგრძობიარედ ჩავთვალეთ გვაღვისადმი, რომელსაც ბიოლოგიურ მავნებლებთან ერთად ტყის ეკოსისტემებისთვის საგრძნობი ზარალის მიყენება შეუძლია, მათ შორის ტყის ხანძრების გაჩენის თვალსაზრისითაც. დიდ ზიანს აყენებს ტყეებს მეწყერიც, რომელსაც მთაგორიანი რელიეფის პირობებში შეუძლია ტყის ცალკეული ფართობების სრული განადგურება.

აქვე აღსანიშნავია, რომ მეტყვევობის, როგორც ეკონომიკის დარგის მოწვევადობა კლიმატური პარამეტრებისადმი დიდად განისაზღვრება ტყის ეკოსისტემების ჯიშობრივი შემადგენლობით, რაც კლიმატურ ელემენტებთან ერთად მნიშვნელოვნად განაპირობებს ტყეების ხარისხს. მგრძობიარობის ინდიკატორებად ამ შემთხვევაში შეიძლება გამოდგეს ტყის სიხშირე (ხეების რაოდენობა ფართის ერთეულზე), ხეების სიმაღლე, ბიომასის რაოდენობა და მისი ნაზრდი ფართის ერთეულზე, თითოეულ ჰა-ზე ტყის მარაგის ეკონომიკური ღირებულება, ჯიშობრივი შემადგენლობა, საშუალო ასაკი, ხეების სიცოცხლის ხანგრძლივობა, დაავადებათა გავრცელება, კლიმატური პირობებით გამოწვეული მიგრაციის უნარი და სხვ.

***წყლის რესურსების მართვა**

წყლის რესურსები რიგი მეტეოროლოგიური ელემენტების, და განსაკუთრებით ატმოსფერული ნალექების უშუალო ფუნქციას წარმოადგენს. ამიტომ წყლის რესურსები ძლიერ მოწვევლად შეიძლება ჩაითვალოს ატმოსფერულ ნალექებთან დაკავშირებული ყველა პარამეტრის მიმართ, აგრეთვე ისეთი კომპლექსური მოვლენების მიმართ, როგორიცაა გვაღვა და წყალდიდობა. მიწისქვეშა წყლების როლის გათვალისწინებით წყლის რესურსები მგრძობიარედ ჩაითვალა აგრეთვე ნიადაგის ტენიანობისა და ჰაერის საშუალო და მაქსიმალური ტემპერატურის მიმართ,

რომლებიც განაპირობებს მყინვარების ამჟამად მიმდინარე უკანდახევას, ხოლო სხვა პარამეტრებისადმი ნაკლებად, ან არამგრძობიარედ, თუმცა მთაგორიანი რელიეფის პირობებში ღვარცოფს შეუძლია დროის გარკვეულ მონაკვეთში ლოკალური მასშტაბით მნიშვნელოვანი ზეგავლენის მოხდენა მდინარის აუზში რესურსების განაწილებზე (კალაპოტის დეფორმაცია, ჩახერგვა და სხვ).

წყლის რესურსების მართვის, როგორც ეკონომიკის დარგის ფუნქციონირების ეფექტურობა ეკონომიკურ და პოლიტიკურ ფაქტორებთან ერთად დიდადაა განპირობებული კლიმატური რისკებითაც. თითოეული საშუალო და დიდი მდინარის აუზში ჩამონადენის დამოკიდებულება კლიმატურ პარამეტრებზე ფიზიკურ-გეოგრაფიული პირობების ზეგავლენით ინდივიდუალური თავისებურებებით ხასიათდება, რაც საქართველოს პირობებში აძნელებს ზოგადი კანონზომიერების დადგენას. აღნიშნული პრობლემა რთული ამოცანების გადაჭრასთანაა დაკავშირებული და ცალკე გამოკვლევის საგანს შეადგენს.

***ჰიდროენერგეტიკა**

წინა საუკუნის 80–იან წლებში ჰიდროენერგეტიკა უზრუნველყოფდა საქართველოს ენერგომომხმარების 50 - 60%-ს, ხოლო 90 –იან წლებში – 70% -ზე მეტს. წყლის რესურსებთან ამ ქვედარგის უშუალო კავშირისა და ქვეყნის ენერგეტიკაში მისი მნიშვნელოვანი წვლილის გათვალისწინებით მიზანშეწონილად ჩავთვალეთ ჰიდროენერგეტიკის კლიმატურ პარამეტრებზე დამოკიდებულების ცალკე გამოყოფა. წყლის რეჟიმთან დაკავშირებულ ისეთ პარამეტრებს, როგორიცაა ატმოსფერულ ნალექთა საშუალო და მაქსიმალური რაოდენობა, აგრეთვე თოვლის საფარს მაქსიმალური გავლენა ექნება ჰიდროენერგეტიკაზე. ასევე მგრძობიარეა ეს დარგი გვალვის (წყალსაცავებიდან წყლის საირიგაციო ხარჯვის გათვალისწინებით) და წყალდიდობის (კაშხლებისთვის პოტენციური საშიშროების მხედველობაში მიღებით)

მიმართ. ჰესების წყალსაცავებში აკუმულირებული წყლის რესურსების საკმაო ინერციულობის გამო შედარებით ნაკლები მგრძობიარობა დაეუკავშირეთ ჰაერის მაქსიმალურ ტემპერატურასა და შედარებით ხანმოკლე უხვ ნალექებს. მგრძობიარობის ინდიკატორებად ამ ქვესექტორში შეიძლება გამოყენებული იქნას გამომუშავებული ელექტროენერჯის რაოდენობა, მისი წილი ენერჯის საერთო მოხმარებაში, გამომუშავების განაწილება დროში და სხვ.

***თბური ენერგეტიკა და მრეწველობა**

სსრკ დაშლის შემდეგ საქართველო განიცდიდა მწვავე ენერგეტიკულ კრიზისს, რის გამოც ბოლო 10-12 წლის მანძილზე ენერგეტიკა ეკონომიკის პრიორიტეტულ დარგადაა მიჩნეული. ამჟამად საქართველოში ენერგომოხმარების ნახევარზე მეტი იფარება იმპორტირებული ელექტროენერჯისა და წიაღისეული საწვავის ხარჯზე. ამის გათვალისწინებით ეკონომიკური საქმიანობის განსახილველ ბლოკში, უპირველეს ყოვლისა, შეფასდა ენერგორესურსების იმპორტთან და ექსპორტთან, განაწილებასთან და მოხმარებასთან დაკავშირებული საქმიანობის მგრძობიარობა კლიმატური პარამეტრებისადმი.

ჰაერის ექსტრემალური, და განსაკუთრებით მინიმალური ტემპერატურის მიმართ ენერგეტიკის სექტორს მაღალი მგრძობიარობა აქვს საყოფაცხოვრებო სექტორში გასათბობად და ჰაერის კონდიცირებისათვის ენერჯის დიდი დანახარჯების გამო. საქართველოს მთიანი რელიეფის პირობებში ენერჯის ტრანსპორტირების საშუალებებისადმი (ელექტროგადამცემი ხაზები, გაზისა და ნავთობის მილსადენები) მიყენებული ზარალისა და მათი ტექნიკური მომსახურების სიძნელეთა გათვალისწინებით სექტორის მაღალი მგრძობიარობა შეეფარდა აგრეთვე უხვ ნალექებთან (დიდთოვლობა) დაკავშირებულ მოვლენებს, ხოლო მინიმალური – ქარსა და ელჭექთან.

მრეწველობის სექტორში, საქართველოს ეკონომიკის აგრარული დარგების პერსპექტიულობის გათვალისწინებით, მაღალი მგრძობიარობა აქაც შეეუფარდეთ ატმოსფერულ ნალექებთან დაკავშირებულ პარამეტრებს. ამ თვალსაზრისით, უპირველეს ყოვლისა, ყურადღება გამახვილდა გადამამუშავებელ და კვების მრეწველობაზე, რომელიც უშუალოდაა დაკავშირებული სასოფლო-სამეურნეო წარმოებასთან. მრეწველობის სხვა დარგების მოწვევადობა კლიმატური პარამეტრებისადმი შეფასდა როგორც სუსტი, რადგანაც ეს დარგები ძირითადად ენერგეტიკულ ფაქტორებზეა დამოკიდებული.

მგრძობიარობის/მოწვევადობის ინდიკატორებად განხილულ სექტორებში შეიძლება მიღებულ იქნას მოხმარებული ენერჯის რაოდენობრივი კავშირები ჰაერის ტემპერატურაზე და ატმოსფერულ ნალექებზე დამოკიდებულ მოვლენებთან, გადამამუშავებელი და კვების მრეწველობის მიერ წარმოებული პროდუქციის რაოდენობისა და ხარისხის ფაქტორივი კავშირები სეზონის განმავლობაში მოსულ ნალექებთან და მათ შიგასეზონურ განაწილებასთან და სხვ.

***ტრანსპორტი**

წინა საუკუნის 90-იანი წლების მეორე ნახევრიდან ტრანსპორტი საქართველოს ეკონომიკის ერთ – ერთ ყველაზე სწრაფად განვითარებად დარგს წარმოადგენს, რაც განსაკუთრებით შეეხება საავტომობილო ტრანსპორტს. ამ უკანასკნელის საავტომობილო გზებსა და საუღელტეხილო მონაკვეთებზე დამოკიდებულების გათვალისწინებით მაქსიმალური მგრძობიარობა შეეუფარდა წყალდიდობას, ღვარცოფსა და თოვლის საფარს, საშუალო მგრძობიარობა – უხვ ნალექებს და სუსტი – ქარს, ღრუბლიანობას, სეტყვასა და ელჭექს (საჰაერო ტრანსპორტი). ჰაერის ტემპერატურული მახასიათებლების მიმართ დარგის მგრძობიარობა უმნიშვნელოდ იქნა ჩათვლილი. ზღვის სანაპირო ზონაში ზღვის დონის აწვეის შედეგად სატრანსპორტო მაგისტრალებისადმი საფრთხის შესაძლო გაჩენის გათვალისწინებით

ტრანსპორტის მგრძობიარობა ამ მოვლენის მიმართ საშუალოდ იქნა შეფასებული. აქ გასათვალისწინებელია ის გარემოება, რომ ეს შეფასება ეხება მხოლოდ სანაპირო ზოლში გამავალ მაგისტრალებს, რომელთაგან ზღვის უშუალო მახლობლობაში გამავალი მონაკვეთების საერთო სიგრძე შეადგენს დაახლოებით 35 კმ (რკინიგზა) და 45 კმ (სახელმწიფო მნიშვნელობის ავტო-მაგისტრალები).

***კომუნალური მეურნეობა**

ეკონომიკის ეს დარგი ძირითადად ეხება დიდი და საშუალო ქალაქების ინფრასტრუქტურას, სადაც საქართველოს მოსახლეობის 75%-ია თავმოყრილი და იგი საკმაოდ მგრძობიარეა მთელი რიგი კლიმატური პარამეტრებისადმი. კერძოდ, ყველაზე მგრძობიარედ იგი შეიძლება ჩაითვალოს უხვი ნალექებისა და წყალდიდობების მიმართ, რომელიც იწვევს ქუჩების დატბორვასა და ქალაქის ინფრასტრუქტურის მოშლას, აგრეთვე თოვლის საფარის მიმართ, რაც გამოიხატება დიდთოვლობის დროს ტრანსპორტის ფუნქციონირების გართულებით. საკმაოდ მგრძობიარეა ქალაქის ინფრასტრუქტურა ჰაერის ექსტრემალური ტემპერატურების (გათბობა და კონდიციონირება), მდინარეული ჩამონადენის (წყალმომარაგება), ხოლო ზღვისპირა ქალაქებში – ზღვის დონის აწვევის მიმართ. სათანადო ტექნიკური სამსახურების გამართული მუშაობის პირობებში დარგი ნაკლებად მგრძობიარედ ჩაითვალა ქარისა და ელჭექისადმი.

***ტურიზმი**

საქართველოს მდიდარი კლიმატური რესურსები განაპირობებს ქვეყანაში ტურიზმისა და რეკრეაციული ინდუსტრიის მაღალ პოტენციალს, რომელიც სათანადო მასშტაბით ამჟამად რეალიზებულია ძირითადად შავი ზღვის სანაპირო ზოლის ზოგიერთ უბანში, ბორჯომისა და არაგვის ხეობების ცალკეულ ადგილებში. მომავალში

ამ დარგის განვითარების დიდი პერსპექტივების გათვალისწინებით მიზანშეწონილია კლიმატური პარამეტრების მიმართ მისი შეფასებაც. დარგის ძლიერი მგრძობიარობა ჩვენ შევუფარდეთ ჰაერის ექსტრემალურ ტემპერატურებს (ძლიერი ყინვები და სიცხეები), უხვ ნალექებს და მათთან დაკავშირებულ წყალდიდობებსა და ღვარცოფს (დარგის ობიექტებისთვის მიყენებული ზარალი), აგრეთვე თოვლის საფარს, რომლის არსებობა-არარსებობა და მისი პარამეტრები გადამწყვეტ როლს ასრულებენ სამთო – სათხილამურო კურორტების ფუნქციონირებაში. საშუალო მგრძობიარობა შეეფარდა ჰაერის ტემპერატურისა და ნალექთა საშუალო მნიშვნელობებს, აგრეთვე ჰაერის სინოტივესა და ატმოსფერულ წნევას, ქარს, ღრუბლიანობას, გვაღვას, ჰაერის სინოტივესა და ატმოსფერულ წნევას (ზემოქმედება ჯანმრთელობის მდგომარეობაზე) ხოლო სუსტი - სეტყვასა და ელჭექს. დარგი არამგრძობიარედ ჩავთვალეთ მხოლოდ ნიადაგის ტენიანობისადმი, თუმცა გარკვეულწილად იგი მაინც მოქმედებს ტურისტებისა და დამსვენებელთა ადგილობრივი სასოფლო – სამეურნეო პროდუქციით მომარაგებაზე.

