

ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

დოქტორანტურის საგანმანათლებლო პროგრამა გეოგრაფია

ირაკლი მეგრელიძე

საქართველოში სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების
შეფასება კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით

გეოგრაფიის დოქტორის აკადემიური ხარისხის მოსაპოვებლად
წარმოდგენილი დისერტაცია

სამეცნიერო ხელმძღვანელები: პროფ. დავით კერესელიძე
ასოც. პროფ. ვაჟა ტრაპაიძე

თბილისი
2021 წელი

Ivane Javakhishvili Tbilisi State University

Faculty of Exact and Natural Sciences

Doctoral Program Geography

Irakli Megrelidze

**Assessment of Extreme Hydrometeorological Events in Georgia under the Climate
Change**

The thesis work is performed to obtain a PhD academic degree in Geography

Scientific Supervisor: Prof. Davit Kereselidze

Assoc.Prof. Vazha Trapaidze

Tbilisi
2021 Year

ანოტაცია

ბოლო ათწლეულებში, დედამიწაზე, ცხადად შეინიშნება სხვადასხვა სახის სტიქიური მოვლენების სიხშირისა და ინტენსივობის ზრდის ტენდენცია, რის ძირითად მაპროვიცირებელ ფაქტორად კლიმატის ცვლილება განიხილება.

დადგენილია, რომ დედამიწაზე აღრიცხული სტიქიური მოვლენების უმრავლესობა ჰიდრომეტეოროლოგიურ მოვლენათა (წყალდიდობა/წყალმოვარდნები, ღვარცოფები, თოვლის ზვავები, სეტყვა, ძლიერი ქარები და სხვა) კატეგორიას განეკუთვნება.

საქართველოს ტერიტორიის გეოგრაფიული მდებარეობის თავისებურებისა და რთული რელიების გამო, ხშირად აღინიშნება ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური პროცესების გამწვავება და სხვადასხვა სახის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების ფორმირება.

ამ მოვლენებს შორის, საქართველოს თავისი სიხშირითა და უარყოფითი შედეგების მასშტაბებით, წყლისმიერი მოვლენები: წყალდიდობები, წყალმოვარდნები და ღვარცოფები გამოირჩევა, რაც მდინარეთა დიდ დახრილობებს, ხეობებისა და ჭალების ინტენსიურ ურბანულ განვითარებას უკავშირდება.

კლიმატის მიმდინარე და სამომავლო ცვლილებები, დიდი ალბათობით, კიდევ უფრო გაზრდის ერთ-ერთი ყველაზე საშიში ფენომენის – წყალდიდობების და მასთან დაკავშირებული კატასტროფული პროცესების ინტენსივობას და სიხშირეს.

საქართველოში სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენებიდან ასევე აღსანიშნავია გვალვები, თოვლის ზვავები, სეტყვა და ძლიერი ქარები. მდგომარეობა განსაკუთრებით მწვავდება მაშინ, როდესაც ადგილი აქვს რამოდენიმე ბუნებრივი პროცესის და ანთროპოგენური ფაქტორების ზედდებას.

წინამდებარე ნაშრომში კვლევის ძირითად ობიექტს წარმოადგენს საქართველოში ძირითადი სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების წარმოშობის და გავრცელების თანამედროვე მდგომარეობა და ევოლუციის ხასიათის დადგენა.

აღნიშნული საკითხების კვლევა განხორციელებულია კლიმატის ცვლილების რეტროსპექტრული ანალიზის საფუძველზე. სტიქიური მოვლენების დროში ცვლილების ტენდენციების დასადგენად ჩატარებულია საქართველოში ამინდის და ექსტრემალური ჰიდროლოგიური პირობების ანალიზი.

შეფასებულია საქართველოს დიდ მდინარეთა აუზებში და ადმინისტრაციულ ერთეულებში სტიქიური მოვლენების სიხშირეების ცვალებადობა, რომელიც დაყრდნობილია, როგორც ცალკეული სტიქიური მოვლენების რაოდენობრივი მახასიათებლების დამუშავების შედეგებზე, ისე კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს ეროვნულ შეტყობინებებზე.

ნაშრომში ასევე ყურადღება გამახვილებულია სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების მონიტორინგის, პრევენციის და პროგნოზირების თავისებურებებზე, წარმოდგენილია ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირების და კლიმატის ცვლილების საადაპტაციო ღონისძიებები.

Annotation

In recent decades, the frequency and intensity of various natural disasters on Earth is increased, and the main provocative factor is climate change. It has been established that most of the natural disasters recorded on Earth belong to the category of hydrometeorological events (floods / floods, mudslides, snow avalanches, hail, strong winds, hail, etc.).

Due to the peculiarities of the geographical location of the territory of Georgia and difficult topography, the general circulation processes of the atmosphere and the formation of various natural hydrometeorological processes are often observed.

Among these events in Georgia, with its frequency and scale of negative consequences are distinguished water related events: floods, flash-floods and mudflows, which are associated with large river inclination and intensive urban development of valleys and floodplains.

Current and future climate change is likely to further increase the intensity and frequency of one of the most dangerous phenomena - floods and related catastrophic processes. Droughts, snow avalanches, hail and strong winds are also notable among the natural hydrometeorological events in Georgia. The condition is especially aggravated when several natural processes and anthropogenic factors coincide.

The main object of research in this paper is the current state of origin and distribution of major natural hydrometeorological events in Georgia and to determine the nature of evolution. Research on these issues is based on retrospective analysis of climate change. An analysis of the weather and extreme hydrological conditions in Georgia has been conducted to determine the trends of change in the course of natural disasters.

The presented research evaluates the variability of natural disaster frequencies in large river basins and administrative units of Georgia, which is based on the results of the analysis of individual hydrological disastrous events and the processing of quantitative characteristics, as well as Georgian national communication on climate change (UNFCCC).

The paper also focuses on the peculiarities of monitoring, prevention and forecasting of natural hydrometeorological processes, presents natural disaster risk reduction (DRR) and climate change adaptation measures.

სარჩევი

შესავალი	8
კვლევის აქტუალობა.....	8
კვლევის მიზანი	9
განხორციელების ეტაპები	9
კვლევის მეთოდოლოგია	10
კვლევის სიახლე და მნიშვნელობა.....	11
ლიტერატურის მიმოხილვა.....	13
თავი 1 - საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული ძირითადი სტიქური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები და კლიმატის ცვლილების მიმდინარე და სამომავლო გავლენა მათ სიხშირესა და ინტენსივობაზე	19
1.1 კლიმატური სისტემის თანამედროვე ცვლილებები.....	19
1.2. სტიქური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების დინამიკა საქართველოში.....	23
1.3. 2014-2018 წწ-ში საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებული სტიქური მოვლენების მოკლე მიმოხილვა.....	25
1.4. ბუნებრივი კატასტროფების რისკების შემცირების სტრატეგია.....	28
თავი 2. წყალდიდობები და წყალმოვარდნები საქართველოს მდინარეებზე.....	32
2.1 საქართველოს მდინარეების ჩამონადენის რეჟიმი.....	32
2.2 საქართველოს მდინარეებზე სტიქური წყალმოვარდნების მაფორმირებელი	34
ძირითადი ფაქტორები.....	34
2.3. სტიქური წყალმოვარდნების გამომწვევი ატმოსფეროს ცირკულაციური ფაქტორები	37
2. 4 წყალდიდობები და სანაპიროს რღვევა	40
2. 5 წყალდიდობა-წყალმოვარდნებთან დაკავშირებული მახასიათებლები	53
თავი 3. საქართველოს ტერიტორიაზე ფორმირებელი სხვა სტიქური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შეფასება	58
3.1 თოვლის ზვავები.....	58
3.2. გვალვა.....	68
3.3. სეტყვა	69
3.3. ძლიერი ქარიშხლები	71
სურ 3.4. საქართველოს ტერიტორიაზე 1995-2018 წლებში დაფიქსირებული ძლიერი ქარების შემთხვევათა რიცხვი	72
3.4. ღვარცოფები.....	73
3.5. თავსხმა წვიმები და წყლისმიერი ეროზიული პროცესები	75

თავი 4. სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების განაწილება და პრევენციული ღონისძიებები.....	85
4.1. სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების მონიტორინგი, პრევენცია, პროგნოზირება და ადრეული გაფრთხილების სისტემა	85
4.2. ქვეყნის ტერიტორიაზე სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების განაწილება რეგიონების მიხედვით.....	87
4.3. საქართველოს ტერიტორიაზე, 1940 – 2020 წლების პერიოდში აღრიცხული, განსაკუთრებით საშიში სტიქიური მოვლენების გამომწვევი აეროსინოპტიკური პირობების ანალიზი	98
4.4. ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებისა და კლიმატის ცვლილების საადაპტაციო ღონისძიებები.....	114
დასკვნები.....	116
ლიტერატურა.....	118

შესავალი

კვლევის აქტუალობა

გარემოზე ბუნებრივი და ანთროპოგენური ზეგავლენის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი გამოვლინება დედამიწის ატმოსფეროს და ჰიდროსფეროს მდგომარეობის მკვეთრი ცვლილებებია. ამიტომ, ატმოსფეროს და ჰიდროსფეროს ბუნებრივი რეჟიმის ცვალებადობის კვლევა ერთ-ერთი საკვანძო საკითხია.

საქართველოს ტერიტორიის რთული რელიეფი ხშირად ხელს უწყობს ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციური პროცესების გამწვავებას და სხვადასხვა სახის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების (წყალდიდობა-წყალმოვარდნა, თოვლის ზვავი, სეტყვა, ძლიერი ქარი, გვალვა და სხვა) ფორმირებას. აღსანიშნავია, რომ უკანასკნელ ათწლეულებში, კლიმატის ცვლილების ფონზე, საქართველოს ტერიტორიაზე აშკარად შეინიშნება სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების სიხშირისა და ინტენსივობის ზრდის ტენდენცია. ეს მოვლენები მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ზარალს და ხშირად ადამიანთა მსხვერპლსაც იწვევენ.

თავისი გამოვლინების ფორმის მიხედვით სტიქიური პროცესები უმრავლეს შემთხვევაში სწრაფად ცვალებადია, წარმოქმნის, განვითარების და შედეგების დადგომის მხრივ დროის მცირე მონაკვეთებია საჭირო, ხოლო მიყენებული ზარალის აღმოფხვრას და შედეგების შერბილების პრევენცია გაცილებით მეტ დროითი და მატერიალურ რესურსებს მოითხოვს.

სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების განვითარების კანონზომიერების შესწავლას, მისგან გარემოს დაცვისა და პრევენციული ღონისძიებების შემუშავებასა და დანერგვას უდიდეს მნიშვნელობა აქვს. განსაკუთრებით აღსანიშნავია თავსხმა წვიმები და მისგან გამოწვეული წყალმოვარდნები, რომელიც სტიქიების სხვა სახეებთან შედარებით, თანამედროვე ეტაპზე ყველაზე გავრცელებული და ზიანის მომტანია საქართველოსთვის.

მიუხედავად იმისა, რომ სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების შეფასებისას, როგორც თეორიული ისე პრაქტიკული ამოცანების დამუშავებაში ბევრია გაკეთებული, საკითხის მრავალსახეობრივი ბუნებიდან გამომდინარე, ზოგიერთ შემთხვევაში ის არ გვაძლევს რეალურთან ახლოს მდგომ სურათს. ამასთან ატმოსფერული პროცესების თავისებურებანი, კლიმატური ცვლილებების ტენდენციები და გარემოს მდგარდი განვითარების ანალიზი დღის წესრიგში აყენებს სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების კიდევ უფრო ღრმა შესწავლისა და შეფასების აუცილებლობას.

კვლევის მიზანი

კვლევის მთავარ მიზანს წარმოადგენს საქართველოს ტერიტორიაზე ჩამოყალიბებული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების - წყალდიდობა, წყალმოვარდნა, გვალვა, თოვლის ზვავები, სეტყვა, ძლიერი ქარები შეფასება კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით, სტიქიური პროცესების მონიტორინგი და პრევენციის თავისებურები, ქვეყნის ტერიტორიაზე სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების განაწილება რეგიონების მიხედვით და ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირების საადაპტაციო ღონისძიებები.

მონაცემთა დამუშავება განხორციელდა და მოიცვა საქართველოში აღრიცხული, თითქმის ყველა ძირითადი ჰიდრომეტეოროლოგიური სტიქიური მოვლენის რაოდენობრივი პარამეტრები.

განხორციელების ეტაპები

კვლევა განხორციელებულია რამოდენიმე ძირითად ეტაპად:

- პირველ ეტაპზე, მეტეოროლოგიურ და ჰიდროლოგიურ პარამეტრებზე დაკვირვების მრავალწლიური მონაცემების, ქვეყნის ტერიტორიაზე სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შესახებ სხვადასხვა წყაროზე

დაყრდნობით მოპოვებული ინფორმაციის ანალიზის საფუძველზე, შეფასდა საქართველოს ტერიტორიაზე წყალდიდობა-წყალმოვარდნების, თოვლის ზვავების, გვალვების, სეტყვისა და ძლიერი ქარების შემთხვევების განაწილების დინამიკა;

- მეორე ეტაპზე, ისტორიულ პერიოდში აღრიცხულ სტიქიურ ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენებიდან, ამორჩეულ იქნა განსაკუთრებით კატასტროფული ხასიათის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები და შესწავლილ იქნა მათი გამომწვევი სინოპტიკური და ცალკეულ შემთხვევებში გლაციოლოგიური და გეოლოგიური პროცესები;
- მესამე ეტაპი დაეთმო სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების მონიტორინგის, პრევენციის, პროგნოზირებისა და ადრეული გაფრთხილების საკითხების კვლევას;
- მეოთხე საბოლოო ეტაპზე მოხდა ქვეყნის ტერიტორიაზე სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების განაწილება რეგიონების მიხედვით და ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებისა და კლიმატის ცვლილების საადაპტაციო ღონისძიებებისათვის სათანადო რეკომენდაციების შემუშავება.

კვლევის მეთოდოლოგია

საკითხის შესწავლის მიზნით გამოყენებულია, როგორც ტრადიციული, ისე გეოგრაფიული და სტატისტიკური მეთოდები. ტრადიციულში იგულისხმება თეორიული მასალის მოპოვება, სისტემატიზაცია, ანალიზი, დაზუსტება და განზოგადოება. გეოგრაფიული მეთოდებია: გეოგრაფიული ინტერპოლაციისა და ჰიდროლოგიური ანალოგიის მეთოდები.

სტიქიური მოვლენების სრული რესტროსპექტული სურათის მისაღებად გამოყენებული იქნა საფონდო ისტორიული და თანამედროვე მდგომარეობის ამსახველი მასალები. განსაზღვრული რეგიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიული

მახასიათებლების საფუძველზე შეფასდა ტერიტორიის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური საფრთხეები.

მოვლენის თეორიულ კვლევებში უპირველეს ყოვლისა აღსანიშნავია ამ პროცესების საიმედო შეფასება და პროგნოზირება, რომელიც განხორციელდა წვიმის ნალექების მახასიათებლების, კალაპოტის ნაპირების გამორეცხვის თვისებების, ჩამონადენის ჰიდრავლიკური პარამეტრების და ა.შ. გათვალისწინებით.

პრაქტიკა გვიჩვენებს რომ თეორიული კვლევების პარალელურად სტიქიური პროცესების შესწავლის საქმეში დიდი მნიშვნელობა აქვს ველზე ჩატარებულ სავსე სამუშაოებს, რომელიც ტარდება სხვადასხვა კლიმატურ პირობებში, რაც გარდა იმისა რომ ვლდებულობთ ცალკეული ტერიტორიისათვის კონკრეტული პარამეტრების რეპრეზენტატიულ რიცხვით მნიშვნელობებს, იძლევა იმის საშუალებას, რომ შემოწმდეს და დაზუსტდეს ესა თუ ის თეორიული მოდელი და სხვა რეგიონებისათვის მიღებული საანგარიშო მოდელები.

დაგეგმილი კვლევების პროცესში შესასწავლ საკითხებთან დაკავშირებული ობიექტების, პროცესებისა და მოვლენების ანალიზი, სინთეზი და შეფასება განხორციელდა თანამედროვე მოთხოვნათა შესაბამისად: სტიქიური პროცესების განმსაზღვრელი ფაქტორების დროში და სივრცეში განვითარების და სავარაუდო მნიშვნელობების დადგენა განხორციელდა კომპლექსური და დარგობრივი მიდგომებით.

კვლევის სიახლე და მნიშვნელობა

წინამდებარე ნაშრომში კვლევა ფოკუსირებულია საქართველოში სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შეფასების ინტეგრირებულ მიდგომაზე, რაც ითვლისწინებს კონკრეტული რეგიონებისთვის არა მხოლოდ ერთი სტიქიური მოვლენის, არამედ სხვადასხვა სტიქიური მოვლენების ზედდების შემთხვევაში საფრთხეების შეფასებას. კვლევა დაფუძნებულია დიდი რაოდენობის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ და ჰიდრომეტეოროლოგიურ ინფორმაციაზე. მონაცემთა ბაზების

შეკრება და დამუშავება განხორციელებულია თანამედროვე პროგრამული საშუალებების გამოყენებით.

საქართველოს ტერიტორიისათვის, წარმოდგენილია წყლისმიერი სტიქიური პროცესების რისკების სივრცობრივი გავრცელების სურათი. რაც თავისთავად საფუძველი შეიძლება გახდეს შესაბამისი დარაიონებისათვის და იმ უბნების გამოსაყოფად სადაც ჩასატარებელია პირველი რიგის ღონისძიებები, აღნიშნული ფაქტორების გათვალსწინებით.

ასევე წარმოდგენილია მოსალოდნელი რისკების შემარბილებელი ღონისძიებები, რაც საშუალებას მოგვცემს გონივრულად იქნეს გამოყენებული რისკების ზონაში არსებული გარემო და ბუნებრივი რესურსები.

კვლევების შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნას აგრეთვე სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების ადრეული გაფრთხილების სისტემის შექმნაში, რაც თავის მხრივ ხელს შეუწყობს სტიქიური მოვლენებით გამოწვეული უარყოფითი შედეგების თავიდან აცილება/შერბილებას. მიღებულ შედეგებს დიდი მნიშვნელობა ექნება აგრეთვე, არა მარტო სამეცნიერო, არამედ ეკონომიკური და სოციალური თვალსაზრისით. კერძოდ, ბუნებათსარგებლობის სტრატეგიული მიმართულებების ჩამოყალიბებაში, ეკოლოგიური კრიზისების აცილებასა და შემსუბუქებაში, ასევე სოფლის მეურნეობის განვითარებისათვის გრძელვადიან პერსპექტივებში.