***მშენებლობა**

სამშენებლო ინდუსტრიის მოწყველადობა კლიმატური ელემენტებისადმი ორი კუთხით უნდა იქნას განხილული. ყველაზე ნაკლებად მგრძობიარედ განიხილება თვით მშენებლობის პროცესი. მშენებარე ობიექტებისთვის წყალდიდობებისგან შესაძლო ზარალის მიყენების გათვალისწინებით ამ კლიმატურ რისკ-ფაქტორს საშუალო მგრძობიარობა შეიძლება შეეფარდოს. მაღალი ამწე-კომპიუტერებისთვის ძლიერი ქარისგან არსებული გარკვეული საშიშროების გამო ეს დარგი სუსტად, მაგრამ მაინც მგრძობიარეა ამ პარამეტრის, ისევე როგორც უხვი ნალექების (სამშენებლო მეურნეობის ზარალი) მიმართ.

რაც შეეხება ამ დარგის განხილვას ასაგები ობიექტების (საცხოვრებელი სახლები, საოფისე

ნაგებობები, საწარმოო და სხვა დანიშნულების შენობები) დაგეგმარებისა და კონსტრუქციის კუთხით, მისი დამოკიდებულება კლიმატურ პარამეტრებზე საკმაოდ სერიოზულია. დარგი მგრძობიარეა ჰაერის სამივე ტემპერატურული მახასიათებლის, ნალექთა საშუალო რაოდენობის ცვლილების, ჰაერის სინოტივისა და ქარის მიმართ, აგრეთვე თოვლის ზეგავების, წყალდიდობების, ღვარცოფისა და მეწყერისადმი.

***სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა**

შავი ზღვის სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა მნიშვნელოვან როლს ასრულებს საქართველოს ეკონომიკის ფუნქციონირებაში (ფოთის, ბათუმისა და სოხუმის პორტები, სუფსისა და ყულევის ნავთობ-ტერმინალები, ქობულეთი-ურეკის, ანაკლიისა და აფხაზეთის რეკრეაციული ზონები, სუბტროპიკული კულტურების წარმოება და სხვ.). კოლხეთის დაბლობის პირობებში წყალუხვი მდინარეების ჩამონადენის, კავკასიონისა და მესხეთის ქედის ფერდობების ატმოსფერულ პროცესებზე ზეგავლენის, ზღვის დონის გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებული თანდათანობითი აწვევისა და ხმელეთის ტექტონიკური მოძრაობების გათვალისწინებით მნიშვნელოვანია ეკონომიკის ამ სექტორის კლიმატური პარამეტრებისადმი მგრძობიარობის შეფასება. სექტორის მაქსიმალური მგრძობიარობა დაეუკავშირეთ ჰაერის მინიმალურ ტემპერატურას (სუბტროპიკული კულტურების დაზიანება), უხვ ნალექებსა და წყალდიდობას (რაც აქტუალურია როგორც კოლხეთის დაბლობისათვის, ისე სანაპირო ზონის ჩრდილო და სამხრეთი ნაწილების მთიანი რელიეფისთვის წყალმოვარდნის სახით), ხოლო საშუალო – ღვარცოფს (საშიშროება ხეობებში განლაგებული ობიექტებისთვის), აგრეთვე თოვლის საფარს, რომელიც უხვი ნალექების შემთხვევაში ართულებს სატრანსპორტო მიმოსვლას, განსაკუთრებით ზონის მთაგორიან ნაწილში. შავ ზღვასთან უშუალო სიახლოვის

გამო განხილული სისტემა ნაკლებ მგრძობიარედ ჩავთვალოთ ჰაერის საშუალო და მაქსიმალური ტემპერატურის, ნალექთა ცვალებადობისა და სხვა კლიმატური პარამეტრების, მათ შორის ელჭექისადმი, რომელსაც სანაპირო ზოლში ადგილი აქვს წლის ყველა სეზონში. როგორც ცნობილია, ზღვის სიახლოვე, მისი დიდი თერმული ინერციის გამო, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ტემპერატურასთან და ნალექებთან დაკავშირებული პარამეტრების კლიმატური ამპლიტუდის სტაბილურობის შენარჩუნებაზე.

განხილულ პარამეტრებთან ერთად ზღვის სანაპირო ზონის, განსაკუთრებით კოლხეთის დაბლობის ინფრასტრუქტურა მეტად მგრძობიარეა გლობალური კლიმატის ცვალებადობასთან დაკავშირებული ისეთი მოვლენის მიმართ, როგორცაა ზღვის დონის აწევა. ეს ფაქტორი განსაკუთრებით გასათვალისწინებელია სანაპირო ზონის მოწყვლადობის ჯამურ შეფასებებში.

***მეთევზეობა**

შავი ზღვის სანაპირო ზოლის სიგრძე საქართველოს ფარგლებში 300 კმ-ს აღემატება, ასე რომ ქვეყანას საკმაო პოტენციალი აქვს მეთევზეობის განვითარებისთვის და თუ დღეს მეთევზეობის წილი ეკონომიკური საქმიანობის საერთო მოცულობაში უმნიშვნელოა, ეს არ ნიშნავს მომავალში მისი როლის სერიოზული გაზრდის შეუძლებლობას. გარდა საზღვაო მეთევზეობისა, ამ დარგში გასათვალისწინებელია სატბორე მეთევზეობის სექტორიც, რომელიც გაცილებით უფრო მოწყვლადია კლიმატური პარამეტრების მიმართ, ვიდრე საზღვაო მეთევზეობა. ამიტომ განსახილველ სვეტში გაკვირვებას არ უნდა იწვევდეს მგრძობიარობის ცალკეული ბაღი, რომელიც მიეკუთვნება მხოლოდ სატბორე სექტორს. ამ შენიშვნის გათვალისწინებით დარგი მაქსიმალურად მგრძობიარედ უნდა ჩაითვალოს საშუალო და უხვი ნალექის, წყალდიდობის, ღვარცოფისა და გვალვის მიმართ, რაც უშუალოდ განაპირობებს

სატბორე მეურნეობების წყალმომარაგებასა და უსაფრთხო ფუნქციონირებას. დარგი მინიმალურადაა მგრძობიარე ჰაერის ტემპერატურული მანვენებლები-სადმი, რაც გარკვეულწილად დაკავშირებულია ზღვის ზედაპირის ტემპერატურასთან (საზღვაო მეთევზეობა). სხვა პარამეტრებისადმი დარგი პრაქტიკულად არაა მგრძობიარე.

***ჯანდაცვა**

აღამიანის ორგანიზმის მაღალი ადაპტაციის უნარის გათვალისწინებით აღნიშნული დარგი განსაკუთრებით მგრძობიარედ შეიძლება იქნას განხილული კლიმატური ელემენტების ექსტრემალური მნიშვნელობებისადმი: ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურები ზოგჯერ იწვევენ სიცხურ შოკს (განსაკუთრებით დიდ ქალაქებში), ხოლო მინიმალური ტემპერატურები – გაცივებასა და მასთან დაკავშირებულ მთელ რიგ დაავადებებს. ძლიერ მგრძობიარეა დარგი ჰაერის სინოტივისადმი, რომლის მაღალი მნიშვნელობებისკენ გადახრები უარყოფითად მოქმედებს რესპირატორულ სისტემაზე. ასევე ძლიერ მგრძობიარედ ჩაითვალა სექტორი კიდევ ორი ექსტრემალური პარამეტრის – გვალვისა და წყალიდობის მიმართ, რომლებიც იწვევენ წყალმომარაგების სისტემების ფუნქციონირების შეფერხებასა და მოშლას, ამას კი, როგორც წესი, თან სდევს მოსახლეობაში ინფექციურ დაავადებათა გავრცელება. საშუალო მგრძობიარობა დაუკავშირეთ ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილებასა და ქარს, რომლებიც გარკვეულწილად მოქმედებენ მოსახლეობის, განსაკუთრებით მისი ხანდაზმული ნაწილის ჯანმრთელობაზე. მინიმალური მგრძობიარობა, ზღვის დონის აწევასთან დაკავშირებით დაჭაობებულ ტერიტორიებზე ინფექციურ დაავადებათა არეალის შესაძლო გაფართოების გათვალისწინებით, შეეფარდა ატმოსფერულ ნალექთა მანვენებლებს, წნევისა და ღრუბლიანობას, ხოლო ნულოვანი მგრძობიარობა ნიადაგის ტენიანობას, სეტყვასა და ელჭექს, რომლებიც,

ჩვენი აზრით, აღნიშნულ პირობებში უშუალოდ უმნიშვნელოდ მოქმედებენ ადამიანის ჯანმრთელობაზე.

***ნარჩენების მართვა**

დარგი მოიცავს სოფლის მეურნეობიდან, მრეწველობიდან და მოსახლეობიდან, განსაკუთრებით მსხვილ ქალაქებში წარმოქმნილი ნარჩენების მართვას. ეს სექტორი განსაკუთრებით მგრძობიარეა ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურის (ღობობადი დაშლის დაჩქარება), უხვი ნალექისა და წყალდიდობისადმი, რომელთაც შეუძლია ნარჩენების განთავსების ადგილების წალეკვა და მათი არასასურველი გავრცელება გარემოში. ნაკლებ მგრძობიარეა ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ცვლილების, ქარისა და ღვარცოფის მიმართ, რომელთაგან პირველი ორი განაპირობებს ნარჩენების დაშლის პროცესის სიჩქარეს, ქარი – მათ გავრცელებას გარემოში, ხოლო ღვარცოფს, ისევე როგორც წყალდიდობას, შეუძლია მათი განთავსების ადგილის დაზიანება ან განადგურება, თუმცა აღსანიშნავია, რომ ღვარცოფს ადგილი აქვს მხოლოდ მთაგორიანი რელიეფის პირობებში, რაც მსხვილი დასახლებებისთვის მის ზემოქმედებას საკმაოდ იშვიათად აქცევს. დანარჩენი კლიმატური პარამეტრებისადმი აღნიშნული დარგი უმნიშვნელოდ მგრძობიარედ იქნა ჩათვლილი, თუ არ მივიღებთ მხედველობაში იმ გამონაკლის შემთხვევებს, როცა ნაგავსაყრელი განთავსებულია უშუალოდ ზღვის სანაპირო ზოლის სიახლოვეში და მისი დონის აწევის შედეგად შეიძლება მოხდეს გარემოს საგრძობი დაჭუჭყიანება.

ამ შეფასების შედეგებიდან ჩანს, რომ საქართველოს ეკონომიკის დარგების შერჩეული ჯგუფები ყველაზე მგრძობიარედ შეიძლება ჩაითვალოს გვალვის, უხვი ნალექისა და მათთან დაკავშირებული წყალდიდობების მიმართ, აგრეთვე ჰაერის მაქსიმალური და მინიმალური ტემპერატურებისადმი, ხოლო მინიმალური მგრძობიარობით იგი ხასიათდება ატმოსფერული წნევისა და ელექციისადმი. საკმაოდ

მაღალი გამოდგა ეკონომიკის მგრძობიარობა თოვლისა და ზეავეების მიმართაც, მაგრამ ეს რისკ-ფაქტორი შენიღბულად იმეორებს უხვ ნალექებთან დაკავშირებულ მგრძობიარობას. რაც შეეხება ზღვის დონის აწევას, თავისთავად ეს ფაქტორი მეტად დიდ რისკთანაა დაკავშირებული კოლხეთის დაბლობზე მოქმედი ეკონომიკის ბევრ სექტორთან (სოფლის მეურნეობა, ტრანსპორტი, კომუნალური მეურნეობა და სხვ.), მაგრამ ახლო მომავალში მის მიმართ ყველაზე მგრძობიარე ანუ მოწყვლად სექტორად უნდა ჩაითვალოს შავი ზღვის სანაპირო ზონის ინფრასტრუქტურა (ძირითადი ადჰუერვილობა, მომსახურების საშუალებები, საწარმოები დანადგარებით, დაწესებულებები და სამსახურები, რომლებშიც შედის გზები, სკოლები, ელექტროენერჯის, გაზისა და წყლის მიმწოდებელი სისტემები, ტრანსპორტი და კავშირგაბმულობა. საკანონმდებლო და კანონდამცავი სისტემები აგრეთვე უნდა ჩაითვალოს ინფრასტრუქტურის შემადგენელ ნაწილად).

ანალოგიური მიდგომით შეიძლება შეფასდეს აგრეთვე კლიმატური რისკების მიმართ საქართველოს ძირითადი ბუნებრივი ეკოსისტემების (ტყეების, საძოვრების და სათიბების, ნახევრადუდაბნოების, მთის ეკოსისტემების, ზღვის სანაპირო ზონის, წყლის რესურსების) მგრძობიარობაც.

განხილული კლიმატური რისკების (გვაღვა, უხვი ნალექები, წყალდიდობა, თოვლის ზეავეები, ღვარცოფი, მეწყერი, წაყინვა, სეტყვა, ჰაერის საშ. ტემპერატურის ცვლილება დროის ხანგრძლივ პერიოდში, ზღვის დონის ცვლილება) მიმართ ყველაზე მაღალი მგრძობიარობით გამოირჩევა ზღვის სანაპირო ზონა და წყლის რესურსები, აგრეთვე მთის ეკოსისტემები, ხოლო მინიმალური მგრძობიარობით – ნახევრად უდაბნოს ეკოსისტემები. ბუნებრივი ეკოსისტემების უმეტესობა მაქსიმალურ მგრძობიარობას იჩენს ჰაერის საშუალო ტემპერატურის ხანგრძლივპერიოდიანი ცვლილებისადმი მიმართ, რაც შეესაბამება კიდევ კლიმატის გლობალური ცვლილების პრობლემის შინაარსს. ამის შემდეგ მეორე

ადგილზეა გვაღვა, რომლის გამანადგურებელ შემოქმედებას განიცდის თითქმის ყველა ბუნებრივი ეკოსისტემა, ზღვის სანაპირო ზონის გარდა. მინიმალურ მგრძობიარობას ბუნებრივი ეკოსისტემები იჩენს სეტყვის და აგრეთვე თოვლის ზვავების, წაყინვისა და ზღვის დონის ცვლილების მიმართ. ეს აიხსნება სეტყვის, როგორც ლოკალური მოვლენის, ეკოსისტემებზე შემოქმედების მცირე მასშტაბით, ხოლო დანარჩენ სამ მოვლენასთან მიმართებით მოქმედებს განხილული ეკოსისტემების ბუნებრივი ადაპტაციის მექანიზმი.

3. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა

3.1. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ძირითადი პრინციპები

გლობალურმა დათბობამ, რომელმაც აშკარა გამოვლინება დაიწყო 1980-იანი წლებიდან, მრავალი საფრთხე შეუქმნა კაცობრიობას (ზღვის დონის აწევა, გაუდაბნობა, სტიქიური მოვლენების გამძაფრება, ყინულისა და თოვლის ზედაპირების შემცირება და სხვ.) ამ პროცესებთან გასამკვლავებლად საჭირო გახდა გლობალური მასშტაბით კოორდინირებული პოლიტიკის შემუშავება, რომელიც უზრუნველყოფდა მათი უარყოფითი შედეგების შერბილებას და დათბობის მთავარი მიზეზის – სათბურის გაზების ემისიების შემცირებას მომავალში დათბობის შემდგომი კატასტროფული ზრდის შესაჩერებლად.

ტერმინი „კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა“ გულისხმობს იმ პროგრამებისა და ღონისძიებათა ერთობლიობას, რომელიც ეროვნულ თუ საერთაშორისო დონეზე ტარდება კლიმატის ცვლილების შედეგებთან ადაპტირებისა და სათბურის გაზების ემისიის შემცირების მიზნით. ამ პოლიტიკის პრინციპებს საფუძველი ჩაეყარა 1992 წელს გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის მიღებასთან ერთად, ხოლო განსაკუთრებული აქტუალობა მან 1997 წელს კიოტოს ოქმის (პროტოკოლის) გაფორმების შემდეგ შეიძინა.

გაეროს კლიმატის ცვლილების კონვენციასთან მიერთებული ყველა ქვეყანა ვალდებულია, თავისი შესაძლებლობების ფარგლებში, ჩამოაყალიბოს და განახორციელოს კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა, რომელიც გამიზნული უნდა იყოს კონვენციის ძირითადი მიზნების – სათბურის გაზების კონცენტრაციის სტაბილიზაციის შესასრულებლად.

კონვენციის უმთავრესი მიზნის მიღწევასთან ერთად, კონვენცია ავალდებულებს მიერთებულ ქვეყანას:

- განავითაროს სათბურის გაზების ანთროპოგენული ემისიების, აგრეთვე შთანთქმის ობიექტების ეროვნული ინვენტარიზაციები;
- შეიმუშავოს და განახორციელოს ეროვნული და რეგიონული პროგრამები, რომლებიც შეიცავს სათბურის გაზების ემისიების შემამცირებელ ღონისძიებებს და ხელსუწყობს კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციას;
- ხელი შეუწყოს სათბურის გაზების შთანთქმის ობიექტებისა და რეზერვუარების მდგრად მართვას/ მენეჯმენტს;
- ითანამშრომლოს კლიმატის ცვლილებასთან საადაპტაციო ღონისძიებათა მომზადებაში;
- ხელი შეუწყოს და ითანამშრომლოს კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის პრინციპების ჩასართავად პოლიტიკის ზოგად პრინციპებში და მათთან დაკავშირებულ სფეროებში (მეცნიერება, ტექნიკა, განათლება და სხვ.);
- მოამზადოს ანგარიშები ინვენტარიზაციისა და შესაბამისი პოლიტიკური ღონისძიებების ჩატარების შესახებ.

ამ ჩამონათვლიდან გამომდინარეობს, რომ ქვეყანაში წარმოებული კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის მთავარ პრინციპებს უნდა შეადგენდეს:

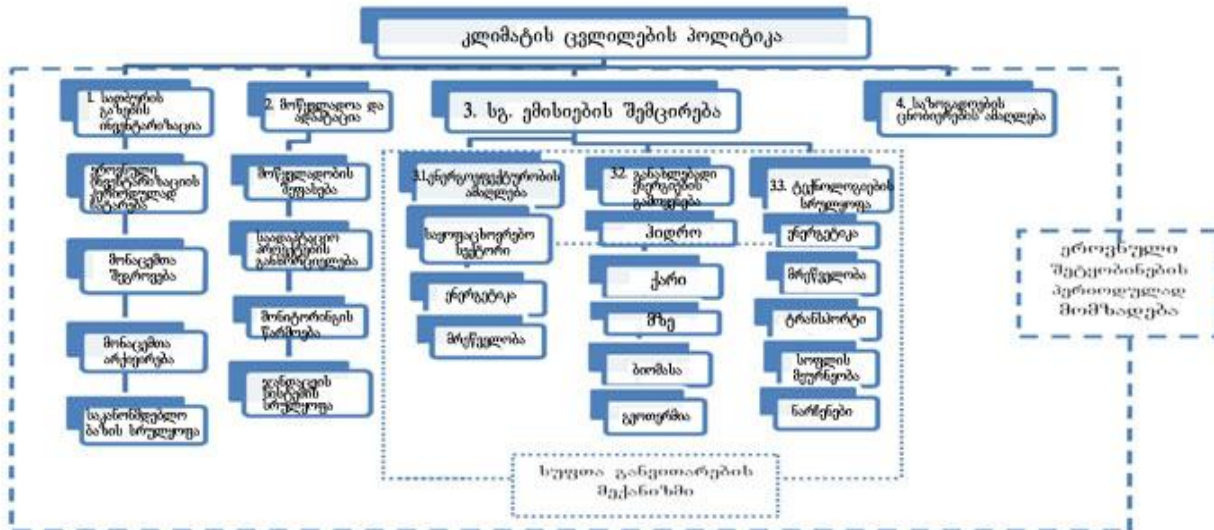
- სათბურის გაზების ინვენტარიზაციის პერიოდული ჩატარება;
- სათბურის გაზების ემისიების შემცირება ენერგოეფექტური ტექნოლოგიებისა და განახლებადი ენერჯის წყაროების ათვისების ხელშეწყობის გზით (მითიგაცია); სათბურის გაზების შთანთქმის გაძლიერება გატყიანებისა და ტყეების აღდგენის ღონისძიებათა სტიმულირების მეშვეობით (მითიგაცია);
- კლიმატის ცვლილებასთან საადაპტაციო ღონისძიებათა მომზადება და განხორციელება (ადაპტაცია);

➤ ფართო საზოგადოების შემეცნების დონის ამაღლება.

კონვენციის წევრი თითოეული ქვეყანა, რომელთა რიცხვი ამჟამად 190-ს აღწევს, პოლიტიკას კლიმატის ცვლილების დარგში აყალიბებს თავისი ინტერესებისა და შესაძლებლობების შესაბამისად. ეს აისახება ქვეყნის მიერ მომზადებულ ეროვნულ შეტყობინებებში, რომლებიც პერიოდულად წარედგინება კონვენციის მმართველ ორგანოს – მხარეთა კონფედერაციას. ნახ.3.1.1-ზე წარმოდგენილია კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის შემადგენელი ელემენტების ურთიერთკავშირის სქემა.

ამ ნახაზზე კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა დაყოფილია 4 ძირითად ბლოკად, რომელთაგან მე-3 ბლოკში შემაგალი ყველა ელემენტი პოტენციურად გაერთიანებულია სუფთა განვითარების მექანიზმის ჩარჩოში, რაც მოწმობს საერთაშორისო თანამშრომლობის ამ ფორმის დიდ შესაძლებლობებს კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებული ამოცანების დაძლევის გზაზე.

ოთხივე ბლოკში წარმოებული სამუშაოები ერთიანდება ეროვნული შეტყობინების მომზადების ჩარჩოში, რადგანაც ეს დოკუმენტი ვალდებულია ასახოს კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ფარგლებში გარკვეულ პერიოდში შესრულებული ყველა სამუშაოს შინაარსი.



ნახ. 3.1.1. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ელემენტებს შორის ურთიერთკავშირის ქემა

3.2 კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ძირითადი ელემენტები

*** სათბურის გაზების ინვენტარიზაცია**

ამ პროცესის მიზანს შეადგენს ქვეყნის ტერიტორიაზე სათბურის გაზების (სგ) ემისიის წყაროების და შთანთქმის ობიექტების შეძლებისდაგვარად სრული აღრიცხვა და დახასიათება.

*** მოწვევადობა და ადაპტაცია**

ქვეყანა ვალდებულია ეროვნული შეტყობინების დოკუმენტში სათბურის გაზების ინვენტარიზაციასთან ერთად აღწეროს კლიმატის მიმდინარე ცვლილებისადმი თავისი ტერიტორიის მოწვევადობა და მისი ადაპტაციის შესაძლებლობანი.

მოწვევადობა კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ზიანის მიმართ ბუნებრივი, ეკონომიკური ან სოციალური სისტემის მგრძობიარობის ზომაა. სისტემა ძლიერ მოწვევადია, თუ ის ძლიერ მგრძობიარეა კლიმატის ცვლილებისადმი, ხოლო მისი ადაპტაციის უნარი მეტად შეზღუდულია.

ადაპტაცია წარმოადგენს ბუნებრივი სისტემების ან ეკონომიკის შეგუების საზომს კლიმატის მიმდინარე ან მოსალოდნელი ზემოქმედების გამოვლენის მიმართ.

ზოგჯერ კლიმატის ცვლილების მავნე ზემოქმედება იმდენად მრავალმხრივი და მკვეთრია, რომ ბუნებრივი ადაპტირების უნარი შეიძლება საკმარისი არ აღმოჩნდეს დარღვეული წონასწორობის აღსადგენად და ესა თუ ის სისტემა (ეკოლოგიური, ეკონომიკური, სოციალური) მოწვევადი აღმოჩნდეს მოცემული ზემოქმედებისადმი. ასეთ შემთხვევაში აუცილებელი ხდება საადაპტაციო ღონისძიებების გატარება, რომელთა შინაარსი და მასშტაბები განისაზღვრება კონკრეტული ქვეყნის და პრობლემის სპეციფიკიდან გამომდინარე.

ადაპტაციის ერთ დარგში ჩატარებული საქმიანობა ხშირად იძლევა შედეგებს მეორე დარგში. მაგ., გვალვის

შედევების შერბილებას შეიძლება მოჰყვეს მოსახლეობის ჯანმრთელობის მდგომარეობის გაუმჯობესება, ამიტომ საადაპტაციო პოლიტიკის განხორციელება ხშირად ითვალისწინებს კომპლექსურ შესწავლას, რომლის მიზანია დარგებს შორის კავშირების გამოვლენა და შეფასება. ასეთი შეფასების შედეგები წარმატებით იქნება გამოყენებული კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის მიმართ ეროვნული შეტყობინებების შედგენისას.

***სათბურის გაზების ემისიების შესამცირებლად გამიზნული ღონისძიებები**

ჭინა საუკუნის 80-იანი წლებიდან აშკარა გამოვლენა დაიწყო კლიმატის გლობალურმა დათბობამ, რომლის ძირითად მიზეზად მაღალი ალბათობით მიიჩნევა ატმოსფეროში სათბურის გაზების (სგ) კონცენტრაციის მკვეთრი ზრდა. ბოლო ორი საუკუნის მანძილზე მთავარ სათბურის გაზის – CO₂-ის კონცენტრაცია გაიზარდა 36%-ით, რამაც გამოიწვია გლობალური საშუალო წლიური ტემპერატურის მატება 0.7°C-ით. მოდელური გათვლების თანახმად, იმისათვის, რომ მომატებამ არ გადააჭარბოს 2°C-ს (რის შემდეგ მოსალოდნელია გლობალურ კლიმატურ სისტემაში შეუქცევადი პროცესების დაწყება), CO₂-ის კონცენტრაციამ არ უნდა მოიმატოს 60%-ზე მეტად. ენერჯიაზე თანამედროვე მოთხოვნილების გათვალისწინებით, ეს ამოცანა ძნელად განხორციელებადი იქნება, თუ კაცობრიობამ არ აამოქმედა სათბურის გაზების ემისიის შემამცირებელი ეფექტური მექანიზმები.

ერთ-ერთ ასეთ მექანიზმს წარმოადგენს გაეროს კლიმატის ჩარჩო კონვენციის (UNFCCC) 1997 წელს მიღებული კიოტოს ოქმი, რომელიც განსაზღვრავს ინდუსტრიულად განვითარებულ და განვითარებად ქვეყნებს შორის თანამშრომლობის სხვადასხვა ფორმებს, მათ შორის **სუფთა განვითარების მექანიზმს (სგმ)**. ეს მექანიზმი ამჟამად ძირითად როლს ასრულებს

განვითარებადი და გარდამავალი ეკონომიკის მქონე ქვეყნებისადმი თანამედროვე ტექნოლოგიების გადაცემის განხორციელებაში.

სგმ შეიძლება შეიცავდეს პროექტებს ეკონომიკის შემდეგ სექტორებში:

- ❖ განახლებადი ენერჯის გამოყენება მოხმარების ქვესექტორებში;
- ❖ საწვავის ჩანაცვლება ეკოლოგიურად უფრო სუფთა საწვავით;
- ❖ სათბურის გაზების ემისიების შემცირება სოფლის მეურნეობასა და ინდუსტრიულ პროცესებში;
- ❖ სგ ემისიების შემცირება გამსხნელების გამოყენებაში და ნარჩენების მართვაში;
- ❖ სათბურის გაზების შთანთქმის გაძლიერება გატყიანებისა და ტყეების აღდგენის ქვესექტორში.