ლიტერატურის მიმოხილვა

როგორც უცხოელი ისე ქართველი ავტორების მიერ გამოცემულია მრავალი სამეცნიერო ნაშრომი, როგორც ზოგადი მეთოდოლოგიური ხასიათის, ისე სტიქიური მოვლენების შეფასებასთან არის დაკავშირებული.

ჰიდრომეტეოროლოგიური საფრთხეები, რისკები და კატასტროფების მართვის საკითხებს ეძღვნება სახელმძღვანელო “Hydro-Meteorological Hazards, Risks, and Disasters”, Paolo Paron, Giuliano Di Baldassarre, John F. Shroder; Hazards and Disasters Series; ELSEVIER, 2015, [36] სადაც განხილულია ჰიდრომეტეოროლოგიური რისკები და კატასტროფები, რომლებიც გავლენას ახდენენ კაცობრიობაზე, ისეთები როგორიცაა მაგ: წყალდიდობა და გვალვა; ასევე შეიცავს ახალ ცნობებს იმის შესახებ, თუ როგორ მოქმედებს კლიმატის ცვლილება საშიშ ჰიდრომეტეოროლოგიურ პროცესებზე.

წყალდიდობების და მათგან გამოწვეული ზარალის რაოდენობრივმა ზრდამ და წყალდიდობებისგან დაცვის ეფექტურობის გაძლიერების საჭიროებამ გამოიწვია ისეთი ნაშრომის შექმნა და გამოქვეყნება, როგორიცაა „Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures”, Jochen Schanze, Evzen Zeman, Jiri Marsalek, NATO Science Series, 2006, [30] რომელიც მოიცავს ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების, დედამიწაზე დაკვირვების, წყალდიდობის საშიშროების მოდელირების, კლიმატის ცვლილების, წყალდიდობის პროგნოზირების, მოწყვლადობის მოდელირების, შემამსუბუქებელი ზომებისა და მართვის სტრატეგიის სხვადასხვა ასპექტებს.

ურბანულ გარემოში წყალდიდობის საფრთხეები განხილულია ნაშრომში „Flood Hazards: Impacts and Responses for the Built Environment”, Jessica Lamond, Colin Booth, Felix Hammond, David Proverbs; CRC PRESS, 2011.[37] ნაშრომი ეყრდნობა ექსპერტების (წყალდიდობის აღდგენის, საგანგებო სიტუაციების რეაგირების, არქიტექტორების, დაგეგმვის კონსულტანტების, სადაზღვევო კომპანიების, პოლიტიკის შემდგენთა და საზოგადოების წარმომადგენლების მხრიდან რეაგირების სპეციალისტების) გამოცდილებას, საზოგადოებრივი და ბიზნეს სექტორის აზრის გათვალისწინებით.

მასლების თანამიმდევრობა შეესაბამება კატასტროფის მართვის ციკლის ფაზებს, რომელიც მოიცავს საგანგებო სიტუაციების მომზადებას და მათზე რეაგირებას; ავტორები შეისწავლიან ზემოქმედების ტიპებს და განიხილავენ პროგნოზირებას საკითხებს.

თოვლთან და ყინულთან დაკავშირებული საფრთხეების, რისკების და კატასტროფების შესახებ უახლეს ინფორმაციას გვაწვდის “Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters”, Wilfried Haeberli, Colin Whiteman, John F. Shroder, Hazard and Disasters Series, 2015, [27] სადაც ასევე განიხილება ზღვის დონის აწევის და კლიმატის ცვლილების საკითხები.

სახელმძღვანელო „Natural Hazards Analysis: Reducing the Impact of Disasters”, John C. Pine, 2009 [35], აფასებს კრიტიკულ მზადყოფნას ისეთ საკითხებზე, რომლებიც საგანგებო სიტუაციების მენეჯერებს უნდა შეექმნათ ნებისმიერი სახის კატასტროფების დაწყებამდე, მიმდინარეობისას და დასრულების შემდეგ. ეს წიგნი ეფექტურად აჩვენებს, თუ როგორ უნდა გამოიყენოთ GIS ინსტრუმენტები, სივრცული ანალიზი და დისტანციური ზონდირება კატასტროფის არასასურველი შედეგების შესამცირებლად და სოციალური, ეკონომიკური და გარემოს მდგრადობის ასამაღლებლად.

მეტად საინტერესოა მონოგრაფიები „Natural Hazards&Disasters”, Donald Hyndman, David Hyndman; 4th Edition; CENGAGE LEARNING, 2017 [29] და „Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster”, Keith Smith; 6th Edition, 2013 [31], სადაც წარმოდგენილია როგორც გეოლოგიური პროცესების გავლენა ადამიანებზე და საფრთხეების ფიზიკური და ფინანსური ზიანის შემცირების სტრატეგიები, ასევე უზრუნველყოფს სრულად განახლებულ მიმოხილვას ყველა იმ ექსტრემალური მოვლენის შესახებ, რომელიც საფრთხეს უქმნის საზოგადოებას XXI საუკუნეში.

წყალდიდობის პროგნოზირების და ადრეული გაფრთხილების შესახებ მნიშვნელოვან კვლევას წარმოადგენს „Flash Floods: Forecasting and Warning”, Kevin Sene; SPRINGER, 2013, [32] სადაც აღწერილია უკანასკნელი მიღწევები წყალდიდობების მონიტორინგსა და პროგნოზირებაში და ადრეული გაფრთხილების სისტემებში. განხილული თემებია ნალექების და მდინარის მონიტორინგი, ამინდის პროგნოზირება,

ამინდის რიცხვითი პროგნოზი, ნალექების ჩამონადენის მოდელირება და წყალდიდობის შესახებ გაფრთხილებების გავრცელების მიდგომები და საგანგებო სიტუაციებზე რეაგირება. აღნიშნული საკითხების კვლევის ერთგვარ გაგრძელებას წარმოადგენს მონოგრაფია „Preparedness and Response for Catastrophic Disasters”, Rick Bissell; CRC PRESS, 2013, [21] წიგნი, რომელიც დაწერილია სტიქიის საუკეთესო მკვლევარისა და პრაქტიკოსის მიერ, განსაზღვრავს და წარმოადგენს კატასტროფულ მოვლენას, ასახავს ისეთ ფაქტორებს, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფები, ასევე მათ მიერ წარმოდგენილ უნიკალურ ლოგისტიკურ, დაგეგმვისა და რეაგირების გამოწვევებს.

წყლის რაოდენობრივი მახასიათებლების ცვლილების შესახებ მნიშვნელოვანია „Hydrology and Hydraulic Systems”, Ram S. Gupta, 2001, [25] რომელიც მოიცავს ჰიდროლოგიური მონიტორინგის და ჰიდროლოგიური გაანგარიშების მრავალ საკვანძო საკითხს.

განსაკუთრებული აღნიშვნის ღირსია ეროვნული შეტყობინებები კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციასთან მიმართებაში, გამოცემულია პირველი (1999) მეორე (2009) მესამე (2015) და (მეოთხე) 2020 ეროვნული შეტყობინება [12,13,14,15], რომელიც ეხება კლიმატის ცვლილების მოწყვლადობის შეფასებას, საადაპტაციო ღონისძიებებს და სხვა.

ფუნდამენტურ მონოგრაფიას წარმოადგენს გ. სვანიძის და ვ. ცომაიას რედაქტორობით გამოცემული ნაშრომი „საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები კავკასიაში“ (რუსულ ენაზე) 1983.[18] მონოგრაფიის ავტორების კ. აბდუშელიშვილის, ვ. გაგუას, ა. კერიმოვის, პ. კორძახიას, ლ. პაპინაშვილის, ნ. რუხაძის, გ. სვანიძის, ე. სუხიშვილის, ს. ტატოშვილის, მ. ხვიჩიას, ი. ხერხეულიძის, გ. ხმაღაძის, ვ. ცომაიას, ი. ცუცქირიძის, პ. ცხვიტავას, გ. ჭირაქაძის მიერ დამუშავებულია საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების სივრცით-დროითი განაწილების ძირითადი კანონზომიერებები კავკასიის ტერიტორიაზე. განხილულია საშიში სტიქიური მოვლენების სხვადასხვა მახასიათებლები (განმეორებადობა, ხანგრძლივობა, ინტენსივობა და ა.შ) და აგრეთვე სტატისტიკური პარამეტრები.

ჩატარებულია კავკასიის ტერიტორიის სქემატური დარაიონება, ზოგიერთი საშიში მოვლენის განაწილების მიხედვით.

ჰიდრომეტეოროლოგიის სამეცნიერო-კვლევითი ინსტიტუტის შრომებში, რომლებშიც პერიოდულად წარმოდგენილია სხვადასხვა სახის სტიქიური მოვლენების ანალიზი. აღსანიშნავია ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომათა კრებულის № 107-ე ტომი (2001) [16], რომელიც მთლიანად ეძღვნება გვალვას და მასთან ბრძოლის პრობლემებს.

კომპლექსურადაა მოცემული საქართველოს ტერიტორიაზე ამინდთან დაკავშირებული სტიქიური მოვლენების ანალიზი ე. ელიზბარაშვილის მონოგრაფიაში - „საქართველოს ჰავა“ 2017 წ. [4]

ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების შეფასებას ეძღვნება წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრომები

მონოგრაფიაში „კატასტროფული წყალდიდობები, ღვარცოფები და თოვლის ზვავები საქართველოში და მათი უსაფრთხოება“ [1] ავტორები ც. ბასილაშვილი, მ. სალუქვაძე, ვ. ცომაია, გ. ხერხეულიძე (2012) სისტემატიზებულია და გაანალიზებულია საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული ჰიდროგლაციალური მოვლენები: წყალდიდობები, ღვარცოფები და თოვლის ზვავები. დაზუსტებულია მათი პარამეტრები, მოვლენების მრავალწლიური დინამიკა, ცვლილების ტენდენციები და განვითარების მასშტაბები. შედგენილია მათი გავრცელების სქემატური რუკები. განსაზღვრულია მთავარ მდინარეთა მაქსიმალური ხარჯების ალბათური მნიშვნელობები სხვადასხვა უზრუნველყოფით და შემუშავებულია მათი გრძელვადიანი საპროგნოზო მეთოდოლოგია. აგრეთვე, შედგენილია ღვარცოფებისა და თოვლის ზვავების განვითარების საპროგნოზო რუკები. კატასტროფების ნეგატიური შედეგების შერბილებისთვის შემუშავებულია საჭირო ღონისძიებათა რეკომენდაციები.

ნაშრომში „თოვლის ზვავები საქართველოში“. ავტორები: ლ. ქალდანი, მ. სალუქვაძე. (2015). განხილულია ცნობები თოვლის ზვავებზე და აღწერილია მათი ჩამოსვლის შედეგად გამოწვეული შედეგები, ზოგადად და საქართველოში. განხილულია ატმოსფერული ნალექები, თოვლის საფარი, ზვავწარმომქმნელი

ფაქტორები, ზვავების კლასიფიკაცია და ზვავსაწინააღმდეგო ღონისძიებები. თოვლის ზვავების შესწავლისათვის მნიშვნელოვანი ნაშრომია „თოვლის ზვავების კადასტრი“. ავტორი: მ. სალუქვაძე. თბილისი 2018, სადაც განხილულია საქართველოს მასშტაბით 135 მდინარის ხეობაში განლაგებული 338 დასახლებული პუნქტისთვის საშიში 1108 ზვავის მორფომეტრული და დინამიკური მახასიათებლები.

აღსანიშნავია მონოგრაფია „სეტყვისა და ელჭექური პროცესების დინამიკა და სტატისტიკური განაწილება საქართველოში კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე“. ავტორები: მ. ტატიშვილი, ლ. ქართველიშვილი, ი. მკურნალიძე, რ. მესხია. 2018.[8] სადაც განხილულია კლიმატის თანამედროვე ცვლილების ფონზე სეტყვა-ელჭექური პროცესების სივრცე-დროითი განაწილება სტატისტიკური ანალიზის გამოყენებით. აგრეთვე ნაშრომში ჩართულია ნალექწარმომქმნელი პროცესების მათემატიკური მოდელები.

ღვარცოფულ პროცესებთან დაკავშირებით მეტად საინტერესო მონოგრაფიაა „ღვარცოფული პროცესები კახეთში და მათთან ბრძოლის ღონისძიებები“. ავტორი: გ. ჩანგაშვილი. (1983), [9] მონოგრაფია ეხება ღვარცოფულ პროცესებს - ბუნების ერთ-ერთ საშიშ სტიქიურ მოვლენას, რომელიც კახეთში დიდი ინტენსივობით ვლინდება და სოფლის მეურნეობასა და გარემოს დიდ ზარალს აყენებს. ნაშრომში გაანალიზებულია ღვარცოფწარმომქმნელი ფაქტორები, ღვარცოფების გენეზისი, მათი ინტენსივობა და ზარალიანობა. ჩატარებულია ღვარცოფწარმომშობი მძლავრი კერებისა და ღვარცოფსაშიში რეგიონების გამოყოფა-დახასიათება, მოცემულია ღვარცოფული პროცესების პროგნოზთან დაკავშირებული საკითხები. აგრეთვე, მოცემულია ღვარცოფსაწინააღმდეგო ბრძოლის ეფექტური ღონისძიებები.

ნაშრომში საქართველოს სსრ კლიმატოგრაფია. ავტორები კ. პაპინაშვილი, ე. ნაფეტვარიძე, ვ.გიგინეიშვილი. 1977. წარმოდგენილია საქართველოს კლიმატის ფორმირების ძირითადი ფაქტორები, გეოგრაფიული განაწილება. დახასიათებულია სინოპტიკური პროცესები, რომელთა მემვეობითაც ხდება ჰაერის მასების გავრცელება საქართველოს ტერიტორიაზე.

წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების რისკების შეფასებაში უდიდესი წვლილი მიუძღვის ც.მირცხულავას, რომლის არაერთ მონოგრაფიაშია განხილული აღნიშნული პრობლემური საკითხი. ასევე აღსანიშნავია გ. გავარდაშვილის და გ. დოხნაძის შრომები.

მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნებში სტიქიური მეტეოროლოგიური, ჰიდროლოგიური და გეოლოგიური მოვლენები და მათგან გამოწვეული უარყოფითი შედეგების ეკონომიკური ანალიზი ასევე ყოფილ საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე კატასტროფული ხასიათის ბუნებრივი სტიქიური მოვლენები, მათი მასშტაბები და გავლენა სოციალურ-ეკონომიკურ ფაქტორებზე უმნიშვნელოვანეს კვლევას წარმოადგენს ფ. უაითის ავტორობით გამოცემული ნაშრომი სტიქიური მოვლენები: შესწავლა და ბრძოლის მეთოდები. ნიუ იორკი, 1974

სამეცნიერო გამოკვლევებთან ერთად გამოყენებულ იქნა სამეცნიერო-პოპულარულ ლიტერატურაში და საგაზეთო სტატიებში გამოქვეყნებული ინფორმაცია სხვადასხვა სახის სტიქიურ მოვლენების თაობაზე, რაც გარკვეულწილად ავსებს შედარებით ლოკალური ხასიათის სტიქიური მოვლენების შესახებ არსებულ მწირ ინფორმაციას.

თავი 1 - საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული ძირითადი სტიქური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები და კლიმატის ცვლილების მიმდინარე და სამომავლო გავლენა მათ სიხშირესა და ინტენსივობაზე

1.1 კლიმატური სისტემის თანამედროვე ცვლილებები

კლიმატური ცვლილებების თანამედროვე ტენდენციებიდან ცალსახაა კლიმატური სისტემის დათბობა და 1950-იანი წლების შემდეგ ბევრი დაკვირვებული ცვლილება უპრეცედენტოა ათწლეულიდან ათასწლეულამდე მასშტაბით. სახეზეა ატმოსფეროსა და ოკეანის დათბობა, თოვლისა და ყინულის რაოდენობის შემცირება, ზღვის დონის აწევა და სათბურის გაზების კონცენტრაციის ზრდა, ასევე რიგი კლიმატური ექსტრემალური მოვლენების ცვლილებები.

IPCC-ს (კლიმატის ცვლილების სამთავრობათაშორისო საბჭო) მე-5 მოხსენების მიხედვით (AR5, 2014), დაწყებული 1850 წლიდან, ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში უკანასკნელი სამი ათწლეულის განმავლობაში თითოეული უფრო თბილია, ვიდრე ნებისმიერი წინა ათწლეული, ხოლო 1983-2012 30-წლიანი პერიოდი, სავარაუდოდ, ყველაზე თბილი იყო ბოლო 1400 წლის განმავლობაში.

ადამიანის გავლენა კლიმატურ სისტემებზე წარმოადგენს მე-20 საუკუნის მეორე ნახევრის შემდგომ დაკვირვებული დათბობის დომინანტურ მიზეზს.

სათბურის გაზების ემისიების შემდგომი მატება გამოიწვევს კიდევ უფრო ინტენსიურ დათბობას და გაამძაფრებს კლიმატური სისტემის ყველა კომპონენტის ცვლილებას. კლიმატის ცვლილების შეზღუდვას დასჭირდება სათბურის გაზების არსებითი და მდგრადი შემცირება.

სათბურის გაზების ემისიების შემდგომი მატების შედეგად:

- თითქმის ყველა RCP (რეპრეზენტატიული კონცენტრაციის ტრაექტორიები) სცენარის მიხედვით, დედამიწის ზედაპირზე ტემპერატურის ცვლილება 21-ე საუკუნის ბოლოს, სავარაუდოდ, 1.5-2°C-ით გადააჭარბებს 1850-1900 წ.წ. პერიოდის ტემპერატურას. დათბობა გაგრძელდება 2100 წლის შემდგომაც, თუმცა არ იქნება რეგიონალურად ერთგვაროვანი.

- ასევე, არ იქნება ერთგვაროვანი დათბობით განპირობებული გლობალური წყლის ციკლის ცვლილებები 21-ე საუკუნეში. ცვლილებები ნალექების რეჟიმში იქნება ისეთი, რომ გაიზრდება კონტრასტი ტენიან და მშრალ რეგიონებსა და ტენიან და მშრალ სეზონებს შორის, თუმცა შეიძლება იყოს რეგიონული გამონაკლისებიც.