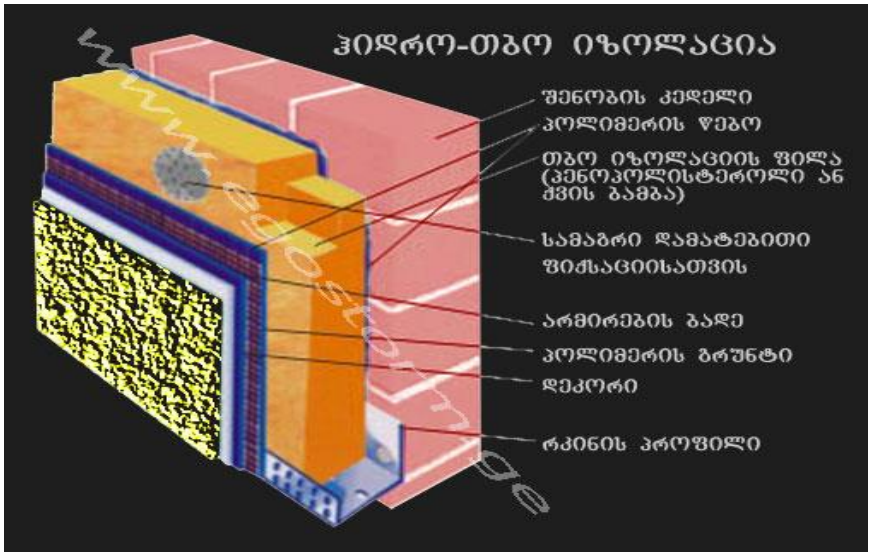
კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაში მიღებული ტერმინოლოგიის თანახმად, ყველა ეს საკმიანობა ერთიანდება ე.წ. **მითიგაციის** (Mitigation-შერბილება/შესუსტება) მიმართულებით, რომელიც კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისო საბჭოს განმარტებით წარმოადგენს „ღონისძიებათა ერთობლიობას კლიმატურ სისტემაზე ანთროპოგენული ზეწოლის შესასუსტებლად; იგი მოიცავს სათბურის გაზების წყაროებისა და მათგან ემისიების შესამცირებლად, აგრეთვე სათბურის გაზების შთანთქმის გასაძლიერებლად მიმართულ სტრატეგიებს“.

ზემოაღნიშნულ პროექტებში მონაწილე ექსპერტთა მიერ შერჩეული იქნა მითიგაციის ერთმანეთისაგან განსხვავებული, პრიორიტეტული ტექნოლოგიები:

საცხოვრებელი და საოფისე შენობების ენერგომოხმარების ქვესექტორში:

- ენერგოეფექტური სამშენებლო კონსტრუქციები და შენობების თერმოიზოლაცია. ენერგოეფექტური კარი და ფანჯრები, გარე კედლების ჰიდრო-

თბოიზოლაცია (ნახ. 3.2.1), ღრეწობის ამოცემა, საერთო მოხმარების ადგილების თერმოიზოლაცია, რაც უზრუნველყოფს აგრეთვე შენობის ექსპლოატაციის გახანგრძლივებასა და ეკონომიკურ ეფექტურობას.



ნახ. 3.2.1. შენობების გარე კედლების ჰიდრო-თბოიზოლაცია ([27])

- სითბური ტუმბოების გამოყენება ჰაერის გასათბობად და გასაგრილებლად. ამ ტექნოლოგიის გამოყენება განსაკუთრებით ეფექტურია გეოთერმულ წყალთან კომბინაციაში.
- ენერგოეფექტური განათება (ფლუორესცენტული მილაკები და ენერგოეფექტური კომპაქტური ფლუორესცენტული ნათურები, სინათლის გამასხივებელი დიოდები).

²⁷ <http://www.egostorm.ge/tboizol.html>

ტრანსპორტის ქვესექტორში:

- ქალაქში საზოგადოებრივი ტრანსპორტის სისტემის განვითარების ხელშეწყობა;
- ელექტრული (ნახ. 3.2.2) ტრანსპორტის დანერგვა და რეაბილიტაცია;
- კერძო ტრანსპორტის გამოყენების შემზღვეველი ღონისძიებები;



ნახ. 3.2.2. ელექტროავტომობილი ([28])

- საზოგადოებრივი ელექტროტრანსპორტის განახლებული სახით აღორძინება და გაფართოება (ნახ. 3.2.3);
- ავტომანქანებში ბუნებრივი გაზის გამოყენება, რაც ეკონომიკურ ეფექტურობასთან ერთად უზრუნველყოფს გარემოსდაცვით და სოციალურ სარგებლიანობას;
- ბიოდიზელის საწვავის გამოყენება.



ნახ. 3.2.3. განახლებული ტრამვაის მაგალითი ([29])

განახლებადი ენერჯიების ქვესექტორში:

- შეშის ენერგოეფექტური ღუმლების დანერგვა. შეშა საქართველოში საყოფაცხოვრებო მიზნებისათვის თბური ენერჯიის წარმოების მეორე უმნიშვნელოვანესი წყაროა გაზის შემდეგ, რომლის ეფექტურად გამოყენებას დიდი მნიშვნელობა აქვს როგორც ტყეების დაცვისათვის, ისე სათბურის გაზების ემისიის შემცირებისთვის. რეკომენდებულია აგრეთვე უფრო ენერგოეფექტური, სამხერხაოების ნარჩენებისგან დამზადებული ფილებისა და ბრიკეტების გამოყენება;
- ხე-ტყის ბიომასის გამოყენება თბომომარაგებაში;

²⁹საძიებო სისტემა – Google - ტრამვაი

- გეოთერმული წყლების გამოყენება საყოფაცხოვრებო, სასოფლო-სამეურნეო და სამრეწველო მიზნებისათვის.
- მზის ენერჯის გამოყენება ელექტროენერჯისა და სითბოს მისაღებად (ნახ. 3.2.4),
წყლის ჰელიოგამათობლები სხვადასხვა ტიპის კოლექტორებითა და სითბოს გამანაწილებლებით, მზის ენერჯით ოთახის გამათობლები, რომლებშიც მზის ენერჯით გამთბარი წყალი გამოიყენება აგრეთვე ჰაერის გასათბობად;
- ქარის ენერჯის გამოყენება (ნახ. 3.2.5);



ნახ. 3.2.4. მზის ელექტროსადგური ([30])

³⁰საძიებო სისტემა – Google -მზის ელექტროსადგური

- მიკროკოგენერაციული სისტემები ოჯახური მოხმარებისათვის, შესაძლებელია ბიოგაზის გამოყენებით (ნახ. 3.2.6)



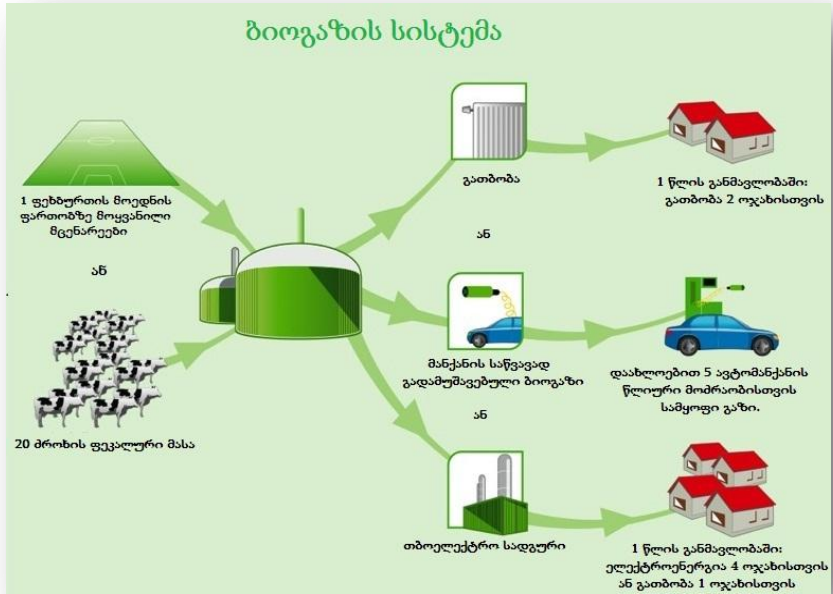
ნახ. 3.2.5. ქარის ელექტროსადგური [(31)]

საქართველოში მიმდინარე სამუშაოები, მითიგაციასთან ერთად, შეიცავს ადაპტაციის მიმართულებასაც, რომლის ძირითადი მიზანია კლიმატის ცვლილების შედეგებთან შეგუების სტრატეგიების დამუშავება მოსალოდნელი ზარალის მინიმუმამდე დასაყვანად.

ადაპტაციის სფეროში კლიმატის ცვლილებისადმი შერჩეული იქნა განსხვავებულ ფიზიკურ-გეოგრაფიულ პირობებში მყოფი 3 რეგიონი:

1) შავი ზღვის სანაპირო ზონა (ანაკლია, მდ. რიონის დელტა, ბათუმი-ადლიას სეგმენტი), რომლის მნიშვნელობა არსებული და დაგეგმილი ობიექტების გათვალისწინებით მეტად დიდია;

³¹energoblogi.wordpress.com განახლებადი წყაროები



ნახ. 3.2.6. ბიოგაზის გამოყენება ოჯახური მოხმარებისათვის [(32)]

2) მთიანი აჭარა და ქვემო სვანეთი განიხილება როგორც ტიპური მთის რეგიონები, რომლებისთვისაც დამახასიათებელია კლიმატის ცვლილების შედეგად სტიქიური მოვლენების (წყალმოვარდნების, მეწყერის, ღვარცოფის) საგრძნობი გააქტიურება და 3) დედოფლისწყაროს რაიონი, რომელიც მდებარეობს ქვეყნის ყველაზე არიდულ ტერიტორიაზე და შეიძლება განხილულ იქნას როგორც სოფლის მეურნეობისა და ბუნებრივი ეკოსისტემების გაუდაბნოების საფრთხესთან ბრძოლის მაგალითი.

კლიმატის ცვლილების მოსალოდნელი საფრთხის თავიდან ასაცილებლად შერჩეულ იქნა ცალკეული სექტორისა და ქვესექტორისათვის პრიორიტეტული საადაპტაციო ტექნოლოგიები:

1 სექტორი – შავი ზღვის სანაპირო ზონა ტექნოლოგიები

ანაკლიის სეგმენტი

- პლაჟების ხელოვნური კვება გარეშე წყაროებიდან მოპოვებული ინერტული მასალით (რეფულირება);
- ხელოვნური კონცხის აგება;
- ხელოვნური წყალქვეშა რიფების ე.წ. რიფბოლების მოწყობა (ნახ. 3.2.7);
- ნაპირების გასწვრივ დიუნების ხელოვნური ამადლება და გაფართოება (ნახ. 3.2.8).

მდ. რიონის დელტა

- ნაპირების რეფულირება
- ქვანაყარი ბერმების აგება (ნახ. 3.2.9);
- ქალაქის არხის გამტარუნარიანობის გაზრდა.

ბათუმ-ადლიას სეგმენტი

- ნაპირების რეფულირება
- ქვანაყარი ბერმების აგება.

მთიანი აჭარა-ქვემო სვანეთი

- ნიადაგის წყლისმიერ ეროზიასთან ბრძოლა (ნახ. 3.2.10);
- USLE მეთოდი;
- დატერასება.



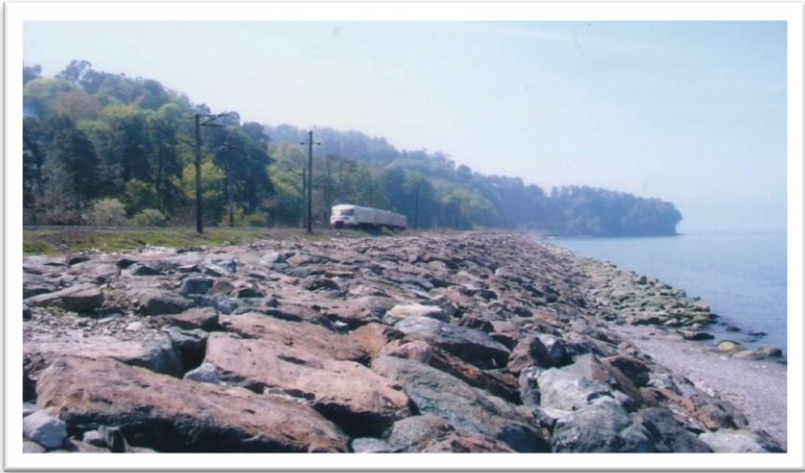
ნახ. 3.2.7. რიფბოლების საერთო ხედი [(33)]



ნახ. 3.2.8. ხელოვნური დიუნების საერთო ხედი [(33)]

³³ კლიმატის ცვლილებისა და ტექნოლოგიების საჭიროების შეფასება. საქართველოს გარემოსდაცვითი ბუნების დაცვის სამინისტრო. თბ., 2012, გვ. 25

³³ იქვე, გვ. 26.



ნახ. 3.2.9. ნაპირდამცავი ბერმა (მწვანე კონცხი-ჩაქვის მონაკვეთი) [(34)]



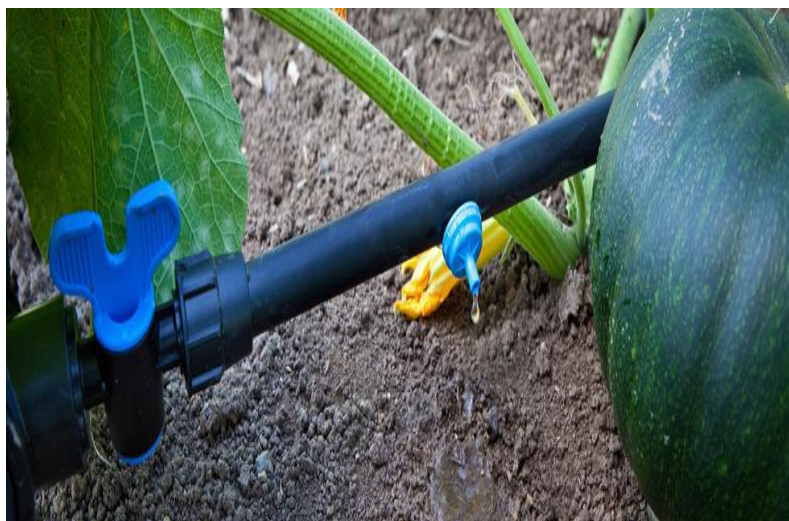
ნახ. 3.2.10. მთიან აჭარაში მიწის ეროზიის მაგალითი[(35)]

³⁴ კლიმატის ცვლილების და ტექნოლოგიების საჭიროების შეფასება. საქართველოს გარემოსა და ბუნების დაცვის სამინისტრო. თბ., 2012, გვ. 26.

³⁵ საძიებო სისტემა – Google – მიწის ეროზია აჭარაში.

სექტორი 2. – დედოფლისწყაროს რაიონი ტექნოლოგიები

- ქარსაცავი ზოლების რეაბილიტაცია და გაშენება;
- წვეთოვანი რწყვის დანერგვა (ნახ. 3.2.11);
- ხელოვნური დაწვიმების ტექნოლოგიის ათვისება (ნახ. 3.2.12).



ნახ. 3.2.11. წვეთოვანი მორწყვა საზამთროსა და ბაღჩეულის ნათესებში [(36)]

*** საზოგადოების ცნობიერების ამაღლება**

იმის გათვალისწინებით, რომ კლიმატი და მისი ცვლილება უშუალო ზეგავლენას ახდენს ადამიანის საკმისობის თითქმის ყველა სფეროზე, კლიმატის ცვლილების პრობლემაზე საზოგადოების ცნობიერების დონის ამაღლებას არსებითი მნიშვნელობა აქვს იმ

³⁶საძიები სისტემა – Google - წვეთოვანი მორწყვა



ნახ. 3.2.12. დაწვიმებით რწყვა მზის ფოტო ელექტროტუმბოს გამოყენებით [(37)]

ლონისძიებათა წარმატებული შესრულებისთვის, რომელიც მიზნად ისახავს კლიმატის ცვლილების ნეგატიური შედეგების შერბილებას და მათთან ადაპტირებას. ამის გამო, კლიმატის ცვლილების კონვენციაში, სამეცნიერო გამოკვლევებთან ერთად, სათანადო ყურადღება ექცევა აღნიშნული მიმართულებით საქმიანობის წარმოებას. მასში შედის კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული საკითხების ინტეგრაცია სხვადასხვა დონის სასწავლო პროგრამებში—საშუალო სკოლის დაბალი კლასებიდან დაწყებული საუნივერსიტეტო კურსებით დამთავრებული.

სასწავლო-საგანმანათლებლო პროგრამებთან ერთად საზოგადოების ცნობიერების დონის ამაღლება ითვალისწინებს პოლიტიკოსების, მეწევერების, პროფესიონალების, ჟურნალისტების, არასამთავრობო

³⁷ საძიებო სისტემა – Google - ხელოვნური დაწვიმება

ორგანიზაციების წარმომადგენლების, კერძო სექტორის (მათ შორის ფერმერების) მონაწილეობას კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულ საქმიანობაში. ეს მიმართულება გულისხმობს საზოგადოების აღნიშნული წრეების ჩართვას მითიგაციისა და კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის პროექტების მომზადებასა და შესრულებაში, კლიმატის ცვლილების საკითხების ინტეგრირებას ეროვნული ეკონომიკის განვითარების გეგმებში.

საზოგადოებრივი შექმენების დონის ამაღლებაში, ინფორმაციის გავრცელების ყველა საშუალებაში, კლიმატის ცვლილების საკითხებში მნიშვნელოვანი წვლილი მიუძღვის ჟურნალისტების მიერ სისტემატური გადაცემების/რეპორტაჟების ორგანიზებას, რაც ხელს უწყობს საზოგადოების ყველა ფენის ჩართვას ამ პრობლემასთან დაკავშირებულ დისკუსიებსა და საქმიანობაში. ამ მიმართულებას მიეკუთვნება აგრეთვე პოპულარული, სამეცნიერო-პოპულარული და სპეციალური ლიტერატურის მომზადებასა და გავრცელებასთან ერთად, თემატური ლექციებისა და სემინარების ჩატარებასთან დაკავშირებული საქმიანობა.

3.3. კლიმატის ცვლილების პოლიტიკა საქართველოში

საქართველოში კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის დარგში გადადგმულ პირველ ნაბიჯს წარმოადგენდა 1995 წელს თ. გზირიშვილის ინიციატივით მომზადებული კლიმატის ცვლილების ეროვნული პროგრამის დამტკიცება. მისი შესრულების პირველი შედეგების გათვალისწინებით 1997–1999 წლებში გაეროს განვითარების პროგრამის (UNDP) და გლობალური გარემოს დაცვის ფონდის (GEF) ხელშეწყობით ქვეყანამ მონაზადა პირველი ეროვნული შეტყობინება. ამ დოკუმენტის წარდგენის შემდეგ, 1999–2003 წლებში საქართველოში კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებით, შესრულდა კიდევ ბევრი პროექტი

ენერგოეფექტურობის, ახალი ტექნოლოგიების შემოტანისა და მცირე ჰიდროენერგეტიკის დარგში, რომელთა განხორციელებაში მონაწილეობდნენ საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო, ენერგეტიკის სამინისტრო, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, სხვადასხვა კვლევითი ინსტიტუტი და არასამთავრობო ორგანიზაციები. მომდევნო წლებში UNDP/GEF ხელშეწყობით შესრულდა აგრეთვე პროექტი საზოგადოებრივი ცნობიერების ამაღლების დარგში (2005), მასშტაბური პროექტი განახლებადი ენერგორესურსების ათვისებაზე ადგილობრივი ენერგომომარაგების მიზნით (2004-2009), რომელშიც მონაწილეობდა გერმანიის მთავრობა. ევროკომისიის დახმარებით განხორციელდა პროექტი ქვეყანაში სუფთა განვითარების მექანიზმის განვითარების ხელშესაწყობად (2004-2006). ენერგოეფექტურობის დარგში პროექტები შესრულდა ენერგოეფექტურობის ცენტრში, აგრეთვე სხვადასხვა არასამთავრობო ორგანიზაციის მიერ. 2003 წლამდე ამ სამუშაოებს ხელმძღვანელობდა გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტროსთან შექმნილი კლიმატის ცვლილების ეროვნული სააგენტო, ხოლო შემდგომში ეს ფუნქციები დაევალა ამავე სამინისტროს ჰიდრომეტეოროლოგიისა და კლიმატის ცვლილების სამმართველოს.

2009 წლისთვის კლიმატის ცვლილების კონვენციის მოთხოვნათა შესაბამისად საქართველოში ჩატარებულ სამუშაოები შეჯამდა ქვეყნის მეორე ეროვნულ შეტყობინებაში, რომელშიც სათანადო ყურადღება დაეთმო სათბურის გაზების ინვენტარიზაციის ეროვნული სტრატეგიის დამუშავებას, კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ქმედებების სტრატეგიას (ადგილობრივი პოტენციალის გაძლიერება კონვენციის პრინციპების განსახორციელებლად, მოწყვლადობის შეფასება და ადაპტაცია, სათბურის გაზების ემისიების შემცირება, სუფთა და საადაპტაციო ტექნოლოგიების განვითარება და შემოტანა, ცნობიერების ამაღლება). მასში მოყვანილია

აგრეთვე სტრატეგიული სამოქმედო გეგმები შერჩეულ სამ საპილოტო რეგიონში საადაპტაციო ღონისძიებათა განსახორციელებლად, 2010-2025 წლებში სათბურის გაზების ემისიის შესამცირებლად და განხილულია ქვეყანაში სუფთა განვითარების მექანიზმის დანერგვის პერსპექტივები [38].

კლიმატის ცვლილების დარგში მომუშავე ქართველი სპეციალისტები აქტიურად თანამშრომლობენ მასმედიასთან: სისტემატურად მონაწილეობენ სპეციალურ სატელევიზიო პროგრამებში, ინტერვიუებს აძლევენ სხვადასხვა გამოცემის ჟურნალისტებს, გამოდიან საჯარო ლექციებით დაინტერესებული აუდიტორიების წინაშე, კითხულობენ სალექციო კურსებს უმაღლეს სასწავლებლებში, თუმცა ამ სამუშაოთა მოცულობა არ არის საკმარისი კლიმატის ცვლილების პრობლემისადმი საზოგადოების მზარდი ინტერესის დასაკმაყოფილებლად. საქართველოს წარმომადგენლები აქტიურად მონაწილეობენ კლიმატის ცვლილების კონვენციის სხვადასხვა ორგანოს მუშაობაში, რაც ხელს უწყობს საერთაშორისო კონტაქტების გაღრმავებას.

ამჟამად დასრულებულია მუშაობა გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის საქართველოს მესამე ეროვნულ შეტყობინებაზე, რომელშიც განხილულია კლიმატის ცვლილების მიმართ აჭარის, ზემო სვანეთისა და კახეთის ადაპტაციის საკითხები.

³⁸ საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისათვის. თბ., 2009.

3.4. საქართველოსთვის პერსპექტიული მიმართულებები მითიგაციასა და ადაპტაციაში

მითიგაციის დარგში ენერგეტიკის სექტორი

- მიკროკოგენერაციული სისტემები ოჯახური მოხმარებისთვის, შესაძლებელია ბიოგაზის გამოყენებით;
- ქარის ტურბინები;
- ელექტროენერჯის წარმოება გეოთერმული ენერჯის გამოყენებით;
- მზის ენერჯის გამოყენება ელექტრული და თბური ენერჯის მისაღებად;
- მცირე ჰიდროენერჯეტიკა;
- წიაღისეული საწვავის გამოყენების ეფექტურობის ამაღლება;
- წვის პროდუქტების დამუშავება ატმოსფეროში მათი მავნე გაფრქვევების შესამცირებლად;
- ბიოგაზის გამოყენების ტექნოლოგიების გაუმჯობესება;
- მაღაროს გაზისა და ნაგავსაყრელის გაზის შეგროვებისა და კომბინირებულ ციკლში მათი გამოყენების ტექნოლოგიების დამუშავება;
- გაჟონვების შემცირება ბუნებრივი გაზის მანაწილებელი სისტემებიდან;
- შენობების გარე კედლების თერმოიზოლირება;
- შენობების ორიენტირება და ფასადების დამუშავება ენერგომოხმარების შესამცირებლად;
- შენობების გათბობისა და კონდიციონერების სისტემების ეფექტურობის ამაღლება;
- ენერგოეფექტური ღუმელები და გამათბობლები;
- ენერგოეფექტური ნათურები;
- მზის ენერჯიაზე მომუშავე განათების სისტემები;
- განახლებადი ენერჯიების ბაზაზე შენობების ავტონომიური ენერგომომარაგების უზრუნველყოფა.

მრეწველობის სექტორი

- ენერჯის დაზოგვა ცემენტის წარმოებაში, კვების მრეწველობაში, ქიმიურ მრეწველობასა და მეტალურგიაში.

ტრანსპორტის ქვესექტორი

- მძლელთა საინფორმაციო სისტემების დანერგვა;
- ქალაქში მოძრაობის სასიგნალო სისტემის სინქრონიზაცია;
- მცირენახშირბადიანი საწვავის გამოყენება;
- ჰიბრიდული და ელექტრული ავტომანქანების გამოყენება;
- ტრამვაის ხაზების გაფართოება.

სოფლის მეურნეობა

- სასოფლო-სამეურნეო წარმოების ნარჩენებზე მომუშავე კოგენერაციული სისტემების დანერგვა;
- წყლის დამზოგი ტექნოლოგიების, მაგ., წვეთოვანი მორწყვის სრულყოფა;
- ნაკელის გამოყენება.
- ტყის ჭრის ნარჩენების გამოყენება;
- სამხერხაოების ენერგოეფექტურობის ამაღლება.

ნარჩენების მართვა

- ნაგავსაყრელის მეთანის შეგროვება და კოგენერაციულ სადგურში მისი გამოყენება;
- მუნიციპალური მყარი ნარჩენების წვა ცენტრალური გათბობისა და ელექტროენერჯის გენერაციისათვის;
- მუნიციპალური მყარი ნარჩენების ბაზაზე ბიორეაქტორის ტექნოლოგიის დამუშავება;

- ორგანული ნარჩენების მართვის სრულყოფა;
- ნახშირი წყლების დამუშავების ტექნოლოგიების სრულყოფა.

ადაპტაციის დარგში

- შავი ზღვის სანაპირო ზონაში გლობალური დათბობის ნეგატიურ შედეგებთან გასამკლავებლად შესაბამისი საადაპტაციო ღონისძიებების დამუშავება;
- შავი ზღვის სანაპირო ზონაში, საქართველოს მყინვარებსა და გაუდაბნოების საშიშროების წინაშე მდგარ რაიონებში მონიტორინგის სისტემების მოწყობა კლიმატურ რისკებთან დაკავშირებულ საშიშროებათა შესახებ წინასწარი ინფორმაციის მისაღებად.
- აღმოსავლეთ საქართველოს არიდული რაიონებისთვის გვალვაგამძლე ჯიშების შერჩევა და ადაპტირების პირობების დადგენა;

თავი 4. გეოინჟინერიის თანამედროვე პრობლემები

4.1. გეოინჟინერიის საგანი

კაცობრიობის ისტორიის თანამედროვე ეტაპზე ტექნიკის მძლავრმა განვითარებამ შესაძლებელი გახადა ცალკეული ეკოსისტემის ლოკალურ მდგომარეობაზე ხელოვნური ზემოქმედების მიზანშეწონილი ჩატარება, რასაც საერთო ჯამში შეუძლია გლობალური ეფექტის მოხდენა. ამის მაგალითს წარმოადგენს ანთროპოგენული მიზნებით გამოწვეული კლიმატის მიმდინარე ცვლილება, რაც გეოინჟინერიის შესაძლებლობათა ერთ-ერთ დამადასტურებელ ფაქტად შეიძლება დასახელდეს.