- გლობალური მყინვარების მოცულობა კიდევ უფრო შემცირდება.

- 21-ე საუკუნეში გაგრძელდება გლობალური ზღვის დონის აწევაც. თითქმის ყველა სცენარის მიხედვით, ერთობ სავარაუდოა, რომ ოკეანის დათბობისა და მყინვარებისა და ყინულის მასის მზარდი კლების გამო, ზღვის დონის მატების ინტენსივობა იქნება მეტი, ვიდრე დაფიქსირდა 1971-2010 პერიოდის განმავლობაში.

- სავარაუდოდ გაიზრდება ექსტრემალური მოვლენების ინტენსივობა და ხდომილების ალბათობა.

აღსანიშნავია, რომ სავარაუდოა კლიმატის ცვლილების ბევრი ასპექტის შენარჩუნება კიდევ მრავალი საუკუნის განმავლობაში მიუხედავად იმისა, შეჩერდება თუ არა CO₂ ემისია.

ქვემოთ მოყვანილია საქართველოს ტერიტორიაზე კლიმატის მიმდინარე და სამომავლო ცვლილებების ძირითადი ტენდენციები:

- *საშუალო წლიური ტემპერატურა* დასავლეთ საქართველოს ზღვისპირეთსა და კოლხეთის დაბლობზე უკანასკნელი 50-წლიანი პერიოდის განმავლობაში (1961-2100) მინიმუმ 2 გრადუსით უფრო მაღალია, ვიდრე საქართველოს დანარჩენი ტერიტორიაზე. ეს ტენდენცია საუკუნის ბოლომდე ნარჩუნდება.

- 1961-2010 წლების პერიოდისათვის საშუალო წლიური ტემპერატურა აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე უფრო ინტენსიურ ზრდას აჩვენებს, ვიდრე დასავლეთში. კერძოდ, აღმოსავლეთში ნაზრდი საშუალოდ +0.3 და მაქსიმუმ +0.7°C აღწევს, დასავლეთში კი +0.1 და +0.4°C, შესაბამისად.

- 2050 წლისათვის სურათი შებრუნდება და დასავლეთ საქართველოში მაქსიმალური ნაზრდია +2.1°C, ხოლო საშუალო +1.3°C. აღმოსავლეთში მაქსიმალური ნაზრდი +1.3, ხოლო საშუალო +1.1°C შეადგენს.

- 2100 წლისათვის მაქსიმალური ნაზრდი დასავლეთ საქართველოში +4.2°C და საშუალო +3.4°C, ხოლო აღმოსავლეთში +3.6 და +3.5°C, შესაბამისად.
- ცვლილებები *ნალექების რეჟიმში* არამდგრადია, თუმცა ნალექების წლიური ჯამების ტერიტორიული განაწილების თავისებურებანი მთელი განხილული პერიოდის განმავლობაში (1961-2100) ფაქტიურად ნარჩუნდება.
- 1961-2010 წწ პერიოდში ნალექების მატების მდგრადი ტრენდები, ძირითადად, ფიქსირდება დასავლეთ საქართველოში და განსაკუთრებით მის მთიან ზონებში. აღმოსავლეთში ნალექების რეჟიმში გამოვლინდა შემცირების შედარებით არამდგრადი ტენდენციები. კერძოდ, დასავლეთში ნალექების წლიური ჯამების მაქსიმალური ნაზრდი 15% აღწევს, აღმოსავლეთში კი მაქსიმალური უარყოფითი გადახრა -3% შეადგენს.
- 2050 წლისათვის მთელი საქართველოს ტერიტორიაზე უპირატესია ნალექების ზრდის ტენდენციები. დასავლეთში ყველაზე ინტენსიურია ნალექიანობის მატება აჭარის რაიონში (+14%), ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში ნალექების ზრდის ტენდენციები შედარებით უმნიშვნელოა (საშუალოდ 3-5%).
- 2100 წლისათვის ტერიტორიის უმეტეს ნაწილში, განსაკუთრებით, აღმოსავლეთში (კახეთი) მოსალოდნელია ნალექების კლების ინტენსიური ტენდენციები.
- *ექსტრემალურ მოვლენებიდან* აღსანიშნავია, რომ უნალექო (CDD) და ნალექიანი (CWD) პერიოდების მაქსიმალური ხანგრძლივობის მიმდინარე ცვლილება საქართველოს აღმოსავლეთსა და დასავლეთში ისეთ ტენდენციებს ავლენს, რომ ამ მოვლენებით გამოწვეულ რისკებს უფრო შეუწყობს ხელს. კერძოდ CDD ზრდა კახეთსა და შიდა ქართლში სასმელი და სარწყავი წყლის დეფიციტს გაამწვავებს, თუმცა იმავე ტერიტორიაზე ნალექიანი პერიოდების ხანგრძლივობაც იზრდება და წყლის დეფიციტი ამ მხრივ კონპენსირდება. დასავლეთ საქართველოში კი ამ უკანასკნელი ინდექსის ზრდა, კვლავ წყალდიდობისა და წყალმოვარდნების, ღვარცოფებისა და მეწყერების რისკის გააქტიურებას გულისხმობს. მომავალში მშრალი და ნალექიანი პერიოდების მაქსიმალური ხანგრძლივობა 2050-იან წლებამდე უმეტესად იზრდება მთელს ტერიტორიაზე და მათთან დაკავშირებული რისკების სიხშირეც ამ პერიოდში

დაიკლებს. რამდენიმე გამონაკლისის გარდა, აღსანიშნავია შიდა ქართლის ტერიტორია, სადაც CDD-ს ზრდა და CWD -ს კლება ერთდროულად მიმდინარეობს და წყლის დეფიციტის საშიშროებას შექმნის. *საუკუნის ბოლოსათვის* უნალექო პერიოდების გახანგრძლივებისა და ნალექიანი პერიოდების ხანგრძლივობის შემცირების ტენდენცია თითქმის მთელი საქართველოსათვის არის დამახასიათებელი და ყველა რისკი რაც მიმდინარე პერიოდში აღინიშნა უფრო მწვავე ხასიათს მიიღებს.

კლიმატის მომავალი ცვლილების პროგნოზირებისთვის მნიშვნელოვანია სათბურის გაზების (და სხვა შემადგენლების) ანთროპოგენური ემისიის ცვალებადობა. რიგი ემისიის სცენარები დამუშავებული იქნა IPCC-ის სპეციალურ მოხსენებაში ემისიის სცენარების შესახებ (SRES, RCP) და ასახავს მსოფლიოს განვითარების რამდენიმე სხვადასხვა შესაძლო გზას და მათ თანამდევ შედეგებს მოსახლეობის, ეკონომიკური ზრდის, ენერჯის გამოყენების და ტექნოლოგიების განვითარებისათან მიმართებით.

იმ ეფექტის საანგარიშოდ, რაც ამ ემისიებს ექნებათ გლობალურ კლიმატზე, იყენებენ გლობალურ ცირკულაციურ მოდელებს (GCMs). ისინი წარმოადგენენ დეტალურ მათემატიკურ აღწერას იმ მნიშვნელოვანი ფიზიკური ელემენტებისა და ატმოსფეროში, ოკეანესა და ხმელეთის ზედაპირზე მიმდინარე პროცესებისა, რომლებიც ქმნიან კლიმატურ სისტემას (მაგ., ქარები და ოკეანური დინებები, ღრუბლები, ნალექები, ნიადაგები).

გლობალური ცირკულაციური (კლიმატური) მოდელები იძლევიან პროგნოზებს შედარებით უხეში მასშტაბით, რამდენიმე ასეული კილომეტრით, თუმცა კლიმატის ცვლილების გავლენის შესასწავლად საჭიროა პროგნოზირება გაცილებით მცირე მასშტაბებით.

დეტალური პროგნოზის მიღების ყველაზე შემოწმებული მეთოდი, რომელიც პირველად გამოცდილი იქნა ჰადლეის ცენტრში, არის რეგიონული კლიმატური მოდელის, კერძოდ, GCM-ის უკეთესი გარჩევის უნარის მქონე ვერსიის გამოყენება, რომელიც მოიცავს შემოსაზღვრულ არეს დედამიწის სფეროზე. RCM-ის პროგნოზები, იდეალურ შემთხვევაში 30-წლიანი პერიოდისათვის (მაგ., 2071-2100) საჭიროა უხეში

კლიმატური სტატისტიკის, მაგ., დღეღამური ნალექების ჯამის განაწილების ან შიდასეზონური ცვალებადობის დასადგენად.

რეგიონულ მოდელს შეუძლია გაითვალისწინოს 25 კმ და ნაკლები მასშტაბის რეგიონული თავისებურებები და შესაბამისად, გააჩნია ფიზიკური პროცესების უკეთ აღწერის, ასევე ექსტრემალური მოვლენების სიმულირების გაუმჯობესების შესაძლებლობები.

საქართველო, რომელიც მდებარეობს სუბტროპიკული და ზომიერი ზონების საზღვარზე და ქმნის ხმელთაშუა ზღვის კლიმატური რაიონის ნაწილს, რომლის ტიპური თვისებები მნიშვნელოვნად იცვლება ადგილობრივი მთიანი რელიეფით, აღსანიშნავია კლიმატწარმომქმნელი, გარეშე და ადგილობრივი ფაქტორების ერთობ რთული კომბინაციით განპირობებული კლიმატის განსაკუთრებული მრავალფეროვნებით და ამდენად, საკმაოდ მოწყვლადია ამინდის ექსტრემალური მოვლენების ინტენსივობისა და სიხშირის პოტენციური მატების მიმართ [14].

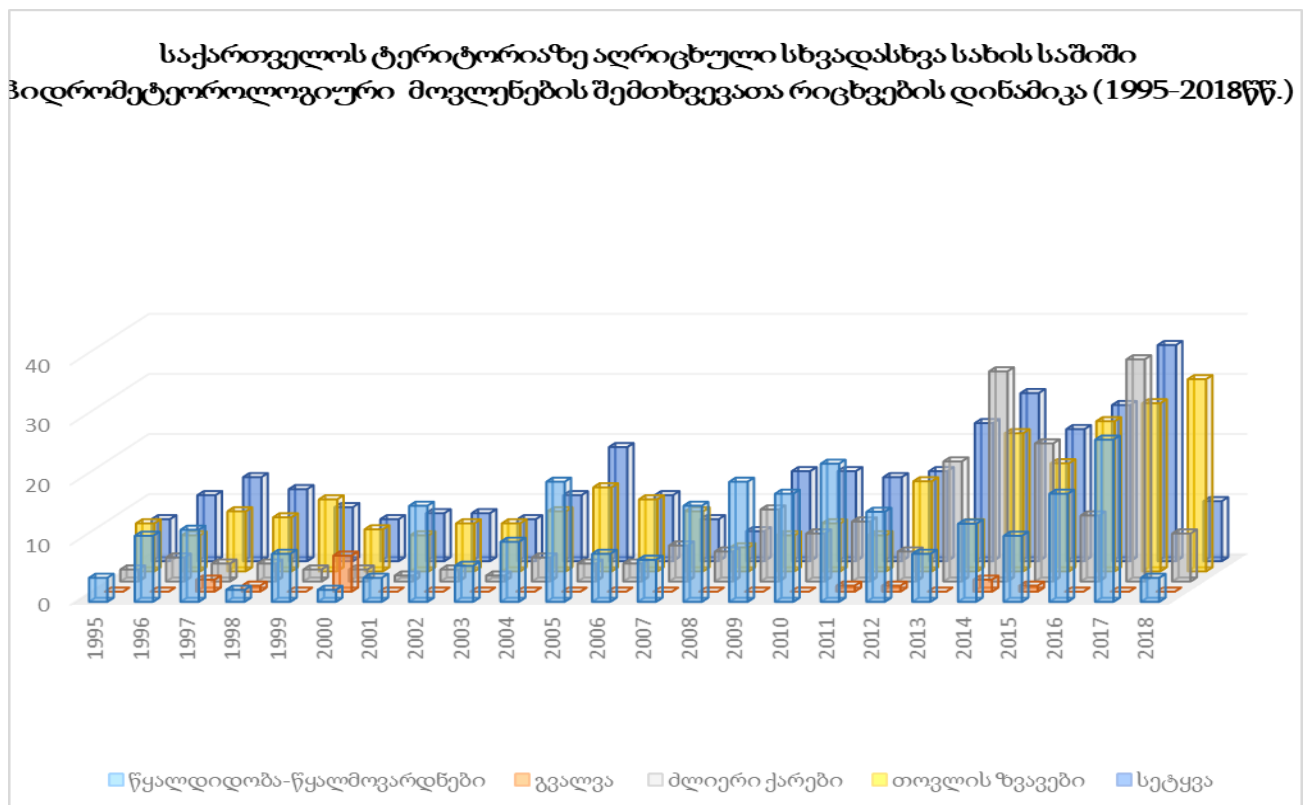
1.2. სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების დინამიკა საქართველოში

კატასტროფების საერთაშორისო ცენტრის შეფასებით ბუნებრივი კატასტროფული მოვლენების უმეტესი ნაწილი მოდის ჰიდროსტიქიურ მოვლენებზე და მათგან 9/10 შეიძლება დაიყოს 4 ძირითად ჯგუფად: წყალდიდობები 40%, ტროპიკული ციკლონები 20%, მიწისძვრები 15% და გვალვები 15%. 1963-1992 წლებში მომხდარი დიდი სტიქიური უბედურებების მნიშვნელოვანი ზარალი მოდის წყალდიდობებზე 32%, ტროპიკულ ციკლონებზე 30%, გვალვაზე 23%, მიწისძვრაზე 10%, სხვებზე 6%, ხოლო მსხვერპლთა რაოდენობა წყალდიდობებზე 26%, ციკლონებზე 19%, ეპიდემიაზე 17%, მიწისძვრებზე 13% და ა.შ., გასული საუკუნის 70-იანი წლებიდან მსოფლიოში აღინიშნება წყალდიდობების რაოდენობის ზრდა, ევროპის მაგალითზე შეიძლება ითქვას რომ 1973-2002 წწ დაფიქსირდა 31 შემთხვევა, ხოლო 1993-2002 წწ-ში 177 შემთხვევა. ეს ყველაზე ხშირად ხდებოდა მის აღმოსავლეთ ნაწილში.

საქართველოს ტერიტორიის რთული რელიეფი ხშირად ხელს უწყობს ატმოსფერული ცირკულაციური პროცესების გამწვავებას და სხვადასხვა სახის

სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების (წყალდიდობა-წყალმოვარდნა, თოვლის ზვავი, სეტყვა, ძლიერი ქარი, გვალვა და სხვა) ფორმირებას. აღსანიშნავია, რომ უკანასკნელ ათწლეულებში, კლიმატის ცვლილების ფონზე, საქართველოს ტერიტორიაზე აშკარად შეინიშნება სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების სიხშირისა და ინტენსივობის ზრდის ტენდენცია [2,3]. ეს მოვლენები მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ზარალს და ხშირად ადამიანთა მსხვერპლს იწვევენ.

საქართველოში დაფიქსირებული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიურ მოვლენების სტატისტიკური მაჩვენებლების გათვალისწინებით, ბოლო 15 წლის განმავლობაში მათი რიცხვი საკმაოდ მატულობს (სურ 1.1), განსაკუთრებით წყალდიდობა-წყალმოვარდნები, რომელთა მაჩვენებელი ბევრად აღემატება სხვა მოვლენების ანალოგიურ მაჩვენებლებს.



სურ. #1.1. საქართველოში სხვადასხვა სახის საშიში ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შემთხვევათა რაოდენობრივი დინამიკა

1.3. 2014-2018 წწ-ში საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებული სტიქიური მოვლენების მოკლე მიმოხილვა

2014-2018 წლებში საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებულ სტიქიურ მოვლენებს შორის განსაკუთრებით აღსანიშნავია მოვლენები, რომლებმაც კატასტროფული შედეგები გამოიწვია:

2014 წლის 17 მაისს მდ. დევდორაკის ხეობაში მომხდარი გლაციალურ-ღვარცოფული მოვლენა, რა დროსაც მყინვარწვერის კალთას 4700 მეტრ სიმაღლეზე მოწყდა 5 მლნ-მდე მ³ მოცულობის ყინულის ბლოკი, რომელიც ჩაზვავდა მდ. დევდორაკ-ამალის ხეობაში. აღნიშნული მოვლენის შედეგად თერგის შესართავთან დაიღუპა 7 ადამიანი;



სურათი 1.2 მდ. დევდორაკ-ამალისა და თერგის შესართავი

2015 წლის 13-14 ივნისის მდინარე ვერესა და მის შენაკადებზე მოხდა წყალმოვარდნა და მეწყერულ-ღვარცოფული პროცესების მასშტაბური ჩასახვა/გააქტიურება. რასაც მოჰყვა წყნეთი-ბეთანიის, წყნეთი-ახალდაბის და კოჯორი-მანგლისის საავტომობილო გზების მწყობრიდან გამოყვანა. საგრძნობლად დააზიანა ან/და გაანადგურა ქ. თბილისში, მდ. ვერეს ხეობის დაბალ ნიშნულებზე განლაგებული, სხვადასხვა დანიშნულების

ინფრასტრუქტურული ობიექტები, შენობა-ნაგებობები და თბილისის ზოოპარკი. დაღუპულია 20, დაკარგულად მიიჩნევა სამი ადამიანი



სურ. 1.3. მეწყერო სოფ. ახალდაბასთან

სურ. 1.4. დატბორილი გ. სვანიძის ქუჩის მიმდებარე ტერიტორია

2017 წლის 20 აგვისტოს დევდორაკის ხეობაში მოსული უხვი ნალექის შედეგად, ადგილი ჰქონდა ხეობაში აკუმულირებული ჭარბი მასალის გააქტიურებას ღვარცოფის სახით, რამაც მდ. თერგთან მშენებარე ჰიდროელექტრო სადგურზე მომუშავე 2 პერსონალი იმსხვერპლა;



სურ.1.5 წყალმოვარდნის შედეგად წარეცხილი საავტომობილო გზა
2018 წლის 5 ივლისს, მდ. ნენსკრას აუზში მოსული უხვი ნალექებისა და მყინვარების ინტენსიური დნობის შედეგად მდინარის წყლის დონე საშიშ ნიშნულს მიუახლოვდა. ხეობაში განვითარდა ძლიერი წყალმოვარდნები და ღვარცოფული პროცესები, რაც

დაკავშირებულია იმ დღეებში საქართველოს ტერიტორიაზე გაბატონებულ მაღალ ტემპერატურებთან და ხეობაში მოსულ თავსხმა წვიმებთან. მდინარე ნენსკრის ადიდების შედეგად ჭუბერის თემში არსებულ სოფლებში (სგურიში, ყარი, დევრა, ქვემო მარლი, ლეკალმახი, ლახანი) დაინგრა და დაზიანდა სოფლების დამაკავშირებელი საავტომობილო გზები და ხიდები. განადგურებულია საცხოვრებელი სახლები და ინფრასტრუქტურული ობიექტები.