1750 წლიდან, ე.წ. „ინდუსტრიული რევოლუციის“ დაწყებიდან გავლილი ორნახევარი საუკუნის მანძილზე კაცობრიობამ, ფაქტობრივად, ატმოსფეროზე უნებლიეთ გლობალური მასშტაბის ექსპერიმენტი ჩაატარა, ამოიღო რა დედამიწის სიღრმიდან მილიარდობით ტონა წიაღისეული საწვავი და თბური ენერჯის მისაღებად მიუერთა მასში შემავალი ნახშირბადი ატმოსფერულ ჟანგბადს. ეს პროცესი განსაკუთრებით გაძლიერდა XIX საუკუნის დასასრულიდან, შიგაწვის ძრავის გამოგონების შემდეგ, რამაც ახალი იმპულსი მისცა ატმოსფეროში CO₂-ის კონცენტრაციის ზრდას. ნიშანდობლივია, რომ სწორედ ამ წლებში შეედმა ქიმიკოსმა სვანტე არენიუსმა აღმოაჩინა, რომ ამ გაზს აქვს მზის მოკლელტალღოვანი რადიაციის გატარებისა, ხოლო გრძელტალღოვანი რადიაციის „ჩაჭერის“ თვისება, რასაც, როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, „სითბური ეფექტი“ ეწოდება. ამის გათვალისწინებით არენიუსმა იწინასწარმეტყველა, რომ ატმოსფეროში CO₂-ის კონცენტრაციის მატებას შედეგად მოჰყვება „დედამიწა-ატმოსფეროს“ სისტემაში სითბოს დაგროვება. 1960-იან წლებში, კომპიუტერული ტექნიკის განვითარებასთან ერთად, მათემატიკური მოდელირებით ჩატარებულმა გამოკვლევებმა ცხადყო გლობალური დათბობის საფრთხის რეალობა, რამაც 1990-იანი

წლებისათვის თითქმის აშკარად იჩინა თავი და 1992 წელს გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის მიღების აუცილებლობა გამოიწვია.

ამრიგად, გავლილი ორი საუკუნის მანძილზე წიაღისეული საწვავის მზარდი გამოყენების შედეგად ატმოსფეროს ქიმიური შედგენილობის არამიზანმიმართული შეცვლის გზით კაცობრიობამ საიმედოობის მაღალ დონეზე (0.90-0.95) დაამტკიცა „სათბურის ეფექტის“ თეორიის მართებულობა, რამაც ამჟამად ამ ეფექტის შედეგების განეიტრალების გზების ძიების პრობლემა დააყენა დღის წესრიგში. 2000-იანი წლების დასაწყისიდან ერთ-ერთ ასეთ გზად გეოინჟინერია მიიჩნევა.

გეოინჟინერია წარმოადგენს დედამიწის ოკეანეებზე, ხმალეთსა და ატმოსფეროზე ფართომასშტაბურ საერთაშორისო ზემოქმედებას, რომელიც უფრო ხშირად გამოიყენება კლიმატის ცვლილებასთან ბრძოლის კონტექსტში. მასში განიხილება სქემების დიდი სიმრავლე, რომელიც მოიცავს გოგირდის ნაწილაკების (აეროზოლების) გაფრქვევას სტრატოსფეროში მზის რადიაციის ასარეკლად (ე.წ. „მზის რადიაციის მართვას“), რკინის ნაწილაკების ჩაყრას ოკეანეებში ნახშირორჟანგის მშთანთქმელი პლანქტონის საკვებად, ღრუბლებში იოდოვანი ვერცხლის გაფრქვევას დიდ ფართობებზე წვიმის გამოსაწვევად, გენეტიკურად მოდიფიცირებული ისეთი მცენარეების გამოყვანას, რომელთა ფოთლები მზის რადიაციის გაზრდილი ამრეკლადობით ხასიათდება და სხვ. ამრიგად, გეოინჟინერია აერთიანებს ახალ და მრავალფეროვან ტექნოლოგიებს, რომლებიც აქამდე კლასიფიცირებული იყო როგორც მზის რადიაციის მართვა/მენეჯმენტი (SRM), ნახშირორჟანგის შთანთქმა და სეკვესტრირება (დაგროვება) და ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედება.

4.2. მზის რადიაციის მართვა

მზის რადიაციის მართვის ტექნოლოგიები მიზნად ისახავს სათბურის გაზების მიერ გამოწვეული ეფექტის განეიტრალებას მზიდან მოსული სხივური ენერჯიის კოსმოსში დაბრუნების/არეკვლის გზით. ეს ტექნოლოგიები მოიცავს ატმოსფეროს ზედა ფენებში მზის რადიაციის ამრეკლავი ნაწილაკების გაფრქვევას, მზიდან მოსული რადიაციის ბლოკირებას „კოსმოსური საჩრდილობლებით“ და უდაბნოების ზედაპირის დაფარვას ამრეკლავი საფარით. ამ ტექნოლოგიებიდან არცერთი არ ამცირებს სათბურის გაზების კონცენტრაციას ატმოსფეროში და ისინი გამოზნულია მხოლოდ ამ გაზებით გამოწვეული გვერდითი ეფექტების (დედამიწის ზედაპირისა და ჰაერის ტემპერატურის ზრდის) შესამცირებლად.

SRM ტექნოლოგიებს შეუძლია გარემოსთვის მნიშვნელოვანი ზიანის მიყენება, მათ შორის დამატებითი სათბურის გაზების გამოყოფა, ატმოსფერული ცირკულაციისა და ნალექწარმოქმნელი პროცესების შეცვლა, ოზონის შრის დაზიანება, ბიომრავალფეროვნების გაღარიბება და კლიმატის მოულოდნელი და მკვეთრი ცვლილებების გამოწვევა. SRM არ შეეხება ატმოსფეროში სათბურის გაზებისა და ოკეანის მჟავიანობის ცვლილების პრობლემას. ამას ემატება პოლიტიკური ხასიათის გაურკვევლობაც – ვინ გააკონტროლებს დედამიწის პლანეტარულ თერმოსტატს? როგორი იქნება ცალკეული ქვეყნის, კორპორაციის ან თუნდაც მილიარდერის მიერ ამ ტექნოლოგიის გამოყენების თაობაზე მიღებული გადაწყვეტილების შედეგები?

გეოინჟინერიაში შემავალი SRM ტექნოლოგიებიდან აღსანიშნავია:

- **ხელოვნური ვულკანი.** სტრატოსფეროში ნაწილაკების (მაგ., გოგირდის, ტიტანის დიოქსიდის) უწყვეტი გაფრქვევა მზიდან მოსული

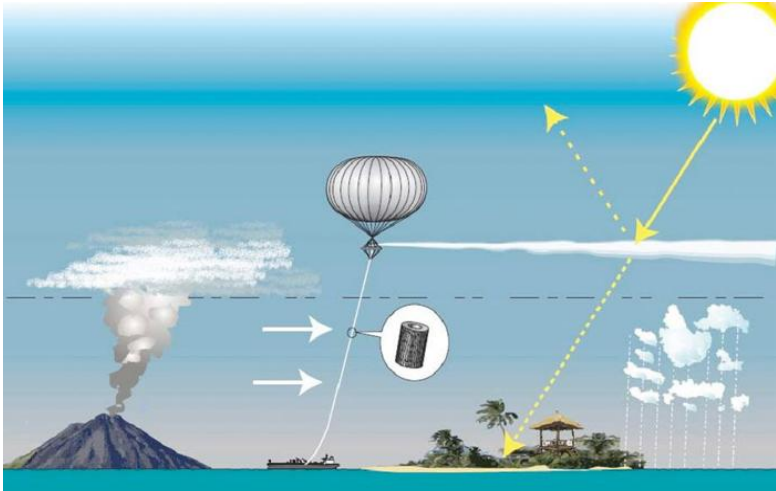
რადიაციის არეკვლის გასაზრდელად; ნაწილაკები შეიძლება გაბნეული იყოს სტრატოსფეროში თვითმფრინავებიდან, საარტილერიო დანადგარებიდან, გიგანტურ აეროსტატებზე მიმაგრებული შლანგებიდან (ნახ. 4.2.1 და 4.2.2).

- **უდაბნოს დაფარვა.** უდაბნოებში დიდი ფართობების დაფარვა ამრეკლავი მასალით (ნახ. 4.2.3).
- **კოსმოსური საჩრდილობელი.** ერთ-ერთი ვარიანტი ითვალისწინებს დედამიწიდან მილიონობით კმ მანძილზე ტრილიონობით მცირე ზომის ნაწილაკების გაბნევას 100 000 კმ სიგრძის ხელოვნური „ღრუბლის“ შესაქმნელად, რომელიც აარიდებს დედამიწას მზიდან წამოსული რადიაციის დაახლოებით 10%-ს.



ნახ. 4.2.1. თვითმფრინავიდან ატმოსფეროში აეროზოლების გაბნევა ([39])

³⁹ <http://insiderblogs.info/chemtrails-kak-eto-rabotaet/>



ნახ. 4.2.2. აეროსტატიდან სტრატოსფეროში ნაწილაკების გაფრქვევა ბუნებრივი ვულკანის ანალოგიურად და მისი როლი მზის რადიაციის არეკვლაში ([40])

- **არქტიკის ყინულის ზედაპირის დაფარვა.** ამ შემთხვევაში იგულისხმება არქტიკის მყინვარების დაფარვა საიზოლაციო მასალით ან უთხელესი აკვით მზის სხივების ასარეკლად და დნობის თავიდან ასაცილებლად.
- **დედამიწის ამრეკლავი ზედაპირის გათეთრება.** გეოინჟინერიის ეს დაბალი დონის ტექნოლოგია ითვალისწინებს სახლების სახურავებისა და გზების ზედაპირების თეთრად შეღებვას მზის სხივების არეკვლის გასაზრდელად.
- **კლიმატთან თავსებადი კულტურების გამოყვანა.** ამ შემთხვევაში ლაპარაკია მზის რადიაციის გაზრდილი ამრეკლადობის მქონე გენმოდიფიცირებული მცენარეების გამოყვანაზე.

⁴⁰Google - 7 идейгеоинженерии, или как изменить ситуацию на Земле ключшему—Аэрозоли в атмосфере.

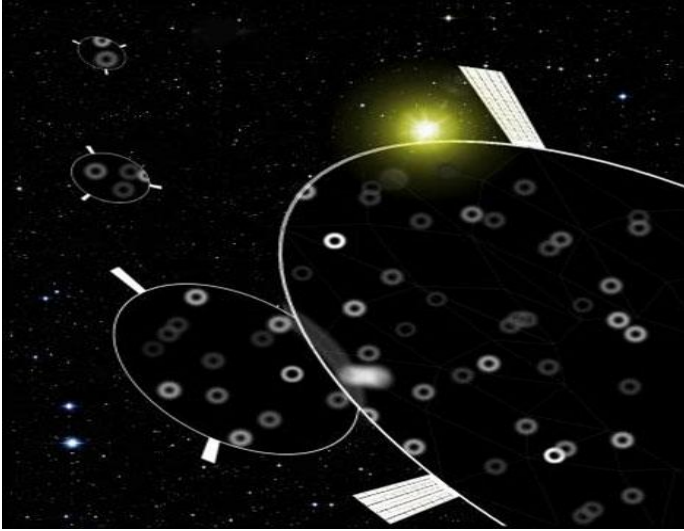


ნახ. 4.2.3. უდაბნოს დაფარვა ამრეკლავი ზედაპირებით (40)

აგრეთვე გვაღვისა, სიცხისა და დამლაშებული ნიადაგების მიმართ გამძლე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გამოყვანასა და გავრცელებაზე.

- **კოსმოსური სარკეები.** დედამიწასა და მზეს შორის ალუმინის ამრეკლავი ბადის მოწყობა (ნახ. 4.2.4).
- **მიწათსარგებლობის ფართომასშტაბური ცვლილება/წვიმის წყლის შეგროვება.** აქ იგულისხმება წყლის რესურსების ფართომასშტაბური საინჟინრო მართვა – გადანაწილება ღრუბელთა ველების შესაქმნელად მზის რადიაციის დიდი ფართობებიდან არეკვლის მიზნით.

⁴⁰ *Google - 7 идей геоинженерии, или как изменить ситуацию на Земле к лучшему - Солнцеотражающие крыши в пустынях*



ნახ. 4.2.4 კოსმოსური სარკეები დედამიწის ორბიტაზე [(41)]

4.3. ნახშირორჟანგის შთანთქმა დასეკვესტრირება

ნახშირორჟანგის შთანთქმისა და დაგროვებისათვის შემოთავაზებულია შემდეგი ტექნოლოგიები:

- **ოკეანის ნაყოფიერების გაზრდა რკინისა ან აზოტის გამოყენებით.** ეს ტექნოლოგია ითვალისწინებს ოკეანეში საკვები ნივთიერებების დამატებას ფიტოპლანქტონის ზრდის დასაჩქარებლად ზღვების ზედაპირიდან ნახშირორჟანგის შთანთქმის გაძლიერების მიზნით (ნახ.4.3.1).
- **ბიოჭვა (Biochar)** – ბიომასის წვა პირობების პირობებში (ქანგბადის უკმარისობის გარეშე) და კონცენტრირებული ნახშირბადის გამოყოფის გარეშე) და კონცენტრირებული ნახშირბადის ჩამარხვა მიწაში.

⁴¹ *Google -5 грандиозных способов остановить глобальное потепление-Зеркала на орбите Земли*



ნახ. 4.3.1. ოკეანის გამდიდრება რკინით ფიტოპლანქტონის ზრდის დასაჩქარებლად (კოსმოსური სურათი) ([40])

- ნახშირორჟანგის შთანთქმა ატმოსფეროდან, მისი მინერალიზაცია და სეკვესტრირება. ეს ტექნოლოგია ითვალისწინებს CO₂-ის გამოყოფას ჰაერიდან ნატრიუმის თხევადი ჰიდროქსიდის გამოყენებით, რომელიც გარდაიქმნება ნატრიუმის კარბონატად და შემდგომ მიიღება მყარი ნახშირორჟანგის სახით, რომელიც ჩაიმარხება მიწაში (ნახ. 4.3.2).
- ოკეანის აღმავალი და დაღმავალი ნაკადების შეცვლა. ამ შემთხვევაში მიღების დახმარებით უნდა მოხდეს ზღვის სიღრმიდან საკვები ნივთიერებებით მდიდარი ცივი წყლის მასების ამოქაჩვა ზედაპირზე,

⁴⁰Google - 7 идей геотехнологии, или как изменить ситуацию на Земле к лучшему - ионизация океана



ნახ. 4.3.2.. ნახშირორჟანგის შთანთქმელი ხელოვნური ხეები (140)

რაც ხელს შეუწყობს მის გაგრილებას და ოკეანის მიერ CO₂-ის სეკვესტრირებას.

- ოკეანის ტუტინობის გაზრდა გულისხმობს ნახშირმჟავას მარილების (კარბონატების) დამატებას ოკეანის წყლებში ნახშირბადის შთანთქმის გასაზრდელად.
- დედამიწის ზედაპირის ქიმიური დამუშავება. ამ შემთხვევაში სასოფლო-სამეურნეო და ტყის მიწებზე გაფრქვეულ უნდა იქნას ოლივანის (olivine), ანუ მაგნეზიუმის რკინის სილიკატის წვრილი ნაწილაკები, რაც უზრუნველყოფს ატმოსფეროში CO₂-ის დონის რეგულირებას.

⁴⁰Google - 7 идей геотехнологии, или как изменить ситуацию на Земле к лучшему -удаление из воздуха CO₂

- მცენარეთა ნარჩენების ოკეანეში პერმანენტული სეკვესტრირება, რაც გულისხმობს ნახშირბადის დაგროვებას ზღვის წყალში ხეების ტოტებისა და სხვა ბიომასის ჩამარხვის გზით.
- გენეტიკურად მოდიფიცირებული წყალმცენარეებისა და ზღვის მიკრობების გამოყვანა ნახშირორჟანგის გაზრდილი შტანთქმის უზრუნველსაყოფად ოკეანეების ან შემოფარგლული წყალსატევების ზედაპირიდან ან, უკიდურეს შემთხვევაში, შენობათა სახურავებიდან და კედლებიდან.

4.4. ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედება

გეოინჟინერიის ამ მიმართულებას განვითარების უფრო ხანგრძლივი ისტორია აქვს. ღრუბელთა სისტემებზე ქიმიკატებით ზემოქმედება ნალექთა ხელოვნური გამოწვევის მიზნით დაიწყო ჯერ კიდევ XX საუკუნის 50-იან წლებში. შემდეგ ამას დაემატა მასშტაბური სამუშაოები ტროპიკული გრივალების შესასუსტებლად და ზოგიერთი სამხედრო ამოცანების გადასაჭრელად (მაგ., დიდი წყალმოვარდნების გამოსაწვევად მოწინააღმდეგის წყალსატევებზე დამბების დანგრევის მიზნით და ეკონომიკისათვის ზარალის მისაყენებლად).

ნალექთა ხელოვნური გაზრდა (ნზგ) საჭირო გახდა კლიმატის ცვლილებასთან მიმდინარე ადაპტაციის სამუშაოებშიც, კერძოდ, გვალვებთან საბრძოლველად. რამდენადაც ამინდის განმაპირობებელი პროცესები არ ცნობს ქვეყნებს შორის საზღვრებს, მათზე ზემოქმედების სამუშაოებიც საერთაშორისო კონტექსტში არის განსახილველი. ამინდზე ხელოვნური ზემოქმედების დარგში გეოინჟინერიის ტექნოლოგიებიდან განიხილება ორი მიმართულება:

➤ **ღრუბლებზე ზემოქმედება ნალექთა ხელოვნური რეგულირების მიზნით.**

ეს ტექნოლოგია გულისხმობს ქიმიურ ნივთიერებათა (ჩვეულებრივ ვერცხლის იოდიდის) ფართომასშტაბურ გაფრქვევას ღრუბლებიდან წვიმის ან თოვლის სტიმულირებისა და გაძლიერებისათვის. ეს სამუშაოები ახლაც ფართოდ ინერგება აშშ-სა და ჩინეთში მიუხედავად მათი ეფექტურობისადმი საკმაოდ სკეპტიკური დამოკიდებულებისა. სამუშაოების მთავარ მიზანს შეადგენს წყალსაცავებში წყლის რესურსების გაზრდა მათი ჰიდროენერგეტიკული პოტენციალის გასაზრდელად და წყალსაცავებთან დაკავშირებული სარწყავი სისტემების ეფექტურობის ასამაღლებლად. წინა საუკუნის მეორე ნახევარში ამ ტიპის სამუშაოები საბჭოთა კავშირშიც ტარდებოდა, განსაკუთრებით უკრაინაში, და მიზნად ისახავდა ზამთრის ნალექების ხელოვნურ გაზრდას. სამხრეთ კავკასიაში 1980-იან წლებში ნსგ ექსპერიმენტები მიმდინარეობდა აღმოსავლეთ საქართველოში სიონის წყალსაცავის აუზში და სომხეთში (სევანის ტბის აუზში). 1970-1980-იან წლებში საბჭოთა კავშირის სამხრეთ რაიონებში საკმაოდ ინტენსიური სამუშაოები ტარდებოდა სექცევასთან ბრძოლის დარგშიც, თუმცა მათი ლოკალური მასშტაბის გათვალისწინებით ამ სამუშაოთა განხილვა გეოინჟინერიის თვალსაზრისით გაუმართლებელია.

აღნიშნული ტექნოლოგია შეიძლება გამოყენებული იქნეს აგრეთვე შებრუნებულ ამოცანაში – დიდ ტერიტორიაზე ღრუბელთა დასაშლელად რეაგენტის დოზირების გაზრდის გზით. მაგ., 1986 წელს ჩერნობილის კატასტროფის შემდეგ უკრაინის, ბელორუსიისა და რუსეთის მიმდებარე ტერიტორიებზე რამდენიმე თვის განმავლობაში წარმოებდა ღრუბელთა დაშლის

ფართომასშტაბური სამუშაოები ნალექთა მოსვლის დაუშვებლობის მიზნით.

- **ზემოქმედება ტროპიკულ დრუბლებზე**, რაც მიზნად ისახავს მათი ტრაექტორიების ხელოვნურად შეცვლას ან მათი ინტენსივობის შესუსტებას. ექსპერიმენტები ამ მიმართულებით პერიოდულად ტარდება აშშ-ში, თუმცა მათი მასშტაბურობისა და ჩატარებასთან დაკავშირებული რისკების გათვალისწინებით შედეგებზე ლაპარაკი ჯერ ნაადრევია.

4.5. გეოინჟინერიასთან დაკავშირებული შესაძლო საფრთხეები

ჯერ კიდევ 1965 წელს აშშ პრეზიდენტის სამეცნიერო მრჩეველთა კომიტეტმა გამოაქვეყნა ანგარიში, რომელშიც მოცემული იყო გაფრთხილება იმის შესახებ, რომ CO₂-ის ემისიები ცვლის დედამიწის სითბურ ბალანსს. ამ გაფრთხილებიდან 40 წლის შემდეგ, იგივე კომიტეტის 2005 წლის ანგარიშში ჩამოთვლილია ის გლობალური კატასტროფები, რომლებიც შეიძლება მოჰყვეს უკვე დაწყებულ გლობალურ დათბობას, მათ შორის არქტიკის ყინულოვანი საფარის დეგრადაცია და მსოფლიო ოკეანის დონის აწევა. ამასთან ერთად სხვადასხვა ქვეყნებში გამოითქვა წინადადებები, რომლებიც მიზნად ისახავს გლობალური დათბობის პროცესის შეჩერებას ან მის კომპენსირებას. კერძოდ, იმავე 2005 წელს გლობალური კლიმატისა და ეკოლოგიის ინსტიტუტის (მოსკოვი) ხელმძღვანელმა ი. იზრაელმა რუსეთის პრეზიდენტისადმი მიწერილ წერილში წამოაყენა წინადადება ატმოსფეროში 600 ათასი ტონა გოგირდის აეროზოლის გაფრქვევის შესახებ, რასაც უნდა მოჰყოლოდა გლობალური ტემპერატურის რამდენიმე გრადუსით შემცირება. იგივე აზრი გამოთქვა 2006 წელს ჟურნალ „Climatic Change“-ის სარედაქციო

წერილში ცნობილმა მეცნიერმა პაულ კრუტცენმა, რომელმაც მხარი დაუჭირა აეროსტატებისა და არტილერიის გამოყენებით სტრატოსფეროში გოგირდის სუბმიკრონული აეროზოლების შეტანის იდეას, ანუ ვულკანური ამოფრქვევის სიმულირებას. ამავე დროს ავტორმა აღნიშნა, რომ ასეთი ზომის მცირე ნაწილაკებს შეუძლია იარსებოს ატმოსფეროში 2 წლის განმავლობაში, რამაც შესაძლებელია გამოიწვიოს ბევრი უარყოფითი შედეგი, მათ შორის ადამიანის ჯანმრთელობაზეც. ამიტომ ამ ზომას კაცობრიობამ შეიძლება მიმართოს მხოლოდ უკიდურესი აუცილებლობის პირობებში.

იმავე 2006 წლის დასასრულს NASA-ს ეიმსის კვლევით ცენტრში ჩატარებულ მაღალი დონის შეხვედრაზე გამოთქმულ იქნა აზრი, რომ მიუხედავად კლიმატის ცვლილების კონვენციით UNFCCC გათვალისწინებული მექანიზმებით მრავალგვარი მცდელობისა, სათბურის გაზების ემისიის შემამცირებელი ღონისძიებები შედეგს არ იძლევა და ამიტომ დროა ბიოსფეროსთან დაკავშირებული სიტბოს დამატებითი წყაროების საკომპენსაციოდ გამოყენებული იქნას ტექნიკური გაზები და საშუალებები.

ამ შეხვედრამ გადამწყვეტი როლი შეასრულა გეონეინერიის დარგში დაფინანსების გაძლიერებისა და ამ სამუშაოთა ლეგიტიმაციის მიმართულებით.

მიუხედავად 2009 წელს UNFCCC COP-15-ზე გამოთქმული კატეგორიული წინააღმდეგობისა, ამავე წელს რიგმა მეცნიერებმა (კ. კალდერა, ჯ. ლათამი და სხვ.) ნ. მაირვალდის ინიციატივით დააარსეს ორგანიზაცია Intellectual Ventures Management, LCC, რომელიც გასცემს პატენტებს გეოსაინჟინრო ტექნოლოგიებზე. მასში ყოველწლიურად რეგისტრირდება 500-600 პატენტი. უფრო ადრე ბილ გეიტსმა შექმნა „კლიმატისა და ენერჯის ინოვაციურ გამოკვლევათა ფონდი“, რომელმაც 2007 წლიდან 5 მლნ აშშ დოლარზე მეტი ღირებულების გრანტები დააფინანსა.

გეოინჟინერიის დარგში დაგეგმილი სამუშაოების საფინანსო მხარდაჭერა მნიშვნელოვნად განაპირობა მთელი რიგი პოლიტიკოსებისა და მეცნიერების (განსაკუთრებით ამერიკის შეერთებულ შტატებში) პოზიციამ, რომლებიც ადრე უარყოფდნენ გლობალური დათბობის ანთროპოგენურ მიზეზებს, შემდეგ გახდნენ გეოინჟინერიის მეთოდებით მათთან ბრძოლის აქტიური მხარდამჭერები. მათ შორის შეიძლება დასახელდეს ლ. ლეინი ჰადსონის ინსტიტუტიდან და ნ. გინვრიხი ამერიკის საინიციატივო ინსტიტუტიდან (Americal Enterprise Institute), პოლიტიკური მოღვაწეები კატოს ინსტიტუტიდან, თომას ჯეფერსონის, ჰუვერის, კონკურენტული ინიციატივის (Competative Enterprise Institute) ინსტიტუტებიდან, საერთაშორისო პოლიტიკის ქსელიდან (International Polieg Network) და სხვ. გეოინჟინერიის საკითხები სისტემატურად განიხილება კლიმატის ცვლილების საერთაშორისო კონფერენციებზე, რომლებიც ტარდება ჰარტლენდის ინსტიტუტში (Heartland Institute).

UNFCC და კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისო საბჭოს (IPCC) ფარგლებში წარმოებული სამუშაოებისაგან განსხვავებით, რომლებიც მიმართულია კლიმატის ცვლილების გამომწვევი ანთროპოგენური ფაქტორების შესუსტებისაკენ ეკოსისტემების დაცვისა და აღდგენის გზით, გეოინჟინერია ცდილობს წიაღისეული საწვავის მოხმარებით გამომწვეული პრობლემების გადაჭრას ეკლავ ძველი გზით, რომელიც გულისხმობს ბუნების ძალოვან გაკონტროლებას ტექნიკური საშუალებების გამოყენებით. ასეთ მიდგომაზე დაყრდნობით შესაძლებელი იქნება მომავალშიც წიაღისეული საწვავის უზრუნველი მოხმარების გაგრძელება იმ იმედით, რომ გეოინჟინერია შეძლებს დარღვეული გლობალური სითბური ბალანსის აღდგენას (ანუ პლანეტარული თერმოსტატის საწყის მდგომარეობაში დაბრუნებას) სხვადასხვა ახალ ტექნოლოგიებზე დაყრდნობით. ცხადია, რომ კლიმატის ცვლილების პრობლემებისადმი ამგვარი მიდგომა

ხელსაყრელ გარემოს უქმნის წიაღისეული საწვავის მომპოვებელ კორპორაციებს, გააგრძელონ თავიანთი საქმიანობა გარემოსდაცვით საკითხებზე ნაკლები დანახარჯების გაწევით და, შესაბამისად, საფინანსო მოგების გაზრდით.