სურათი 1.6 სოფ. ტიტამდე მისასვლელი წარეცხილი გზა



სურათი 1.7 ნახევრად დანგრეული საცხოვრებელი სახლი

2018 წლის 14 ივლისს, ონის მუნიციპალიტეტის სოფ. ღებში, მდ. რიონის ადიდების შედეგად დაიტბორა რამდენიმე სახლის ეზო და სავარგულები, დაზიანდა ღებისა და პატარა ღების დამაკავშირებელი ხიდი, რამაც გარე სამყაროს მოწყვიტა 60-მდე ოჯახი. მდ. ჩვეშურას (მდ. რიონის მარცხენა შენაკადი სოფ. ღებთან) ადიდების შედეგად კი წყალი კალაპოტიდან გადმოვიდა, რამაც სოფ. ღების ცენტრამდე მისასვლელი გზა წარეცხა.



სურათი 1.8. წყალმოვარდნის შედეგად დატბორილი სოფ. ღები



სურათი 1.9. წყალმოვარდნის შედეგად დატბორილი სოფ. ღები

1.4. ბუნებრივი კატასტროფების რისკების შემცირების სტრატეგია

ბუნებრივი კატასტროფების რისკების შემცირების ვალდებულება საქართველოს „კატასტროფის რისკის შემცირების სენდაის სამოქმედო ჩარჩო პროგრამა 2015-2030“ -ის შესაბამისად აქვს აღებული. ამ მიზნით (განსაკუთრებით ბოლო პერიოდში), სვადასხვა დონორი საერთაშორისო ორგანიზაციების და ქვეყნების დახმარებით, საქართველოში მნიშვნელოვანი ღონისძიებები ტარდება.

სენდაის ჩარჩო პროგრამის საფუძველზე, სახელმწიფო უსაფრთხოებისა და კრიზისების მართვის საბჭოს მიერ, სვადასხვა სახელმწიფო უწყებათა ერთიანი ძალისხმევითა და კოორდინირებული მუშაობით შეიქმნა დოკუმენტი - „საქართველოს კატასტროფის რისკის შემცირების 2017-2020 წლების ეროვნული სტრატეგია, რომელიც საქართველოს მთავრობამ 2017 წლის იანვარში დაამტკიცა.

ეროვნული სტრატეგია მიზნად ისახავს ერთიანი, მოქნილი და ეფექტიანი სისტემის ჩამოყალიბებას. დოკუმენტში ასახულია ოთხი წლის განმავლობაში განსახორციელებელი ძირითადი პრევენციული ღონისძიებები, რომლის შესრულებაზეც სვადასხვა უწყებებია პასუხისმგებელნი. აღნიშნული დოკუმენტის

შემუშავებისას შეირჩა ყველაზე საფრთხის შემცველი ბუნებრივი ზონები, სადაც უნდა გატარდეს გარკვეული შემარბილებელი ღონისძიებები: ადრეული შეტყობინების სისტემის შექმნის მიზნით ავტომატური ჰიდრომეტეოროლოგიური სადამკვირვებლო ქსელის მოწყობა; ტერიტორიაზე ტოპოგრაფიული და ჰიდრომეტრული სამუშაოების ჩატარება და ჰიდრაულიკური/ჰიდროლოგიური მოდელირებების განხორციელება; შესაბამისი ნაპირდამცავი ჰიდროტექნიკური ნაგებობების მოწყობა და ა.შ.

გარდა ზემოხსენებული ეროვნული სტრატეგიისა, საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს მიერ 4 წელიწადში ერთხელ მზადდება დოკუმენტი „ეროვნული მოხსენება“ გარემოს მდგომარეობის შესახებ, სადაც სტიქიური მოვლენების მიმართულება ცალკე თავით არის გამოყოფილი. მოხსენებაში განხილულია ბოლო 4 წლის განმავლობაში განვითარებული სტიქიური მოვლენები, მათგან გამოწვეული უარყოფით შედეგები და მოსალოდნელი სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური საფრთხეების შემცირება/შერბილების კუთხით განხორციელებული ძირითადი აქტივობები.

აღსანიშნავია კლიმატის მწვანე ფონდის მიერ დაფინანსებული მიმდინარე პროექტი: „საქართველოში მრავალმხრივი საფრთხეების ადრეული შეტყობინების სისტემის გაფართოება და კლიმატთან დაკავშირებული ინფორმაციის გამოყენება“, რომლის ძირითადი მიზანია მრავალმხრივი საფრთხეების ადრეული გაფრთხილების სისტემის (MHEWS) შექმნა. შვიდ წელზე გათვლილი 70 მილიონი აშშ დოლარის ღირებულების პროგრამა, „საქართველოში მრავალმხრივი საფრთხეების ადრეული შეტყობინების სისტემის გაფართოება და კლიმატთან დაკავშირებული ინფორმაციის გამოყენება“, განხორციელდება გაეროს განვითარების პროგრამის (UNDP) ხელშეწყობით. მისი დაფინანსება შედგება კლიმატის მწვანე ფონდის (GCF) გრანტისგან (27 მილიონი აშშ დოლარი), საქართველოს მთავრობის წვლილისგან (38 მილიონი აშშ დოლარი) და შვეიცარიის მთავრობის გრანტისგან (5 მილიონი აშშ დოლარი). პროგრამის უშუალო განმახორციელებელი საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროა.

აღნიშნული პროექტის ფარგლებში მრავალმხრივი საფრთხეების გამოვლენის მიზნით ქვეყნის ტერიტორიაზე შეირჩა 11 ძირითადი მდინარის აუზი, სადაც დეტალურად მოხდება ბუნებრივი საფრთხეებისა და რისკების შეფასება და კარტირება.

პროექტის ფარგლებში გათვალისწინებულია ის აქტივობები, რომლებიც უნდა განხორციელდეს, კერძოდ:

- ავტომატური ჰიდრომეტეოროლოგიური სადამკვირვებლო ქსელის გაფართოება;
- საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე მდინარეთა აუზებში ჰიდრომეტეოროლოგიური და გეოლოგიური რისკების (წყალდიდობა-წყალმოვარდნა, მეწყერი, ღვარცოფი, თოვლის ზვავი, სეტყვა, გვალვა) გამოვლენა;
- საფრთხეების რუკების შედგენა მიმდინარე და კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით;
- მრავალსაფრთხიანი ადრეული შეტყობინების სისტემის განვითარება და იმპლემენტაცია (სატელეკომუნიკაციო სისტემა ამინდის და ჰიდროლოგიური პროგნოსტიკული მოდელები);
- მდინარეთა აუზების მიხედვით სტიქიური რისკების მართვის გეგმების შემუშავება;
- რისკების შემარბილებელი სტრუქტურული ღონისძიებების იმპლემენტაცია (ნაპირდამცავი ღონისძიებების პროექტირება და მშენებლობა).

პროექტის მიმდინარეობისას, ბუნებრივი საფრთხეების შეფასებასთან ერთად, მომზადდება შესაბამისი ანგარიშები და გაიცემა რეკომენდაციები პრევენციული ღონისძიებების შესახებ. რეკომენდაცია ზოგადი სახის იქნება და მისი განხორციელების შემთხვევაში დამატებით მოითხოვს დეტალურ კვლევებსა და პროექტირებას. წყალდიდობა/წყალმოვარდნებისაგან დამცავი ღონისძიებების გატარება GCF-ის პროექტში უკვე გათვალისწინებულია და მის საპროექტო ნაწილს, საფრთხეების გამოვლენის შემდგომ გარემოს ეროვნული სააგენტოს ჰიდრომეტეოროლოგიის დეპარტამენტი უზრუნველყოფს. წყალდიდობა/წყალმოვარდნებისაგან დამცავ ღონისძიებებში სპეციალური ჰიდროტექნიკური ნაგებობების (გაბიონი) მშენებლობა იგულისხმება.

სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენებით გამოწვეული უარყოფით შედეგების შერბილების მიზნით პრევენციული ღონისძიებების (ნაპირსამაგრი, ზვავსაწინააღმდეგო, აქტიური ზემოქმედება) კლასიფიცირდება თოვლის ზვავებისაგან და წყალდიდობა-წყალმოვარდნისაგან გამოწვეული შედეგების შერბილების ღონისძიებებად:

თოვლის ზვავებისაგან გამოწვეული უარყოფითი შედეგების თავიდან აცილება/შერბილების მიზნით შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებებია:

1. ზვავსაშიში კერების ტერიტორიაზე, ხის ან მეტალის კონსტრუქციის დამცავი მესერების მოწყობა;
2. დასახლებულ პუნქტებთან ზვავამრიდი დამბის (მიწაყრილი) მოწყობა;
3. საავტომობილო გზების უსაფრთხოების მიზნით აქტიური ზემოქმედებით სამუშაოების წარმოება.

წყალდიდობა/წყალმოვარდნებისგან გამოწვეული უარყოფითი შედეგების თავიდან აცილება/შერბილების მიზნით შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებებში იგულისხმება:

1. მოწყვლად უბნებზე ჰიდრომეტრული და ტოპოგრაფიული სამუშაოების ჩატარება;
2. ჰიდრაულიკური და ჰიდროლოგიური მოდელირება;
3. ადრეული შეტყობინების მიზნით ჰიდროლოგიური საგუშაოების დამონტაჟება/გამართვა;
4. ნაპირდამცავი ღონისძიებების გატარების მიზნით შესაბამისი რეკომენდაციების გაცემა.

თავი 2. წყალდიდობები და წყალმოვარდნები საქართველოს მდინარეებზე

2.1 საქართველოს მდინარეების ჩამონადენის რეჟიმი

საქართველოს ტერიტორია დასერილია მრავალრიცხოვანი მთის მდინარეების, ნაკადულებისა და მშრალი ხეების ხშირი ქსელით. ბოლო მონაცემებით საქართველოში 26 060 მდინარეა აღრიცხული. მათი საერთო სიგრძე 60 ათ. კმ-ია, აქედან შავი ზღვის აუზს მიეკუთვნება 18 109 მდინარე, ხოლო კასპიის ზღვის აუზს- 7 951 მდინარე, რაც მდინარეთა საერთო რაოდენობის 70 და 30 % - ს შეადგენს შესაბამისად.[10]

საქართველოში 25 კმ ნაკლები სიგრძის მდინარე სულ 25 905-ია, რაც საქართველოს მდინარეთა საერთო რაოდენობის 99 % შეადგენს. საქართველოს მდინარეების 60% მთის მდინარეებს მიეკუთვნება, ხოლო 40% ბარის მდინარეებს.

საქართველოს ტერიტორიის 75% -ზე მეტი მთაგორიანია, დანარჩენი ვაკეებსა და დაბლობს უჭირავს, საშუალო სიმაღლე 1160 მ დასავლეთ საქართველოსი 1120 მ, ხოლო აღმოსავლეთისა 1200 მ.

საქართველოს ტერიტორიის 45,7% ვაკე დაბლობს და დაბალმთიან რელიეფს უკავია, საშუალო მთიანს 34,0%, ხოლო მაღალმთიან სარტყელის რელიეფს კი 20 %. ჰიდროლოგიაში მდინარეების ჩამონადენის წლიურ ციკლში განასხვავებენ წყალდიდობის, წყალმოვარდნების და წყალმცირობის ფაზებს. წყალმოვარდნა არის მდინარის კალაპოტში წყლის დონის ინტენსიური მატება ხანმოკლე დროში წლის ნებისმიერ პერიოდში. უმთავრესი გამოწვევი მიზეზებია ინტენსიური ან ხანგრძლივი წვიმები, თოვლ-მყინვარების ფართომასშტაბიანი დნობა, ჩახერგილი კალაპოტის გარღვევა და სხვა.

საქართველოს მდინარეები თავისი სიგრძისა და წყალშემკრები აუზების მიხედვით დიდი ზომისანი არ არიან, მაგრამ წარმოადგენენ მეტად უხვწყლიან მდინარეებს, განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველოში, ხასიათდებიან დიდ ვარდნით, ჩქარი დინებით და პოტენციური ჰიდროენერჯის დიდი რესურსით. მთიან ზონაში მიედინებიან ვიწრო და ღრმა ხეობებში, სადაც ქმნიან კალაპოტის სხვადასხვა ფორმებს.

დასავლეთ საქართველოში უხვწყლიანობით გამოირჩევა მდინარეები: ბზიფი, კოდორი, ენგური, ცხენისწყალი, რიონი და მისი შენაკადები. აღმოსავლეთ საქართველოში უხვწყლიანობით გამოირჩევა მდ. მტკვარი და მისი პირველი რიგის შენაკადები: დიდი ლიახვი, არაგვი, ალაზანი, იორი, ფარავანი, ქცია-ხრამი და სხვა. ფარავანი, ქცია-ხრამი და იორი წყლიანობით ჩამორჩება არაგვის, ლიახვს და ალაზანს. აღმოსავლეთ საქართველოში მტკვრის პირა დაბლობზე, ქვემო ქართლის ვაკეზე და ივრის ზეგანზე მეტად მცირეა ჩამონადენის მოდული და ხშირია ისეთი ტერიტორიები სადაც კალაპოტებში წყალი მიედინება მხოლოდ თოვლის დნობის და თავსხმა წვიმების დროს.

საქართველოს ტერიტორიაზე ბევრია მცირე მდინარეები და მშრალი ხეხევი, და სწორედ ისინი ქმნიან თავსხმა წვიმების დროს უდიდეს საფრთხეებს, რადგან დიდი მდინარეებისგან განსხვავებით კალაპოტის მოცულობის ნაკლები რეზერვები გააჩნიათ.

მდინარის ჩამონადენის მაფორმირებელი ფაქტორები ცალკეულად და კომპლექში ურთიერთქმედებენ და ემორჩილებიან საერთო კანონზომიერებას, ხოლო საერთო კანონზომიერებიდან გადახრა იწვევს სივრცეში და დროში წყვეტილ სხვადასხვა ინტენსივობის სტიქიურ მოვლენებს. „სტიქია“ ბერძნული სიტყვაა და ნიშნავს მძლავრი დამანგრეველი ძალის ბუნებრივ მოვლენას, ხოლო კატასტროფული არის მძიმე ტრაგიკული შედეგების მქონე მოვლენა. სტიქიური მოვლენების ინტენსივობის და სიხშირის ზღვარი პირობითია. როგორც ამერიკელმა ინჟინერმა ჟ. კიგერმა (1940 წ) დაამტკიცა, რომ კლიმატის სტაბილურობისას ყოველი შემდგომი წყალმოვარდნა შეიძლება იყოს წინამორბედზე უფრო მეტი.

საქართველოს მოსახლეობა უძველესი დროიდან განიცდიდა წყალმოვარდნების ზემოქმედებას, მაგრამ მოსახლეობის მცირე სიმჭიდროვის გამო დიდ პრობლემას ვერ უქმნიდა. ამჟამად მოსახლეობის სიმჭიდროვისა და ანტროპოგენური ზემოქმედების არეალის გაფართოების შედეგად სტიქიურ საშიშროების პირობებში მდინარეთა სიახლოვეს მცხოვრებთა რიცხვი მატულობს, ამიტომ ადამიანები ხშირად აწყდებიან ბუნების სტიქიურ მოვლენებს და მათგან მიყენებული ზარალი ყოველწლიურად მატულობს.

პრევენციული ღონისძიებების გატარებისათვის საჭირო ხდება მოსალოდნელი სტიქიური მოვლენების შერბილების, ადაპტაციის და პროგნოზირების მეთოდების სრულყოფა, მონაცემთა გეოინფორმაციული სისტემის (GIS) ტექნოლოგიების საფუძველზე დაკვირვების მონაცემთა სისტემატიზაცია და პერიოდულად განახლება.

2.2 საქართველოს მდინარეებზე სტიქიური წყალმოვარდნების მაფორმირებელი ძირითადი ფაქტორები

საქართველოში მდინარის ჩამონადენის რეჟიმის გენეზისი განსხვავებულია და იცვლება სივრცესა და დროში. გენეზისის მიხედვით განასხვავებენ წყალმოვარდნების სამ ტიპს: 1. თოვლ-მყინვარების ინტენსიური დნობით გამოწვეული; 2. შერეული თოვლ-წვიმის და 3. ინტენსიური და ხანგრძლივი წვიმებით გამოწვეული. ხშირად, ისინი მდინარის ჰიდროგრაფს მკვეთრად გამოხატულ პიკის სახეს აძლევენ.

წვიმის წყალმოვარდნები საქართველოს უმეტესი მდინარეებისათვის არის დამახასიათებელი, ხოლო არ ახასიათებთ მაღალმთიანი აუზის მდინარეებს, ვინაიდან ისინი უმეტესად მყინვარული და თოვლის საზრდოობის სარტყელშია მოქცეული, სადაც წყალმოვარდნა შეიძლება ფორმირდეს მხოლოდ ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრი აწევის დროს, თოვლ-მყინვარების ინტენსიური დნობის შედეგად.

მთის მდინარეებზე წყალმოვარდნების ხასიათი მჭიდრო კავშირშია ფიზიკურ-გეოგრაფიულ და კლიმატურ ფაქტორებთან და გენეზისის მიხედვით არის ბუნებრივი და ბუნებრივ ანტროპოგენური.

წყალმოვარდნების კლიმატური ფაქტორებია: ატმოსფეროს ცირკულაციური პროცესები, ჰაერის ტემპერატურა, რომელიც ვლინდება თოვლ-მყინვარების დნობით, მყარი და თხევადი ატმოსფერული ნალექები.

დიდ მდინარეთა აუზებში, რომელთა საშ. სიმაღლე 1600 მ მეტია ბზიფი, კოდორი, ენგური, რიონი და სხვა, რომელთა საზრდოობის ოლქი მაღალმთიან სარტყელშია მოქცეული, წყალმოვარდნების მაქსიმალური ხარჯების ფორმირებაში გადამწყვეტ

როლს თოვლ-წვიმის ჩამონადენი ასრულებს. მცირე და საშუალო სიმაღლის მდინარეთა აუზებში კი პირიქით, მაქსიმუმები ფორმირდება ინტენსიური წვიმებით.