გეოინჟინერიის დარგში დაგეგმილი სამუშაოების გლობალური მასშტაბისა (დედამიწის ზედაპირზე მოსული მზის რადიაციის ხელოვნური რეგულირება, ოკეანის ქიმიური თვისებების შეცვლა) და მათ შედეგებთან დაკავშირებული შესაძლო საფრთხეების გათვალისწინებით საჭიროა წინასწარვე შემდეგი ფაქტორების მხედველობაში მიღება:

- აღნიშნული სამუშაოები არ ექვემდებარება წინასწარ გამოცდას. კლიმატზე შესამჩნევი გავლენის მოსახდენად გეოსაინჟინრო ზემოქმედება ფართო მასშტაბით უნდა ჩატარდეს, რაც გამორიცხავს ექსპერიმენტირების ფაზას. სამუშაოთა ჩატარების უარყოფითი შედეგის მიღებისას ეს ქმნის გლობალური ეკოლოგიური კატასტროფის საშიშროებას.
- აღნიშნული სამუშაოები არღვევს დედამიწის მოსახლეობისა და ქვეყნების თანასწორუფლებიანობის პრინციპს. ეკოლოგიურად განვითარებული ქვეყნების ან მძლავრი კორპორაციების გაერთიანებას შეუძლია გლობალურ გარემოზე ისეთი ზემოქმედების მოხდენა, რომელიც სულაც არ შედის დანარჩენი ქვეყნების ინტერესებში.
- გეოსაინჟინრო პროცესების განხორციელება, თავისი მასშტაბურობის გამო, ათობით მილიარდი დოლარის დაფინანსებას მოითხოვს, რაც ხელეწიფებათ მხოლოდ ძალიან მდიდარ ქვეყნებს ან მილიარდერებს. დაუშვებელია, რომ მსოფლიოს მოსახლეობის ესოდენ მცირედი ნაწილი წყვეტდეს იმ გლობალური გარემოს ბედს, რომელიც თანაბრად ეკუთვნის პლანეტის მთელ მოსახლეობას.

- ეს პროექტები მოიცავს რისკებსა და განუზღვრელობებს, რომლებიც შეიძლება დაკავშირებული იყოს მექანიკურ და ადამიანურ შეცდომებთან, ეკოსისტემებისა და ბიომრავალფეროვნების არასწორ გაგებასთან, კლიმატის ცვალებადობის გაუთვალისწინებლობასთან ან დაფინანსების ჩავარდნებთან.
- ბევრი საინჟინრო ტექნოლოგია ფარული სახით მოიცავს სამხედრო დარგში გამოყენების შესაძლებლობას, რითაც არღვევს გაერთიანებული ერების გარემოზე ხელოვნური ზემოქმედების ხელშეკრულების (ENMOD) პირობებს, რომლებიც კრძალავს გარემოზე ზემოქმედების მტრული მიზნების გამოყენებას.
- გეოსაინჟინრო პროექტები შეიძლება გამოყენებული იქნას როგორც სათბურის გაზების ემისიების შემამცირებელი ღონისძიებებისა და ბიომრავალფეროვნების დაცვის ალტერნატივა. ეს საქმიანობა შეიძლება განიხილებოდეს როგორც „დროის გაწევის“ სტრატეგია, რომელიც ემსახურება განახლებადი ენერჯიების დანერგვის ხელოვნურად დაგვიანებას.
- ზემოთ ჩამოთვლილი სამუშაოებთან ერთად არსებობს კიდევ ერთი საფრთხე, რომელიც დაკავშირებულია ინტელექტუალური საკუთრების დაცვის პრობლემასთან. როგორც ზემოთ იყო ნათქვამი, გეოინჟინერიის ადვოკატირებში ჩართული ზოგიერთი მეცნიერი და ბიზნესმენი შეერთებულ შტატებსა და სხვა ქვეყნებში აყალიბებს კერძო იურიდიულ კომპანიებს, რომლებიც აპატენტებენ გეოინჟინერიის დარგში სხვადასხვა გამოგონებებს საგანზე 20 წლიანი მონოპოლიის უფლებით და ცდილობენ აქედან საფინანსო მოგების მიღებას. ამის მაგალითად შეიძლება დასახელდეს პროფ. ი. ჯონსი, რომელმაც ჩამოაყალიბა კერძო კომპანია „Ocean

Naurichment Corporation“ და აცხადებს, რომ მის მიერ ჩამოყალიბებული „ოკეანის ნაყოფიერების გაზრდის“ მეთოდოლოგია უზრუნველყოფს თევზჭერის ეფექტურობის ზრდას, საიდანაც მიღებული ეკონომიური მოგების ნაწილი მას საკუთრებად უნდა ჩაუთვალოს.

- გეოსაინჟინრო პატენტების ნაწილი ეფექტურად ისაკუთრებს სხვადასხვა ქალაქებში ადგილობრივი მოსახლეობის აბორიგენულ და ტრადიციულ ტექნოლოგიებს. მაგალითად, მდ. ამაზონის მკვიდრი აბორიგენები უძველესი დროიდან იყენებდნენ ნახშირის მიწაში ჩამარხვის ტექნოლოგიას, რომელიც ამჟამად მრავალი პატენტის საფუძვლად არის გამოყენებული.

ამ და მომავალში სხვა გაუგებრობებისა და საფრთხეების თავიდან ასაცილებლად საერთაშორისო თანამეგობრობამ მკაცრი კონტროლი უნდა დააწესოს გეოსაინჟინერიის დარგში წარმოებულ ყველა სამუშაოზე და მოახდინოს მათი ეფექტური მართვა. ამისთვის საჭირო იქნება შემდეგი ღონისძიებების გატარება:

- გეოსაინჟინრო პრობლემების განხილვა უნდა წარმოებდეს საერთაშორისო დონეზე გამჭვირვალე და ანგარიშგებადი ფორმით, სადაც ყველა ქვეყნის მთავრობას მიეცემა დემოკრატიულად მონაწილეობის მიღების საშუალება. ეს დისკუსიები უნდა წარიმართოს საზოგადოებრივი ორგანიზაციების ფართო წრეების ჩართულობით, განსაკუთრებით მოსახლეობის იმ ფენებში, რომელთაც ყველაზე მეტად ეხება კლიმატის ცვლილება. ამ დისკუსიების ორგანიზატორები ანგარიშგაღებულნი უნდა იყოს გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის წინაშე და პასუხს აგებდენ დისკუსიების შედეგებზე.
- დისკუსიები თავისუფალი უნდა იყოს კორპორაციების ზეგავლენისაგან, რათა კერძო ინტერესებს არ შეეძლოს ზემოქმედების მოხდენა

დისკუსიების შედეგებზე კორპორაციების სასარგებლოდ.

➤ გეოინჟინერიასთან დაკავშირებული გადაწყვეტილებები უნდა შეესაბამებოდეს მოქმედ საეთაშორისო კანონმდებლობას, მათ შორის კანონებს, რომლებიც იცავს მშვიდობასა და უსაფრთხოებას, ადამიანის უფლებებს, ბიომრავალფეროვნებას, ეროვნულ სუვერენიტეტს და კრძალავს მეტეოროლოგიურ პროცესებზე ხელშეწყობის შემოქმედების გამოყენებას აგრესიის მიზნით.

➤ მიღებული გადაწყვეტილებები უნდა ითვალისწინებდეს დაგეგმილი ქმედებების ისეთ კრიზისულ შედეგებს, როგორცაა შიმშილობა, სიღარიბე, ბიომრავალფეროვნების კარგვა, ეკოსისტემების განადგურება და ოკეანის მქავეიანობის ხარისხის ზრდა.

➤ გეოინჟინერიის დარგში დაგეგმილი და მიღებული გადაწყვეტილებები უნდა ეყრდნობოდეს იმ პრინციპს, რომ არც კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული კრიზისის სერიოზულობა და არც არსებული სამეცნიერო დონის უკმარისობა არ შეიძლება გამოყენებული იქნას აღნიშნულ დარგში ექსპერიმენტების გასამართლებლად.

აღნიშნული პრობლემა უკვე ორ ათწლეულზე მეტი ხნის განმავლობაში წარმოადგენს გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის საზრუნავს. კონვენციის ოფიციალური პოზიციის თანახმად გარემოსდაცვითი თვალსაზრისით გაანალიზებულ და დასაბუთებულ ტექნოლოგიებს შეუძლია ორმხრივად მომგებიანი გადაწყვეტილებების უზრუნველყოფა, რომლებიც გლობალური ეკონომიკური ზრდისა და კლიმატის ცვლილების შერბილების (მითიგაციის) თანაარსებობის საშუალებას იძლევა. სხვა სიტყვებით რომ ვთქვათ, ტექნოლოგიებს შეუძლია ჩვენი განვითარების თანამედროვე გეზის/ტრაექტორიის უზრუნველყოფა, რომელიც გამოიხატება მოხმარებისა და წარმოების

ზრდაში, ამ პროცესის უარყოფითი შედეგების გარეშე. მიუხედავად იმისა, რომ გარემოსდაცვითი კრიტერიუმები ჯერ სრულად არ არის ჩამოყალიბებული, კერძო სექტორის როლი მათ ფორმირებაში უდავოდ მიიჩნევა. იმ დიდი პოტენციალს გათვალისწინებით, რომელიც კერძო ბიზნესს აქვს კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ტექნოლოგიების განვითარებაში, შეძლებისდაგვარად მეტი ყურადღება უნდა მიექცეს ამ პოტენციალის მეცნიერულად დასაბუთებული გზით გამოყენებას. ეს საშუალებას მისცემს კაცობრიობას, განავითაროს გარემოსდაცვითი ტექნოლოგიები ფართო საზოგადოების ინტერესების გათვალისწინებით და არ დაუშვას ვიწრო კორპორაციული მიზნების მისაღწევად გამიზნული დაუსაბუთებელი ტექნოლოგიების გამოყენება, რომლებმაც, შესაძლოა, გლობალური ეკოლოგიური კატასტროფა გამოიწვიოს.

ბამოყენებული ლიტერატურა

1. ბერიტაშვილი ბ. კლიმატი და მისი ცვლილება. (სახელმძღვანელო), სტუ გამომცემლობა “ტექნიკური უნივერსიტეტი”, თბ., 2011.
2. ბერიტაშვილი ბ., ერისთავი დ., გუგეშიძე მ. გარემოს მონიტორინგის საფუძვლები. (სახელმძღვანელო), სტუ გამომცემლობა „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ., 2013.
3. ბერიტაშვილი ბ., კაპანაძე ნ., ჩოგოვაძე ი. გლობალურ დათბობაზე საქართველოში კლიმატის რეაგირების შეფასება. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბ., 2010.
4. ელიზბარაშვილი ე. საქართველოს კლიმატური რესურსები. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, თბ., 2007.
5. ჯავახიშვილი შ. ატმოსფერული ნალექები საქართველოს ტერიტორიაზე. თსუ გამომცემლობა, თბ., 1981.
6. **Сванидзе Г. Г., Гагуа В. П., Сухишвили Э. В.** Возобновляемые энергоресурсы Грузии. Гидрометеоиздат, Ленинград, 1987.
7. **Mooney P., Wetter K.Y. and Bronson D.** Darken the sky and whiten the earth _ the dangers of Geoengineering. Development Dialogue, n 61, 2012, pp.210-237. www. dhf, uu.se

რედაქტორი ბ. ცხადაძე

გადაეცა წარმოებას 08.06.2016. ხელმოწერილია დასაბეჭდად
17.06.2016. ქალაქის ზომა 60x84 1/16. პირობითი ნაბეჭდი თაბახი 12.
ტირაჟი 100 ეგზ.

საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“,

თბილისი, კოსტავას 77



Verba volant,
scripta manent



ბაკურ ბერიტაშვილი – გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი. 1990-იან წლებში ჩაება კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებულ საქმიანობაში. მისი მონაწილეობით შესრულდა საქართველოს პირველი, მეორე და მესამე ეროვნული შეტყობინებები გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისთვის.

Bakuri Beritashvili– Dr. Sci. in Geography. In 1990-es he joined the climate change activities, participating in the preparation of Georgia’s Initial, Second and Third National Communications to the UNFCCC.

ნაილი კაპანაძე– გეოგრაფიის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი. ბოლო 15 წლის მანძილზე მონაწილეობს კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებულ პროექტებში.



Naili Kapanadze --- Academic Dr. Sci. in Geography. For the last 15 years she is taking part in a number of projects related with the problem of climate change.

დimitრი ერისთავი -ქიმიის მეცნიერებათა აკადემიური დოქტორი,



საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის გარემოს დაცვითი ინჟინერიისა და ეკოლოგიის დეპარტამენტის პროფესორი. ბოლო 25 წლის მანძილზე მუშაობს გარემოს დაცვისა და საინჟინრო ეკოლოგიის სფეროში. მონაწილეობს გარემოს დაცვისა და საინჟინროეკოლოგიის, ასევე კლიმატის ცვლილების პრობლემასთან დაკავშირებულ პროექტებში.

Dimitri Eristavi – Dr. Sci. in Chemistry, Professor of the Environmental Protection Engineering and Ecology Department at the GTU. For the last 25 years is working on the problems of Environment Protection and Engineering Ecology, participating in relevant projects, related in particular with the climate change.