საქართველოში დაფიქსირებული სტიქიური წყალმოვარდნების 156 შემთხვევიდან 34 % შერეული ხასიათისაა, თოვლ-წვიმის, ხოლო 66 % გამოწვეულია ინტენსიური და ხანგრძლივი წვიმებით.

სტიქიური წყალმოვარდნების ანალიზის საფუძველზე გამოვლენილია, რომ წყალმოვარდნების ფორმირება დამოკიდებულია ქვეფენილ ზედაპირზე, რელიეფსა და ფერდობის დახრაზე. ასე მაგალითად 50 მმ მეტი დღე-ღამური წვიმები საქართველოს უმეტეს მდინარეებზე წყალმოვარდნებს იწვევენ, ხოლო შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში, მიუხედავად მათი დიდი სიხშირისა, მნიშვნელოვან წყალმოვარდნებს ვერ იწვევენ. შავი ზღვის სანაპირო მდინარეებზე წყალმოვარდნების წარმომქმნელი წვიმებია 100 მმ მეტი, კოლხეთის დაბლობზე -80 მმ მეტი, გურია-აჭარის მხარეში 120 მმ მეტი, ხოლო მთიან სარტყელში, რელიეფის დიდი დახრილობის გამო, დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში წყალმოვარდნებს იწვევენ 50 მმ მეტი ნალექები, ღვარცოფსაშიშ რაიონებში კი, შესაბამისად 40 მმ და 30 მმ მეტი ნალექები.

წყალმოვარდნების და ინტენსიური წვიმების თარიღების ურთიერთშედარებამ გამოავლინა, რომ წყალმოვარდნები მცირე მდინარეებზე თითქმის ყველა შემთხვევაში ფორმირდება ინტენსიური წვიმების დროს, ხოლო დიდ მდინარეებზე 12 სთ-ის ან ერთი დღის დაგვიანებით, ზედაპირული ჩამონადენის გარბენის დროსთან დაკავშირებით.

ცხრილი 2.2 ინტენსიური წვიმის და სტიქიური წყალმოვარდნების საშუალო განმეორების რიცხვი დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში 1961-2000 წწ.

სეზონები	დასავლეთ საქართველო		აღმოსავლეთ საქართველო	
	ინტენსიური წვიმები, რიცხვი	სტიქიური წყალმოვარდნები, რიცხვი	ინტენსიური წვიმები, რიცხვი	სტიქიური წყალმოვარდნები, რიცხვი
ზამთარი	152	9	25	1
გაზაფხული	81	31	68	39

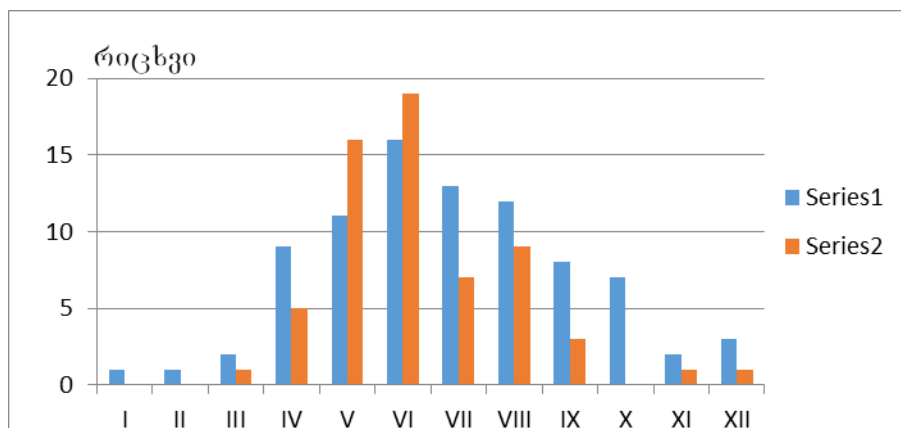
ზაფხული	227	58	156	16
შემოდგომა	301	27	54	4

სტიქიური წყალმოვარდნების და ინტენსიური წვიმების განმეორების რიცხვების ურთიერთშედარებამ (ცხრ. 2.2) გამოავლინა, რომ წყალმოვარდნების სიხშირე ბევრად ჩამორჩება ინტენსიური წვიმების სიხშირეს. ეს მოვლენა აიხსნება იმით, რომ ნიადაგ-გრუნტი ყოველთვის არ არის მზად ზედაპირული ჩამონადენის ფორმირებისათვის და მოსული ნალექების დიდი ნაწილი იხარჯება ინფილტრაციაზე.

საქართველოს მდინარეებზე სტიქიური წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვის წლიური მსვლელობა მოცემული (ცხრ. 2. 3). წყალმოვარდნების უდიდესი რიცხვი დასავლეთ საქართველოში ივნის-აგვისტოშია, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში მაისს-ივნისში, ორივე შემთხვევაში ემთხვევა უხვი წვიმების მოსვლის პერიოდს.

ცხრილი 2. 3 საქართველოს მდინარეებზე წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვი თვეების მიხედვით 1961-2015 წწ.

თვეები	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
დასავლეთ საქართველო	1	1	2	9	11	16	13	12	8	7	2	3
აღმოსავლეთ საქართველო			1	5	16	19	7	9	3		1	1



ნახ. 2.1. დასავლეთ (1) და აღმოსავლეთ (2) საქართველოს მდინარეებზე წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვის წლიური მსვლელობა

წყალმოვარდნის მაქსიმალური განმეორებადობა დასავლეთში ივნისშია, მინიმალური იანვარ-თებერვალში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში მაქსიმალური განმეორებადობა ივნისშია, მინიმალური ნოემბერ მარტში.

2.3. სტიქიური წყალმოვარდნების გამომწვევი ატმოსფეროს ცირკულაციური ფაქტორები

საქართველოს ტერიტორიაზე მოქმედი სინოპტიკური პროცესების ტიპებია: დასავლეთის პროცესები, აღმოსავლეთის პროცესები, ორმხრივი შემოჭრები, როგორც დასავლეთიდან ისე აღმოსავლეთიდან, ტალღური აღრევა ამიერკავკასიის სამხრეთით მდებარე ფრონტებზე და ანტიციკლონური მდგომარეობა. ცირკულაციურ პროცესებში მონაწილეობენ, როგორც ზომიერი განედის, ისე სუბტროპიკულ სარტყელში განვითარებული ატმოსფერული პროცესები და ჩრდილონახევარსფეროს ცირკულაციური პროცესების შემადგენელი ბარიული ველები: ციმბირის ანტიციკლონი, ხმელთაშუა ზღვის ციკლონები, აზორის ანტიციკლონი, პოლარული აუზის ციკლონები, ანტიციკლონები და კონვექციული პროცესები (ცხრ. 2. 4).

ცხრილი. 2.4 საქართველოში სინოპტიკური პროცესების განმეორებადობა (%)
სეზონების მიხედვით

სეზონები	პროცესების ტიპები			
	დასავლეთის	აღმოსავლეთის	ანტიციკლონი	ტალღური ზემოქმედება
ზამთარი	19	27	35	12
გაზაფხული	31	46	17	22
ზაფხული	23	0	18	44
შემოდგომა	27	27	30	12

ცხრილი. 2. 5 საქართველოს მდინარეებზე წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვი აეროსინოპტიკური პროცესების მიხედვით 1961-2005 წწ.

დასავლეთ საქართველო

დასავლეთიდან შემოჭრა	აღმოსავლეთიდან შემოჭრა	ორმხრივი შემოჭრა (დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან)	შიდამასიური პროცესი	სამხრეთის ტალღის მოქმედება	ანტიციკლონი
56	2		2	9	

ცხრილი. 2. 6 საქართველოს მდინარეებზე წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვი აეროსინოპტიკური პროცესების მიხედვით 1961-2005 წწ.

აღმოსავლეთ საქართველო

დასავლეთიდან შემოჭრა	აღმოსავლეთიდან შემოჭრა	ორმხრივი შემოჭრა (დასავლეთიდან და აღმოსავლეთიდან)	შიდამასიური პროცესი	სამხრეთის ტალღის მოქმედება	ანტიციკლონი
25	20		22	12	

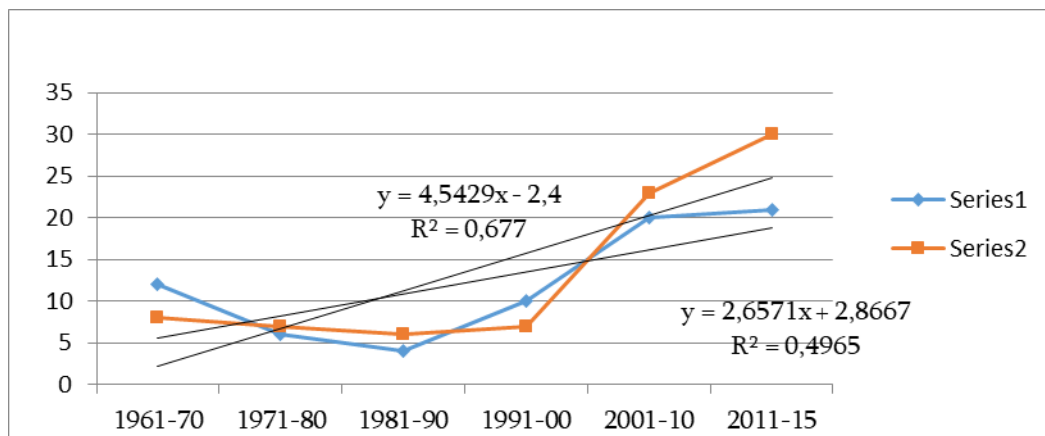
საქართველოს მდინარეების სტიქიური წყალმოვარდნების ანალიზმა გამოავლინა, რომ მაქსიმალური განმეორების რიცხვი დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში მოდის დასავლეთიდან შემოჭრაზე, მინიმალური აღმოსავლეთის შემოჭრაზე შიდამასიური და სამხრეთის ტალღის მოქმედებაზე, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში ციკლონალური პროცესების დროს (ცხრ. 2.5, 2.6,).

საქართველოს მდინარეებზე სტიქიური წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვი ათწლეულების მიხედვით გამოთვლილია ინსტრუმენტალური და ვიზუალური

დაკვირვებების მონაცემებით, დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოსთვის. (ცხრ. 2. 7).

ცხრილი 2.7 საქართველოს მდინარეებზე წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვი ათწლეულების მიხედვით 1961-2005 წწ.

დასავლეთი	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00	2001-10	2011-15
	12	6	4	10	20	21
აღმოსავლეთი	8	7	6	7	23	30



ნახ. 2.2. დასავლეთ (1) და აღმოსავლეთ (2) საქართველოს მდინარეებზე წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვის ათწლეულებში მსვლელობა

ნახ.2.2 ჩანს რომ დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში სტიქიური წყალმოვარდნების განმეორების რიცხვის მსვლელობა ათწლეულების მიხედვით სინქრონულია, მაღალია კორელაციის კოეფიციენტი 0,8 რაც მეტყველებს იმაზე, რომ დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში წყალმოვარდნების ძირითადი რიცხვი გამოწვეულია საერთო სინოპტიკური პროცესებით, რომლებიც ხშირად მოიცავენ მთელ საქართველოს.

სტიქიური წყალმოვარდნების რიცხვის ათწლეულების მიხედვით მსვლელობა დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში კლებულობს ოთხმოციანი წლების ბოლომდე, შემდგომ ათწლეულებში ზრდადი ტრენდი ხასიათდება, ცვლილების

სიჩქარით ათწლეულებში დასავლეთ საქართველოში 1,5 ერთეულით, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 10,5 ერთეულით (ნახ. 2.2).

სტიქიური წყალმოვარდნების რიცხვმა განსაკუთრებით მოიმატა ბოლო ორათწლეულში, ხოლო 1961 წელთან შედარებით მოიმატა დასავლეთ საქართველოში 19 ერთეულით, აღმოსავლეთში კი 22 ერთეულით. აღნიშნული მოვლენა აიხსნება იმით, რომ 1961 წლიდან საქართველოს ლანდშტაფებმა მნიშვნელოვანი ანტროპოგენური ტრანსფორმაცია განიცადეს, რამაც შეამცირა ნიადაგის ბუნებრივი ინფილტრაცია, გაზარდა ზედაპირული ჩამონადენის წარმოქმნის ინტენსივობა და მისი კონცენტრაცია მდინარის კალაპოტში, აგრეთვე კლიმატის თანამედროვე გლობალური ცვლილების პერიოდში დათბობის შედეგად ადგილი აქვს ექსტრემალური მოვლენების გააქტიურებას.

2.4 წყალდიდობები და სანაპიროს რღვევა

ინსტენსიური თავსხმა წვიმების დროს ადგილი აქვს კალაპოტებში წყლის დონის მატებას, რაც იწვევს როგორც მიმდებარე ტერიტორიის დატბორვას ისე კალაპოტის მნიშვნელოვან დეფორმაციებს. ზოგადად როდესაც საუბარია ჰიდროტექნიკური ნაგებობის დაზიანებაზე ის უმრავლეს შემთხვევაში განპირობებულია წყლის ნაკადის მიერ სანაპიროს რღვევით, რომლის მექანიზმი განიხილება, როგორც შემთხვევითი პროცესი, რომელიც დამოკიდებულია, როგორც ნაკადის სიჩქარეზე, ისე სანაპიროს მდგრადობაზე. [5,6] ასეთი ზემოქმედების მიმართ ამ პროცესის ინდიკატორად მიღებულია სანაპიროს მახასიათებელი – მოწყვლადობა. მოწყვლადობის ქვეშ იგულისხმება ობიექტის თვისება წინააღმდეგობა გაუწიოს მასზე არსებულ დატვირთვებს ე.ი. არის მდგრადობის საწინააღმდეგო თვისება. მოწყვლადობის დასადგენად გამოყენებულ იქნება საიმედოობის თეორიის ცნობილი მოდელი „დატვირთვა–სიმტკიცე“

მოწყვლადობის ხარისხი დამოკიდებულია როგორც დატვირთვების ინტენსივობაზე და ხანგრძლივობაზე, ისე ობიექტის შემადგენელ ელემენტებს

შორის არსებულ ურთიერთკავშირზე. მოწყვლადობის კრიტიკული ზღვარი განაპირობებს ობიექტის უმტყუნო ფუნქციონირების დიაპაზონს. მოწყვლადობის შეფასება სასურველია მოხდეს ყველა იმ მაჩვენებლის მიხედვით, რომლებიც ახასიათებს მის კრიტიკულ მნიშვნელობას, რაც განუხორციელებელია გამომდინარე პროცესების ზუსტი ანალიზური მოდელირების შეუძლებლობით. ამიტომ უნდა შევარჩიოთ ამ კრიტიკული მდგომარეობის მახასიათებელი ინდიკატორიდან ერთ-ერთი ძირითადი განმსაზღვრელი (ინტეგრალური) ფაქტორი, რომლის მიხედვითაც განხორციელდება ობიექტის მოწყვლადი მდგომარეობის ანალიზი.

ჩვენს შემთხვევაში “დატვირთვის” მხრიდან განმსაზღვრელ ფაქტორად შეიძლება ჩაითვალოს წყლის ნაკადის ფსკერული სიჩქარე ($v_{ფ}$) ფსკერული სიჩქარის მიახლოებითი მნიშვნელობის დადგენა, ნებისმიერი კვეთისათვის შეიძლება მოხდეს კალაპოტის მორფომეტრიული მახასიათებლების, ჰიდროლოგიური და ჰიდრაულიკური ელემენტების მნიშვნელობათა გათვალისწინებით, რომლის დაზუსტება საჭიროების შემთხვევაში განხორციელდება უშუალო გაზომვების მიხედვით, სანაპიროს მხრიდან კი განმსაზღვრელი ფაქტორი იქნება გრუნტის შეჭიდულობის ინტეგრალური მახასიათებელი, რომელიც განსაზღვრავს წყლის ნაკადის დასასშვებ (არაგამრეცხ) სიჩქარეს ($v_{გ}$). ეს უკანასკნელი არის წყლის ნაკადის ის მაქსიმალური სიჩქარე რომელიც არ იწვევს მოცემული გრუნტის გარეცხვას.

მდინარის კალაპოტის მოკლე, სწორხაზოვანი უბანის განხილვის შემთხვევაში, ისეთი დაშვების პირობებში, როცა იგი შეიძლება ჩაითვალოს პრიზმატულ მონაკვეთად სანაპიროს ერთგვაროვანი გრუნტებით, შესაძლებელია აპირველი მიახლოებით შეიძლება მოვახერხოთ მდინარის სანაპიროს მოწყვლადობის დადგენის ამოცანის ფორმალიზება გარკვეულ დონეზე. ჩავთვალოთ რომ დროში გარკვეულ მონაკვეთში მდინარის მოძრაობა განსახილველ უბანზე არის დამყარებული და ფსკერული სიჩქარე ($v_{ფ}$) განიცდის შედარებით უმნიშვნელო ცვლილებებს. ასეთ პირობებში ნაკადის ფსკერული სიჩქარე შეიძლება ჩაითვალოს შემთხვევით სიდიდედ $-v_{ფ}$, რომლის

განაწილების სიმკვრივეა $f_1(v_{\text{ფ}})$, მათემატიკური ლოდინი $m_{v_{\text{ფ}}}$ და საშუალო კვადრატული გადახრა $\delta_{v_{\text{ფ}}}$. ანალოგიურად შეიძლება შემთხვევით სიდიდედ ჩაითვალოს წყლის ნაკადის დასაშვები სიჩქარე $v_{\text{ღ}}$, რომლის განაწილების სიმკვრივეა $f_2(v_{\text{ღ}})$, მათემატიკური ლოდინი $m_{v_{\text{ღ}}}$ და საშუალო კვადრატული გადახრა $-\delta_{v_{\text{ღ}}}$, ბუნებრივია, რომ თუ $v_{\text{ფ}}$ გადაჭარბებს $v_{\text{ღ}}$ -ს ადგილი ექნება სანაპიროს გარეცხვას ე.ი. ორივე და შემთხვევითი სიდიდის ურთიერგანხილვა, როგორც სისტემისა გვამღევს მდინარის სანაპიროს მოწყვლადობის პროგნოზირების საშუალებას, ამისათვის შემოვიტანოთ ახალი შემთხვევითი სიდიდე - Z , რომელიც ჩვენს საწყის შემთხვევით სიდიდეებთან დაკავშირებულია ზოგადი ფუნქციონალური დამოკიდებულებით:

$$Z = \varphi(V_{\text{ფ}} - V_{\text{ღ}}) \quad (2.1)$$

ჩავთვალოთ შემთხვევით სიდიდეთა სისტემის $(V_{\text{ფ}} - V_{\text{ღ}})$ ალბათობის სიმკვრივე $f(V_{\text{ფ}} - V_{\text{ღ}})$ ცნობილად და განვსაზღვროთ Z სიდიდის განაწილების კანონი, ამით მოწყვლადობის პროგნოზირების ამოცანა მნიშვნელოვნად მარტივდება, ვინაიდან ორი შემთხვევითი სისტემიდან გადავდივართ ერთ შემთხვევით სიდიდეზე Z -ზე.

ვინაიდან (2.1) დამოკიდებულება წარმოადგენს $V_{\text{ფ}} - V_{\text{ღ}} = Z$ სისტემაში გარკვეული ზედაპირს, შემთხვევითი სიდიდის $G(z)$ -ის განაწილების ფუნქცია ჩაიწერება შემდეგი სახით

$$G(z) = P(Z < z) = P(\varphi(V_{\text{ფ}}, V_{\text{ღ}}) < z) \quad (2.2)$$

სადაც z არის მანძილი მკვეთი H სიბრტყიდან $V_{\text{ფ}} - V_{\text{ღ}}$ კოორდინატთა სიბრტყემდე, რომლებიც გავლებულია მის პარარელურად

კვეთის ხაზი K , რომლის წერტილები აკმაყოფილებენ ტოლობას $\varphi(v_{\text{ფ}}, v_{\text{ღ}}) = Z$, $v_{\text{ფ}} - v_{\text{ღ}}$ კოორდინატთა სიბრტყეზე დადებისას უკანასკნელს გაყოფს ორ არედ. ერთ-ერთ მათგანს (ავლნიშნოთ ის D -თი) წერტილები აკმაყოფილებენ პირობას $\varphi(v_{\text{ფ}}, v_{\text{ღ}}) < Z$.

მაშინ (2.2) –ის შესასრულებლად შემთხვევითი წერტილი $(V_{\text{გ}}, V_{\text{ლ}})$ უნდა მოხვდეს D არეში, აქედან გამომდინარე შეიძლება დავწეროთ

$$G(z) = P((v_{\text{გ}}, v_{\text{ლ}}) \in D) = \iint_{(D)} f(v_{\text{გ}}, v_{\text{ლ}}) dv_{\text{გ}} dv_{\text{ლ}} \quad (2.3)$$

ამ გამოსახულებაში z პარამეტრი არა ცხადი სახით შედის ინტეგრირების საზღვრებში, მოვახდენთ რა $G(z)$ დიფერენცირებას Z -ით მივიღებთ შემთხვევითი სიდიდის განაწილების სიმკვრივეს.

$$g(z) = G'(z) \quad (2.4)$$

გვეცოდინება რა $Z = \varphi(v_{\text{გ}}, v_{\text{ლ}})$ ფუნქციის კონკრეტული სახე, ინტეგრირების საზღვრები შეიძლება გამოვსახოთ z -ით და დავწეროთ $g(z)$ -ის გამოსახულება ცხადი სახით. ვინაიდან სანაპიროს მოწყვლადობის პროგნოზირებისათვის მნიშვნელოვანია სხვაობა $v_{\text{ლ}}$ და $v_{\text{გ}}$ შორის. განვიხილოთ ფუნქციონალური დამოკიდებულება $Z = \varphi(v_{\text{ლ}}, v_{\text{გ}})$ შემთხვევითი სიდიდების სხვაობის სახით

$$Z = (v_{\text{ლ}} - v_{\text{გ}}) \quad (2.5)$$

ამ შემთხვევაში D არე წარმოგვიდგება როგორც კოორდინატთა სიბრტყის $(v_{\text{გ}}, 0, v_{\text{ლ}})$ ნახევარსიბრტყე, რომელიც დევს $v_{\text{ლ}} - v_{\text{გ}} = Z$ სწორი ხაზის ქვემოთ. ეს ხაზი საკოორდინატო ღერძებს კვეთს Z -ის ტოლ მონაკვეთებზე (დადებითი და უარყოფითი მიმართულებით)

შემთხვევითი წერტილები, რომლებიც მოხვდნენ ამ არეში აკმაყოფილებენ $v_{\text{ლ}} - v_{\text{გ}} < Z$ პირობას. ამ შემთხვევაში განაწილების ფუნქცია (2.3) იქნება:

$$G(z) = \iint_{(D)} f(v_{\text{გ}}, v_{\text{ლ}}) dv_{\text{გ}} dv_{\text{ლ}} = \int_{-\infty}^{+\infty} \left\{ \int_{-\infty}^{z+v_{\text{გ}}} f(v_{\text{გ}}, v_{\text{ლ}}) dv_{\text{ლ}} \right\} dv_{\text{გ}} \quad (2.6)$$

ამ გამოსახულების z -ით დიფერენცირებით მივიღებთ შემთხვევითი სიდიდის განაწილების სიმკვრივეს

$$g(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(v_{\text{გ}}, z + v_{\text{გ}}) dv_{\text{გ}} \quad (2.7)$$

ვინაიდან $V_{\text{გ}}$ და $V_{\text{გ}}$ დამოუკიდებელი შემთხვევითი სიდიდეებია, მაშინ

$$f(v_{\text{გ}}, v_{\text{გ}}) = f_1(v_{\text{გ}}) \cdot f_2(v_{\text{გ}}) \quad \text{ამრიგად შემთხვევითი სიდიდის } Z \text{ განაწილების}$$

სიმკვრივე (9) იქნება

$$g(z) = \int_{-\infty}^{+\infty} f_1(v_{\text{გ}}) f_2(z + v_{\text{გ}}) dv_{\text{გ}} \quad (2.8)$$

ამ შემთხვევაში შეიძლება ითქვას რომ მოხდა ორი კანონის კომპოზიცია, რომელიც სიმბოლურად ჩაიწერება შემდეგნაირად:

$$g = f_1 * f_2 \quad (2.9)$$

ზოგად შემთხვევაში f_1 და f_2 განაწილების კანონები შეიძლება იყოს ნებისმიერი სახის, ჩვენს შემთხვევაში კი $V_{\text{გ}}$ და $V_{\text{გ}}$ წარმოადგენს ნორმალური განაწილების შემთხვევით სიდიდეს, რაც დასტურდება მრავალწლიური დაკვირვების სტატისტიკური მონაცემებით.

ამ შემთხვევაში f_1 და f_2 განაწილების სიმკვრივეები ჩაიწერება შემდეგი სახით:

$$f_1(v_{\text{გ}}) = \frac{1}{\delta_{v_{\text{გ}}} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v_{\text{გ}} - m_{v_{\text{გ}}})^2}{2\delta_{v_{\text{გ}}}^2}} \quad (2.10)$$

$$f_2(v_{\text{გ}}) = \frac{1}{\delta_{v_{\text{გ}}} \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(v_{\text{გ}} - m_{v_{\text{გ}}})^2}{2\delta_{v_{\text{გ}}}^2}} \quad (2.11)$$

ცნობილია რომ ორი ნორმალური განაწილების კანონთა კომპოზიცია იძლევა ნორმალური განაწილების კანონს, ამასთან ახალი შემთხვევითი სიდიდის მათემატიკური ლოდინი, საწყისი შემთხვევითი სიდიდეების მათემატიკური ლოდინების ალგებრული ჯამია, ხოლო დისპერსია-დისპერსიების ჯამი.

ჩვენს შემთხვევაში გვექნება:

$$m_z = m_{v_{\text{ვ}}} - m_{v_{\text{გ}}}, \quad \delta_z = \sqrt{\delta_{v_{\text{ვ}}}^2 + \delta_{v_{\text{გ}}}^2}, \quad (2.12)$$

Z შემთხვევითი სიდიდის განაწილების სიმკვრივე კი იქნება:

$$g(z) = \frac{1}{\sqrt{\delta_{v_{\text{ვ}}}^2 + \delta_{v_{\text{გ}}}^2} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{[z - (m_{v_{\text{ვ}}} - m_{v_{\text{გ}}})]^2}{2(\delta_{v_{\text{ვ}}}^2 + \delta_{v_{\text{გ}}}^2)}} \quad (2.13)$$

ხოლო მისი განაწილების ფუნქცია იქნება:

$$g(z) = \frac{1}{\sqrt{\delta_{v_{\text{ვ}}}^2 + \delta_{v_{\text{გ}}}^2} \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{[z - (m_{v_{\text{ვ}}} - m_{v_{\text{გ}}})]^2}{2(\delta_{v_{\text{ვ}}}^2 + \delta_{v_{\text{გ}}}^2)}} \quad (2.14)$$

ვინაიდან შემთხვევითი სიდიდის $Z > 0$ მნიშვნელობისათვის ნაპირების გარეცხვის რისკი არ არსებობს, მოწყვლადობა (r) შეფასდება ტოლობით

$$r = P(Z < 0) = G(0) = \int_{-\infty}^0 g(z) dz \quad (2.15)$$

მიღებული ფორმულების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ $v_{\text{გ}}$ -ის გაზრდა იწვევს m_z -ის შემცირებას. რაც თავის მხრივ ზრდის მრუდის ქვეშ ფართობს z ღერძის უარყოფით არეში და შესაბამისად იზრდება ნაპირის მოწყვლადობის შეფასება ამა თუ იმ უბანზე.

ვინაიდან განაწილების ფუნქცია $G(z)$ პარამეტრებით (m_z, δ_z) შეიძლება გამოისახოს შემთხვევითი სიდიდის განაწილების ნორმალური ფუნქციით Φ^* პარამეტრებით $(0,1)$ შემდეგი სახით;

$$G(z) = \Phi^* \left(\frac{z - m_z}{\delta_z} \right), \quad (2.16)$$

მაშინ ნაპირების მოწყვლადობის მნიშვნელობა შეიძლება გამოვთვალოთ ფორმულით

$$r = G(0) = \Phi^* \left(-\frac{m_z}{\delta_z} \right) \quad (2.17)$$

თეორიული ფორმალიზაციით მიღებული შედეგი წარმოდგენილი ფორმულების სახით უნდა ჩაითვალოს მიახლოებით სიდიდეებად.

აქედან გამომდინარე არსებითად იზრდება საკვლევი შემთხვევითი პროცესების პარამეტრების შეფასების როლი, ისეთი მეთოდებით, რომლებიც ითვალისწინებენ საწყისი სტატისტიკური მონაცემების შეზღუდულობას. უცნობი პარამეტრების წერტილოვან შეფასებასთან (შეფასება ერთ რიცხვში) ერთად ეს მეთოდები საშუალებას იძლევიან განისაზღვროს თუ როგორი ალბათობით (ნდობის ალბათობით) ხვდება შემთხვევით პროცესის მახასიათებელი ესა თუ ის პარამეტრი, მნიშვნელობათა რაღაც ინტერვალს (ნდობის ინტერვალი) საზღვრებში. წინამდებარე ნაშრომში შემოთავაზებულია ამ ამოცანის ამოხსნა მდინარის სანაპიროს ისეთ მახასიათებელი პარამეტრისთვის, როგორცაა მისი მოწყვლადობა.

წინასწარ განვიხილოთ შემდეგი საერთო ამოცანა. ვთქვათ, გვაქვს შემთხვევითი სიდიდე X , რომლის განაწილების კანონი შეიცავს უცნობ a პარამეტრს. უნდა ვიპოვოთ ამ პარამეტრის შესაფერისი შეფასება \tilde{a} , რომელიც მიიღება n დამოუკიდებელი ცდების შედეგად, სადაც X სიდიდე ღებულობს განსაზღვრულ მნიშვნელობებს X_1, X_2, \dots, X_n . ცხადია, რომ მოცემული შეფასება დამოკიდებულია, როგორც X განაწილების კანონზე, ასევე ცდების რაოდენობაზე (n), ამიტომაც თვითონ წარმოადგენს შემთხვევით სიდიდეს უცნობი \tilde{a} განაწილების კანონით. ამასთან აუცილებელია, რომ n -ის გაზრდასთან ერთად. ალბათურად შეფასება უახლოვდებოდეს თვით a პარამეტრს, ხოლო მისი მათემატიკური ლოდინი $M[\tilde{a}]$ უდრიდეს a -ს. კერძოდ, X შემთხვევითი სიდიდის მათემატიკური ლოდინისათვის m და დისპერსიისათვის D შესაბამისად იქნება:

$$\tilde{m} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}; \quad \tilde{D} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - m)^2}{n-1} \quad (2.18)$$

ეს სიდიდეები უცნობი m და D -სთვის განსაზღვრავენ წერტილოვან შეფასებას.

შევნიშნოთ, რომ \tilde{m} ემთხვევა თავის სტატისტიკურ ანალოგს $m^* = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$, ხოლო \tilde{D}

განსხვავდება $D^* = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - m^*)^2}{n}$ -გან. თუმცა n -ის გაზრდასთან ერთად სხვაობა \tilde{D} -სა და

D^* -ს შორის პრაქტიკულად იკარგება.

თავდაპირველად შევეცადოთ განვსაზღვროთ ნდობის ინტერვალი შემთხვევითი სიდიდის ძირითადი მახასიათებლებისათვის, კერძოდ მათემატიკური ლოდინისათვის m ავიღოთ, რომელიმე საკმაოდ მაღალი ალბათობა $\beta(0.9, 0.95.. \beta(0.9, 0.95...)$ და მოვძებნოთ ისეთი ინტერვალი I_β , რომლისთვისაც სრულდება პირობა:

$$P(|\tilde{m} - m| < \varepsilon_\beta) = \beta \quad (2.19)$$

სადაც ε_β - არის I_β სიგანის ნახევარი. სიდიდეებს β და I_β შესაბამისად ეწოდება ნდობის ალბათობა და ნდობის ინტერვალი. თუ ცნობილი იქნებოდა \tilde{m} -ის განაწილების კანონი, მაშინ ამოცანის ამოხსნა გახდებოდა ტრივიალური. \tilde{m} -ის უცნობი განაწილების კანონის შემთხვევაში გამოყენება ნდობის ინტერვალის განსაზღვრის უხეში მეთოდი, რომელიც ეფუძნება დაშვებას, რომ \tilde{m} -ის შემთხვევითი სიდიდის განაწილება არის ნორმალური, იმის დამოუკიდებლად რა კანონითაა განაწილებული საწყისი შემთხვევითი სიდიდე X . მაგრამ, თუ დაუშვებთ, რომ X შემთხვევითი სიდიდის განაწილების კანონი არის ნორმალური, მაშინ \tilde{m} შემთხვევითი სიდიდიდან შეიძლება გადავიდეთ ახალი შემთხვევით სიდიდეზე T -ზე, შემდეგი ფორმულით:

$$T = \sqrt{n} \frac{\tilde{m} - m}{\sqrt{D}} \quad (2.20)$$

რომელიც ექვემდებარება ე.წ. სტიუდენტის განაწილების კანონს $n-1$ თავისუფლების ხარისხით. ამ კანონის განაწილების სიმკვრივეს აქვს შემდეგი სახე:

$$S_{n-1}(t) = \frac{G\left(\frac{n}{2}\right)}{\sqrt{(n-1)\pi}G\left(\frac{n-1}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{n-1}\right)^{-\frac{n}{2}}. \quad (2.21)$$

სადაც, $G(x)$ არის ცნობილი გამა-ფუნქცია

$$G(x) = \int_0^{\infty} u^{x-1} e^{-u} du \quad (2.22)$$

(3)-ის გათვალისწინებით, მე-(2) გამოსახულება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$P = \left(|T| < \frac{\varepsilon_{\beta}}{\sqrt{\frac{\tilde{D}}{n}}} \right) = \beta. \quad (2.23)$$

თუ აღვნიშნავთ, რომ $\frac{\varepsilon_{\beta}}{\sqrt{\frac{\tilde{D}}{n}}} = t_{\beta}$, მივიღებთ

$$P(|T| < t_{\beta}) = \int_{-t_{\beta}}^{t_{\beta}} S_{n-1}(t) dt = \beta \quad (2.24)$$

იმის გათვალისწინებით, რომ $S_{n-1}(t)$ არის ლუწი ფუნქცია, საბოლოოდ გვექნება:

$$2 \int_0^{t_{\beta}} S_{n-1}(t) dt = \beta \quad (2.25)$$

ამ განტოლების ამოხსნით, t_{β} -ს მიმართ მოცემული β -ს მნიშვნელობები და $n-1$ თავისუფლების ხარისხის რიცხვით, მოვძებნით:

$$\varepsilon_{\beta} = t_{\beta} \sqrt{\frac{\tilde{D}}{n}} \quad (2.26)$$

სინამდვილეში კი არსებობს სტიუდენტის განაწილების კვანტილების ცხრილები, საიდანაც β და $(n-1)$ -ის მიხედვით განისაზღვრება t_{β} .

მათემატიკური ლოდინის m -ისათვის ნდობის ინტერვალი განისაზღვრება ε_β -ის მიხედვით, რომელიც სიმეტრიულია \tilde{m} -ის მიმართ:

$$I_\beta = (\tilde{m} - \varepsilon_\beta; \tilde{m} + \varepsilon_\beta) \quad (2.27)$$

ანალოგიურად განისაზღვრება ნორმალური განაწილების მქონე X შემთხვევითი სიდიდის ნდობის ინტერვალი D დისპერსიისათვის. (1) ფორმულიდან D დისპერსიის შეფასება გამოისახება ν შემთხვევითი სიდიდის მეშვეობით, რომელიც აქვს χ^2 განაწილება $n-1$ თავისუფლების ხარისხისთვის.

ანალოგიურად განისაზღვრება ნორმალური განაწილების მქონე X შემთხვევითი სიდიდის ნდობის ინტერვალი D დისპერსიისათვის. D დისპერსიის შეფასება გამოისახება ν შემთხვევითი სიდიდის მეშვეობით, რომელიც აქვს χ^2 განაწილება $n-1$ თავისუფლების ხარისხისთვის.

$$K_{n-1}(\sigma) = \begin{cases} \frac{1}{2^{\frac{n-1}{2}} \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)} \sigma^{\frac{n-1}{2}-1} e^{-\frac{\sigma}{2}}, & \text{როცა } \sigma > 0 \\ 0, & \text{როცა } \sigma < 0 \end{cases}$$

ვინაიდან $K_{n-1}(\sigma)$ -ს განაწილების სიმკვრივე არ არის სიმეტრიული ფუნქცია, ნდობის ინტერვალის საზღვრები შეირჩევა ν შემთხვევითი სიდიდის, ამ ინტერვალის ნებისმიერი ბოლოდან გასვლის ერთი და იგივე ალბათობის პირობიდან. ვინაიდან მოცემული ნდობის ინტერვალი ტოლია β -ს, ალბათობა იმისა, რომ ν არ მოხვდება ნდობის ინტერვალში,

უდრის $1-\beta$. ეს პირობა სრულდება, თუ V შემთხვევითი სიდიდის მოხვედრის ალბათობა. ინტერვალის მარჯვენა და მარცხენა ბოლოებს გარეთ ერთმანეთის ტოლი იქნება $\frac{a}{2} = \frac{1-\beta}{2}$. χ^2 განაწილებისათვის შედგენილია ცხრილები, რომლის მიხედვით p ალბათობისთვის და $n-1$ თავისუფლების ხარისხის რიცხვისათვის შეიძლება მოიძებნოს χ^2 -ის მნიშვნელობებს, რომლისთვისაც შესრულდება პირობა:

$$P(V > \chi^2) = p \quad (2.29)$$

ჩვენს შემთხვევაში $P_1 = \frac{\alpha}{2}$ -სთვის მოვძებნოთ χ_1^2 -ი, ხოლო $P_2 = 1 - \frac{\alpha}{2}$ -სთვის მოვძებნოთ χ_2^2 . ახლა კი შეიძლება განისაზღვროს D -ს ნდობის ინტერვალის D_1 და D_2 , რომელიც შეესაბამება $\beta - 1$ ნდობის ალბათობა:

$$P(D_1 < D_2 < D_3) = \beta \quad (2.30)$$

(6) ტოლობიდან ჩანს, რომ პირობას $V < \chi_1^2$ შეესაბამება პირობა $D > D_1 = \frac{\tilde{D}(n-1)}{\chi_1^2}$,

ხოლო პირობას $V > \chi_2^2$ შეესაბამება პირობა $D < D_2 = \frac{\tilde{D}(n-1)}{\chi_2^2}$. ამრიგად, ნორმალურად

განაწილებული X შემთხვევითი სიდიდის D დისპერსიისთვის ნდობის ინტერვალი I_β , რომელიც შეესაბამება β ნდობის ალბათობის და თავისუფლების ხარისხის რიცხვს $(n-1)$ -ს, იქნება:

$$I_\beta = \left(\frac{\tilde{D}(n-1)}{\chi_1^2}; \frac{\tilde{D}(n-1)}{\chi_2^2} \right) \quad (2.31)$$

ახლა შეგვიძლია განვსაზღვროთ ნდობის ინტერვალი მდინარის სანაპიროს τ მნიშვნელობისათვის, რომლის წერტილოვანი შეფასება გამოითვლება ფორმულით:

$$t = \varphi \cdot \left(-\frac{m_z}{\delta_z} \right) \quad (2.32)$$

აქ Z არის შემთხვევითი სიდიდე, რომელიც ტოლია სანაპიროს არაგამრეცხი (დასაშვები) სიჩქარისა V_Φ და წყლის ნაკადის V_Ψ ფსკერული სიჩქარის სხვაობის ტოლი $z = V_\Phi - V_\Psi$, ხოლო $\varphi^*(x)$ – განაწილების ნორმალური ფუნქცია პარამეტრები $(0,1)$. იგულისხმება, რომ V_Φ და V_Ψ ნორმალურად განაწილებული სიდიდეებია შესაბამისი მათემატიკური ლოდინითა და საშუალო კვადრატული გადახრით m_Φ , σ_Φ და m_Ψ , σ_Ψ . აქედან ცხადია, რომ თვით შემთხვევითი სიდიდე z ექვემდებარება ნორმალური

განაწილების კანონს. მათემატიკური ლოდინით $m_z = m_{\text{ღ}} - m_{\text{ფ}}$ და საშუალო კვადრატული გადახრით

$$\delta_z = \sqrt{\delta_{\text{ღ}}^2 - \delta_{\text{ფ}}^2}. \quad (2.33)$$

τ -ის მნიშვნელობების გამოსათვლელად მე-(7) ფორმულით, გამოყენება \tilde{m}_z და $\tilde{\delta}_z$ წერტილოვანი შეფასებები z შემთხვევითი სიდიდის მათემატიკური ლოდინისთვის m_z და საშუალო კვადრატული გადახრისთვის σ_z , რომლებიც შესაბამისად (1) ფორმულის მიხედვით განისაზღვრება სიდიდეები $\tilde{m}_{\text{ღ}}$, $\tilde{D}_{\text{ღ}}$ და $\tilde{m}_{\text{ფ}}$, $\tilde{D}_{\text{ფ}}$

$$\tilde{m}_{\text{ღ}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{ღ}}} V_{\text{ღ}i}}{n_{\text{ღ}}}; \quad \tilde{D}_{\text{ღ}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{ღ}}} (V_{\text{ღ}i} - \tilde{m}_{\text{ღ}})^2}{n_{\text{ღ}} - 1} \quad (2.34)$$

$$\tilde{m}_{\text{ფ}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{ფ}}} V_{\text{ფ}i}}{n_{\text{ფ}}}; \quad \tilde{D}_{\text{ფ}} = \frac{\sum_{i=1}^{n_{\text{ფ}}} (V_{\text{ფ}i} - \tilde{m}_{\text{ფ}})^2}{n_{\text{ფ}} - 1} \quad (2.35)$$

სადაც $n_{\text{ღ}}$ და $n_{\text{ფ}}$ შესაბამისად არის $V_{\text{ღ}}$ და $V_{\text{ფ}}$ შემთხვევითი სიდიდეების დაკვირვების მონაცემთა რაოდენობა.

\tilde{m}_z და $\tilde{\delta}_z$ -ის შემთხვევითობის გათვალისწინებით Z -ის ნდობის ინტერვალს საზღვრების მკაცრად განსაზღვრისათვის, უნდა განვიხილოთ ახალი შემთხვევითი სიდიდე $V = -\frac{\tilde{m}_z}{\tilde{\delta}_z}$ და მოიძებნოს მისი განაწილების კანონი.

Y სიდიდის მათემატიკური ლოდინის m_y -ის ნდობის ინტერვალს საზღვრების განსაზღვრის შემდეგ შესაბამისად (2.35) ფორმულის მიხედვით შეიძლება განვსაზღვროთ z -ის ნდობის ინტერვალის საზღვრები z_1 და z_2 .

$$z_1 = \varphi^*(y_1) \quad \text{და} \quad z_2 = \varphi^*(y_2) \quad (2.36)$$

y შემთხვევითი სიდიდის განაწილების კანონის განსაზღვრა ქმნის გარკვეულ სიძნელეებს, რაც იწვევს ამოცანის გაუმართლებელ გართულებას. მაგრამ, თუ

გავითვალისწინებთ z -ის სუსტ დამოკიდებულებას შემთხვევითი სიდიდის z -ის განაწილების სიმკვრივის ფორმაზე, ე.ი. σ_z და არსებით დამოკიდებულებას გაფანტვის ცენტრის მდებარეობაზე z ღერძზე (ე.ი. m_z -ზე), მაშინ 2.35-ე ფორმულაში პარამეტრ δ_z -ის ნაცვლად შეიძლება გამოვიყენოთ მისი წერტილოვანი შეფასება $\tilde{\delta}_z$, რომელიც პირველი მიმდებით, შეიძლება ჩაითვალოს მუდმივ სიდიდედ. მაშინ მოწყვლადობის (τ) ნდობის ინტერვალი განისაზღვრება m_z -ის ნდობის ინტერვალით, რომელიც აღებული იქნება სიმეტრიულად მისი წერტილოვანი შეფასებიდან $\tilde{m}_z = \tilde{m}_g - \tilde{m}_g$, m_g და m_g -სათვის ერთი და იგივე ნდობის ალბათობის (β) შემთხვევაში, იგივე ნდობის ალბათობით შეიჭრება განვსაზღვროთ ნდობის ინტერვალი (I_β) m_x -თვის. შევნიშნავთ, რომ თავისუფლების ხარისხით $(n-1)$ რიცხვის შეამცირებთ, იზრდება m შემთხვევითი სიდიდის მათემატიკური ლოდინის შეფასების განუსაზღვრელობის ხარისხი, ანუ იზრდება ნდობის ინტერვალი ერთი და იგივე ნდობის ალბათობისათვის. ამიტომ, m_x -ისათვის თავისუფლების ხარისხის რიცხვი არ შეიძლება აჭარბებდეს m_g და m_g -ის თავისუფლების ხარისხის რიცხვთა მინიმალურ მნიშვნელობებს.

ამრიგად, თუ m_z -ისთვის ავიღებთ ნდობის ალბათობას β -ს და თავისუფლების ხარისხის რიცხვს

$$K = \min(n_g, n_g) - 1 \quad (2.37)$$

სტიუდენტის განაწილების ტოლობიდან განვსაზღვრავთ t_β -ს, შემდგომ (2.33) ფორმულიდან ვიპოვიოთ ε_β -ს და შესაბამისად m_1 და m_2 ნდობის ინტერვალის ქვედა და ზედა საზღვრებს (50):

$$\varepsilon_\beta = t_\beta \sqrt{\frac{\tilde{D}_z}{K+1}}; \quad m_1 = \tilde{m} - \varepsilon_\beta; \quad m_2 = \tilde{m} + \varepsilon_\beta; \quad (2.38)$$

m_1 და m_2 მნიშვნელობათა ჩასმით (7) ფორმულაში შესაბამისად მივიღებთ ნდობის ინტერვალის ქვედა და ზედა საზღვრების τ_1 და τ_2 მოწყვლადობისათვის, რომლის ნდობის ალბათობა არის β :

$$z_1 = \Phi \cdot \left(-\frac{m_1}{\sqrt{\tilde{D}_g + \tilde{D}_g}} \right); \quad z_2 = \Phi \cdot \left(-\frac{m_2}{\sqrt{\tilde{D}_g + \tilde{D}_g}} \right) \quad (2.39)$$

ამრიგად, β ალბათობით მდინარის სანაპიროს მოწყვლადობის მნიშვნელობა არ გასცდება ინტერვალს:

$$I_\beta = \left[\Phi \cdot \left(-\frac{\tilde{m} - \varepsilon_\beta}{\sqrt{\tilde{D}_g + \tilde{D}_g}} \right); \Phi \cdot \left(-\frac{\tilde{m} + \varepsilon_\beta}{\sqrt{\tilde{D}_g + \tilde{D}_g}} \right) \right] \quad (2/40)$$

2.5 წყალდიდობა-წყალმოვარდნებთან დაკავშირებული მახასიათებლები

კლიმატური ფაქტორების გათვალისწინებით წყალდიდობა-წყალმოვარდნების შემთხვევები საქართველოში ძირითადად განპირობებულია: 1. ინტენსიური და ხანგრძლივი წვიმებით; 2. ჰაერის ტემპერატურის მკვეთრი მატებით გამოწვეული თოვლის დნობით, რასაც თან ერთვის ძლიერი წვიმები; 3. თოვლ-მყინვარების ინტენსიური დნობით [1]. აღსანიშნავია, რომ დაფიქსირებული სტიქიური წყალმოვარდნების შემთხვევებიდან 34% შერეული ხასიათისაა (თოვლ-წვიმის), ხოლო 66% გამოწვეულია ინტენსიური და ხანგრძლივი წვიმებით.

წყალდიდობა-წყალმოვარდნები აღინიშნება ყველა მდინარეზე წელიწადში რამდენჯერმე. კატასტროფული კი 5-6 წელიწადში ერთხელ. განსაკუთრებით აღსანიშნავია 1968, 1987, 1996 , 2005, 2014, 2015, 2017, 2018 და 2019 წლების კატასტროფული წყალდიდობა-წყალმოვარდნები. მხოლოდ 1987 წელს ამ სტიქიისაგან მიყენებულმა ზარალმა 300მლნ დოლარს გადააჭარბა. დაინგრა 4400 მეტი საცხოვრებელი სახლი, 16 კილომეტრი სარკინიგზო მაგისტრალი. 1800კმ-ზე მეტი გზა, 1300კმ-ზე მეტი სხვა საკომუნიკაციო ნაგებობები. დაზარალდა 80 000ჰა-ზე სასოფლო-სამეურნეო სავარგული. დაინგრა 1500-ზე მეტი სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების შენობა-ნაგებობა. დაიღუპა ან უგზო უკვლოდ დაიკარგა ათეულობით ადამიანი [17].

სტიქიური წყალმოვარდნების მხრივ კავკასიონის სამხრეთ ფერდობის მდინარეები ხასიათდება ზაფხულის წყალმოვარდნებით, მესხეთისა და ლიხის ქედების მდინარეები გაზაფხულ-ზაფხულის წყალმოვარდნებით, კოლხეთის დაბლობის მდინარეები წყალმოვარდნების რეჟიმით მთელი წლის განმავლობაში, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოს დაბლობ ნაწილში და სამხრეთ საქართველოს მთიანეთში გაზაფხულ - ზაფხულის წყალმოვარდნებით.

წყალდიდობების ძალზე დიდი რისკით (22%) გამოირჩევა კოლხეთის დაბლობი, დიდი რისკით (16-22%) 300-2000 მ-ს შორის მოქცეული სარტყელი, საშუალო რისკით (10-16%) ხასიათდება მდ მტკვრის აუზი, მცირე რისკით (4-10%) ჯავახეთის ზეგანი და ძალზე მცირე რისკით 4% ნაკლები ივრის ზეგანი.

ცხრ. 2.8. საქართველოს რეგიონებში სტიქიური წყალმოვარდნების საშუალო განმეორებადობადობის (%) წლიური მსვლელობა

#	რეგიონი	ფართობი ათ კმ ²	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წლიური
1	აფხაზეთი	8,7	0,4	0,2	-	1,1	1,7	4,2	2,8	4,8	1,8	2,0	2,4	0,2	22
2	სამეგრელო-ზემო სვანეთი	7,44	0,5	0,6	0,3	1,5	2,4	5,1	6,5	5,6	0,2	0,8	1,3	1,4	26
3	რაჭა-ლეჩხუმი ქვემო სვანეთი	2,47	-	0,3	-	2,0	5,9	6,8	4,5	4,0	-	2,2	1,1	-	27
4	იმერეთი	6,59	0,4	0,5	2,1	2,7	1,6	1,8	1,4	0,7	-	1,6	1,6	1,8	16
5	გურია	2,03	-	-	-	1,5	-	0,7	1,8	4,0	3,3	2,9	1,8	1,5	18
6	აჭარა	2,9	-	-	0,6	3,9	3,3	0,4	0,6	2,2	1,6	1,2	0,6	1,2	16
7	სამცხე-ჯავახეთი	6,43	-	-	0,3	6,5	4,6	1,8	0,4	-	-	0,3	0,8	-	15
8	შიდა ქართლი	3,44	-	0,2	0,8	7,5	3,4	3,6	0,9	0,6	0,2	0,2	-	-	17
9	ქვემო ქართლი	6,8	-	-	0,2	20	3,7	2,4	1,2	0,2	-	-	-	-	10
10	თბილისი	0,36	-	-	-	1,7	2,2	1,7	1,1	-	-	-	-	-	7
11	მცხეთა-მთიანეთი	6,72	-	-	-	0,6	3,2	3,4	2,3	2,5	0,2	-	-	-	12
12	კახეთი	12,2	-	-	-	0,4	2,2	3,4	3,1	0,5	1,1	0,7	-	-	11

სტატისტიკურმა ანალიზმა აჩვენა, რომ წყალმოვარდნების მაფორმირებელი ნალექების რაოდენობა რეგიონების მიხედვით განსხვავებულია. მაგალითად: გურია-აჭარის სანაპირო რაიონებში წყალმოვარდნების წარმომქმნელი წვიმები 90-120 მმ ფარგლებში მერყეობს, შავი ზღვის სანაპიროს დანარჩენ ნაწილში 80-100 მმ, კოლხეთის დაბლობზე 50-80 მმ, ხოლო მთიან სარტყელში, დიდი დახრილობის გამო, დასავლეთ და აღმოსავლეთ საქართველოში წყალმოვარდნებს იწვევენ 30-50 მმ ინტერვალში მოსული წვიმები, ღვარცოფსასშიშ რაიონებში კი, შესაბამისად 30 და 40 მმ-ზე მეტი წვიმები.

წყალმოვარდნებისა და ინტენსიური წვიმების თარიღების შედარებამ გამოავლინა, რომ წყალმოვარდნები მცირე მდინარეებზე თითქმის ყველა შემთხვევაში ფორმირდება ინტენსიური წვიმების მოსვლის დღეს, ხოლო დიდ მდინარეებზე - 12 სთ-ის ან ერთი დღის დაგვიანებით.

საქართველოში სტიქიური წყალდიდობა-წყალმოვარდნების გამოწვევი კლიმატური ფაქტორების გათვალისწინებით შეირჩა ექსტრემალური ნალექების ინდექსები, ინტენსივობის (Rx1day, Rx3day, Rx5day), რეგიონების სიხშირის (R30, R50, R80, R90) და ხანგრძლივობის (CWD) მიხედვით. აგრეთვე, PRCPTOT, რომელიც ნალექების წლიურ რაოდენობას წარმოადგენს. (ცხრილი). საქართველოს მეტეოროლოგიური ქსელის 39 სადგურის 60-წლიანი პერიოდის (1956-2015 წლები) მონაცემები დაჯგუფდა ზემოაღნიშნული რეგიონების მიხედვით.

ცხრილი 2.9 წყალდიდობა-წყალმოვარდნების რისკების შესაფასებლად გამოყენებული ინდექსები.

Rx1day	ნალექების 1-დღიური მაქსიმუმი	ნალექების დღეღამური მაქსიმალური რაოდენობა	მმ
Rx3day	ნალექების 3-დღიური მაქსიმუმი	ნალექების 3-დღიური მაქსიმალური რაოდენობა	მმ
Rx5day	ნალექების 5-დღიური მაქსიმუმი	ნალექების 5-დღიური მაქსიმალური რაოდენობა	მმ
R30mm	ძლიერნალექიანი დღეთა რიცხვი	დღეთა რაოდენობა, როდესაც PR_{≥30} მმ	დღე
R50mm	ძლიერნალექიანი დღეთა რიცხვი	დღეთა რაოდენობა, როდესაც PR_{≥50} მმ	დღე
R80mm	ძლიერნალექიანი დღეთა რიცხვი	დღეთა რაოდენობა, როდესაც PR_{≥80} მმ	დღე

R90mm	ძლიერნალექიანი დღეთა რიცხვი	დღეთა რაოდენობა, როდესაც PR≥90 მმ	დღე
CWD	თანმიმდევრულად ნალექიანი დღეები	ნოტიო პერიოდის მაქსიმალური ხანგრძლივობა. წლის მანძილზე ისეთი თანმიმდევრული დღეების მაქსიმალური რაოდენობა, როდესაც დღიური ნალექების რაოდენობა PR≥1.0 მმ	დღე
PRCP(TOT)	ჯამური ნალექები PR ნალექიანი დღეებიდან	დღეღამური ნალექების ჯამი, როდესაც დღიური ნალექი PR ≥ 0.1 მმ	მმ

დასავლეთ საქართველოში ნალექების წლიური რაოდენობა ძირითადად გაზრდილია. აღსანიშნავია, რომ ორ განხილულ 30-წლიან პერიოდს (1956-1985 და 1986-2015 წლები) შორის ერთ დღე-ღამეში მოსული ნალექების მაქსიმუმების ზრდა აღინიშნება შავი ზღვის სანაპირო ზოლში არსებულ ყველა სადგურზე (ბათუმი, ქობულეთი, ფოთი, ზუგდიდი), განსაკუთრებით შემოდგომის სეზონზე. ვინაიდან აღნიშნული რეგიონის მდინარეთა აუზებში სტიქიური წყალმოვარდნები ხასიათდება სწორედაც ერთ დღე-ღამეში მოსული უხვი ნალექებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ შავის ზღვის სანაპირო ზოლში წყალდმოვარდნების რისკები გაზრდილია რასაც უკანასკნელ ათწლეულებში ამ რეგიონში გახშირებული წყალმოვარდნების შემთხვევათა რიცხვის ზრდაც ადასტურებს [26,33]. განსხვავებით აღნიშნული პერიოდებისა, ამავე ინდექსის მაჩვენებლების მატება საპროგნოზო სცენარების (2041-2070 და 2071-2099 წლები) შედარების მიხედვით სანაპირო ზოლში მხოლოდ ზუგდიდისა და ქობულეთის სადგურებზე ფიქსირდება.

რაც შეეხება სამ და ხუთ დღე-ღამეში მოსული ნალექების მაქსიმალურ რაოდენობებს ამ მხრივ ზრდის ტენდენციები დაიკვირვება მდინარე რიონისა (ამბროლაური, შოვი) და მისი შენაკადების - ყვირილა (საჩხერე), ცხენისწყალი (ლენტეხი) აუზების ზემო წელში. ორივე ინდექსის შემთხვევაში მაჩვენებლების ზრდა ფიქსირდება გაზაფხულის სეზონზე. შესაბამისად გაზრდილია წყალდიდობების რისკები გამომდინარე იქედან, რომ მდ. რიონის აუზში წყალდიდობებს ადგილი აქვს გაზაფხულ-ზაფხულის პერიოდში, რაც გამოწვეულია თოვლისა და მყინვარების დნობით, რასაც თან ერთვის წვიმები. სამომავლო სცენარების შედეგების საფუძველზე სამ და ხუთ დღე-ღამეში მოსული ნალექების მაქსიმალური რაოდენობების ზრდის ტენდენციებია ნავარაუდები მდ. რიონისა და მისი შენაკადების აუზებში.

გახშირებულია წყალმოვარდნების მაფორმირებელი უხვ ნალექიან (R30,R50) დღეთა რაოდენობა მდ. რიონის აუზის მთიან სარტყელში არსებულ თითქმის ყველა სადგურზე (ამბროლაური, შოვი, ლენტეხი, საჩხერე). აღსანიშნავია, რომ დასავლეთ საქართველოში მნიშვნელოვნად მომატებულია თანმიმდევრულად ნალექიანი დღეების რაოდენობაც, რაც წყალდიდობების რისკების ზრდას უწყობს ხელს. აღსანიშნავია, რომ მომავალში ამ ინდექსების გამოკვეთილად ზრდა არაა მოსალოდნელი.

მნიშვნელოვნადაა გაზრდილი გურია-აჭარის სანაპირო რაიონებში (ბათუმი, ქობულეთი) წყალმოვარდნების წარმომქმნელი ძლიერნალექიან (R90) დღეთა რიცხვი, ხოლო შავი ზღვის სანაპიროს დანარჩენი ნაწილიდან ფოთში (R80) შეინიშნება ზრდის ტენდენცია. კლიმატის ცვლილების სცენარების ორ პერიოდის (2041-2070 და 2071-2099 წლები) შედარებით კი აღნიშნული ინდექსების შემცირების ტენდენციები ფიქსირდება გარდა ქობულეთის სადგურისა.

ნალექების წლიური ჯამები გაზრდილია აღმოსავლეთ საქართველოს უმეტეს რეგიონებშიც, განსაკუთრებით შემოდგომის სეზონზე. წყალმოვარდნების რისკების ზრდაზე მეტყველებს მდ. ალაზნის შენაკადებზე, ერთ და ხუთ დღე-ღამეში მოსული ნალექების აღმავალი ტრენდები. ამ რეგიონში წყალმოვარდნების გამომწვევი (R30,R50) უხვ ნალექიანი დღეების (განსაკუთრებით შემოდგომის სეზონზე) ზრდა შეინიშნება მდ. ალაზნის აუზში ლაგოდეხისა და თელავის სადგურებზე. უნდა აღინიშნოს, რომ დასავლეთ საქართველოსგან განსხვავებით აღმოსავლეთ საქართველოში თანმიმდევრულად ნალექიანი დღეების რაოდენობის ზრდა ნაკლებად დაიკვირვება.

კლიმატის ცვლილების სცენარების მიხედვით აღმოსავლეთ საქართველოში წყალმოვარდნების მაფორმირებელი უხვ ნალექიანი (R30,R50) დღეების რაოდენობების შედარების მიხედვით მაჩვენებლების (R30) მნიშვნელოვანი მატება ფიქსირდება თელავის, სტეფანწმინდისა და თიანეთის სადგურებზე, ხოლო ერთ დღე-ღამეში 50-მმზე მოსული ნალექების დღეთა რაოდენობების ზრდა თელავისა და ყვარლის სადგურებზეა ნავარაუდები. აღსანიშნავია, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში თანმიმდევრულად ნალექიანი დღეების მაჩვენებლების მნიშვნელოვანი ზრდა არ ფიქსირდება.

თავი 3. საქართველოს ტერიტორიაზე ფორმირებელი სხვა სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შეფასება

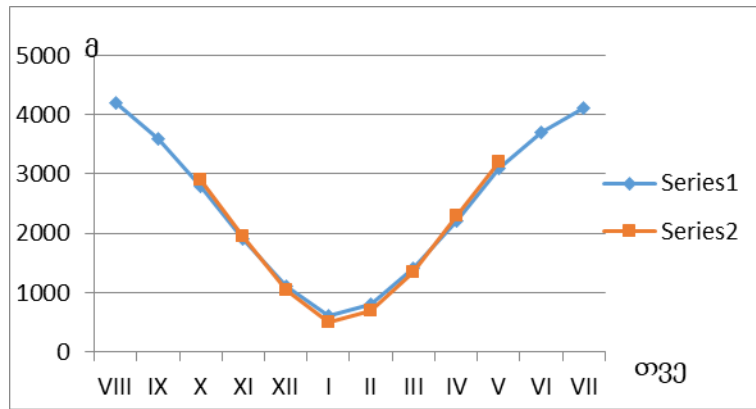
3.1 თოვლის ზვავები

თოვლის ზვავები დიდ ზარალს აყენებენ ადამიანთა სამეურნეო საქმიანობას, დასახლებას, იწვევენ ადამიანთა მსხვერპლს, ნგრევას, გზების ჩახერგვას, ტრანსპორტის მოძრაობის შეწყვეტას, ელექტროგადამცემი ანძების და გაზსადენების მწყობრიდან გამოსვლას, ტყის განადგურებას და სხვა [7].

თოვლის ტერიტორიული გავრცელების მაჩვენებელია ჰაერის ტემპერატურის სიმაღლებრივი გრადიენტის მიხედვით განსაზღვრული ნულოვანი იზოთერმის სიმაღლის ცვლილება თვეებში, რომელიც მოცემულია (ცხრ.3.1.) და (ნახ.3.1).

ცხრილი 3.1. ნულოვანი იზოთერმის სიმაღლე, მ.

რაიონი	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII
კავკასიონი,მ.	4200	3600	2800	1900	1100	600	800	1400	2200	3100	3700	4100
სამხრე საქართველოს მთიანეთი,მ.			2950	1950	1050	500	700	1350	2300	3200		



ნახ. 3.1. ნულოვანი იზოთერმის სიმაღლე თვეების მიხედვით 1 -კავკასიონზე და 2-სამხრეთ საქართველოს მთიანეთზე

ამ ცხრილის ანალიზმა გამოავლინა, რომ ნულოვანი იზოთერმის სიმაღლე მაქსიმალურ მნიშვნელობას აღწევს აგვისტოში და მინიმალურს იანვარში. ნახ.(3.1) მოცემულია

ნულოვანი იზოთერმის წლიური მსვლელობა სიმაღლის მიხედვით. მისი გადანაცვლება გაზაფხულზე თვიდან თვემდე 800-900 მეტრია, დაახლოებით ასეთივე სიჩქარით ეშვება შემოდგომაზე, მაშინ როცა აგვისტოში ივლისთან შედარებით ნულოვანი იზოთერმის სიმაღლე მატულობს მხოლოდ 100 მ. სამხრეთ საქართველოს მთიანეთზე ნულოვანი იზოთერმის წლიური მსვლელობა, კავკასიონზე იზოთერმის მსვლელობის ანალოგიურია. ნულოვანი იზოთერმის სიმაღლე ყველაზე მაღლა ადის ივლისში და აგვისტოში შესაბამისად 4100 და 4290 მ სიმაღლეზე.

ცხრილი 3.2.მყარი ნალექების შემადგენლობა მთლიან ნალექებში (%)

სიმაღლე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
დასავლეთ საქართველო												
500	58	55	32	4						1	11	30
1000	80	74	54	12						4	22	50
სიმაღლე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1500	90	85	75	30	1					10	34	72
2000	94	94	90	62	30	14			6	32	55	85
2500	98	98	97	82	64	34			16	58	80	94
3000	100	100	100	100	98	52	5	5	26	82	100	100
აღმოსავლეთ საქართველო												
1000	88	80	59	4						1	15	60
1500	98	93	80	18	1					4	37	82
2000	100	98	94	47	5	1			1	16	67	96
2500	100	100	100	78	18	5			10	36	98	99
3000	100	100	100	90	48	30	30	20	34	60	100	100
3500	100	100	100	98	85	74	54	47	80	90	100	100

მყარი ნალექების წილი მთლიან ნალექებში დასავლეთ საქართველოში ჭარბობს დეკემბერში 1000 მეტრიდან, იანვარ-თებერვალში 500 მეტრიდან, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 1000 მეტრიდან (ცხრ.3.2.). მდგრადი თოვლის საფარის ქვედა საზღვარი გადის დასავლეთ საქართველოში 500-650 მეტრზე, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში 800-1000 მ. თოვლის ზვავების გავრცელების საზღვარი იწყება დასავლეთ კავკასიონზე 550 მ – ცენტრალურზე 1000 მ, აღმოსავლეთ კავკასიონზე 1450 მ. და მცირე კავკასიონზე 1000-1400 მ სიმაღლიდან.

სისტემატიური ზვავების გავრცელების საზღვარი დასავლეთ კავკასიონზე გადის 1100 მ, ცენტრალურზე 1700 მ და აღმოსავლეთ კავკასიონზე 1530 მ. თანახმად გამოთვლებისა ზვავსაშიშროების კოეფიციენტი მაღალმთიან ალპურ და გლაციალურ სარტყელში 75-80%, რაც იმას ნიშნავს, რომ ამ სარტყელის 75-80% ფართობზე ზვავები მუდმივმოქმედია. მაღალმთიან სარტყელში ზვავსაშიშროების კოეფიციენტი 50-75%, თოვლის ზვავები 3-4 ჯერ მეორდებიან წელიწადში, ზვავსაშიშროების ხანგრძლიობა 6-8 თვეა, ზვავები აქ აზიანებენ გზებს, ელექტროგადამცემ ხაზების ანძებს, დასახლებას და ტყეს.

ცხრილი 3.3. ზვავების განმეორებადობაა დობა % თვეების და სიმაღლის სარტყლების მიხედვით

სიმაღლის სარტყლები მ.	ზვავის რ-ბა	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	მთლიანი %
1000	25				1.2	1.6	1.6					4.4
1000-1500	78			0.7	2.0	4.5	6.2	0.3				13.7
1500-2000	158		0.5	3.3	5.0	6.3	11.5	1.2				27.8
2000-4000	310	0.3	2.5	5.2	6.3	10. 5	17.8	10. 0	1. 0	0.2	0.3	54.1

მთლიანად	571	0.3	3.0	9.2	14.5	22.9	37.1	11.5	1.0	0.2	0.3	100
----------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----

(ცხრ.3.3.) ანალიზიდან გამოვლინდა, რომ ზვავების უმცირესი განმეორებადობა 4,4% 1000 მ სიმაღლემდეა, უდიდესი განმეორებადობა 54% 2000 მ ზევით და ჩამოდის ოქტომბერ-ივლისის თვეებში. საშუალო მთიან სარტყელში ზვავსაშიშროების კოეფიციენტი 25-50%, ზვავები აქ დიდზიანს აყენებენ ტყეს, ტრანსპორტს, დასახლებას. ზვავების განმეორებადობა მცირეა, მაგრამ ზარალი კი მნიშვნელოვნად დიდია სამეურნეო ათვისების გამო.

მთისწინეთში და დაბალმთიან სარტყლებში ზვავსაშიშროების კოეფიციენტი 0-25%, აქ ჭარბობენ სპორადული იშვიათი განმეორების ზვავები წელიწადში 5 და მეტი განმეორების ზვავები.

ზვავების ჩამოსვლის აქტიურ პერიოდს წარმოადგენს იანვარ-მარტი, ამ დროს ჩამოდის ზვავების 71%.

ცხრილი 3.4. ზვავების ჩამოსვლის განმეორებადობადობის ალბათობა (%) ფასანაური-სტეფანწმინდის გზის მონაკვეთზე

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	მრავალწლიური განმეორების რიცხვი
11	20	26	16	0.3					5	11	10	754

ცხრილი 3.5. ზვავების საშუალო მრავალწლიური განმეორებადობადობა (%) საქართველოში

დასავლეთ საქართველო

თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
განმეორების რიცხვი	30	14	9	13							2	10	78
%	38	18	12	17							3	13	

აღმოსავლეთ საქართველო

თვე	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	წელი
განმეორების რიცხვი	19	4	15	10	6					6	4	8	72
%	26	6	21	14	8					8	6	11	

ცხრილი 3.6. ზვავების განმეორებადობა % სინოპოტიკური პროცესების დროს

ჩამოსვლის პირობები	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	მთლიანი %
თოვის დროს	0.3	2.8	5.0	11.7	11.3	15.0	3.0	0.3	0.3	0.3	50.0
თოვლის დნობის დროს		0.8	1.7	2.2	4.4	8.3	4.7	0.3			22.4
ქარბუქის დროს		0.6	0.8	2.0	2.2	5.3	0.6			0.3	11.8
მკვეთრი აცივებისას		0.8	0.3	1.6	2.8	1.4	2.5				9.4
წვიმის დროს			0.3	0.3	1.1	1.6	2.5	0.6			6.4
მთლიანად		5.0	8.1	17.8	21.8	31.6	13.3	1.2	0.3	0.6	100

ზვავების ჩამოსვლის უდიდესი განმეორებადობა 50% როგორც (ცხრ.3.6.) ანალიზმა გვიჩვენა იანვარშია; თებერვალში და მარტში შეადგენს 38%, დანარჩენი 12% სხვა თვეებზე მოდის. ზვავები ჩამოდიან თოვლის დნობის დროს 22,4%, მათი უმეტესი განმეორებადობა თებერვალშია, მარტში და აპრილში შესაბამისად 4,4,8,3, და 4,7%. ზვავების უმცირესი განმეორებადობა 6,4% წვიმის დროს არის და ძირითადად მარტში და აპრილშია.

განსაკუთრებით დიდია ზარალი კატასტროფული ზვავების მასიური ჩამოსვლის დროს, ვინაიდან ხასიათდებიან გავრცელების დიდი ფართობით. ასეთ მოვლენებს ადგილი ჰქონდა ინტენსიური ხანგრძლივი თოვის შედეგად კავკასიონის სამხრეთ ფერდობზე და მცირე კავკასიონზე: 1932 წ 3-4 თებერვალს; 1971 წ 3-11 თებერვალს და 1976 წ 12-20 იანვარს. 1987 წ; 1989, 1992, 1996, 1998, 2003, 2011 დასხვა.

საქართველოში ზვავსაშიშროების ფართობი იცვლება 20-56% ფარგლებში, რომელიც წლების მიხედვით განსხვავებულია. საქართველოს ტერიტორიის 20% ზვავები ჩამოდის ყოველწლიურად, ხოლო 36% პერიოდულად ორწელიწადში ერთხელ ან უფრო იშვიათად.[11]

ზვავსაშიშროების კოეფიციენტი არის ზვავსაშიშროების ფართობის შეფარდება ტერიტორიის საერთო ფართობთან, გამოიხატება ერთეულ ნაწილებში ან პროცენტებში. დასავლეთ საქართველოს უკიდურეს ჩრდილოეთ და სამხრეთ რეგიონებში გაგრის, ბზიფის, შავშეთის, მესხეთის ფერდობებზე ზვავები თითქმის ყველგან წარმოიქმნება, რადგან ფერდობის დახრა მაღალია, აქ ზვავების გავრცელების ქვედა საზღვარი 50 მეტრზე ჩამოდის. აღმოსავლეთ საქართველოში მდ. ალაზნის მარცხენა შენაკადების აუზებში 500-700 მ ქვემოთ ზვავაქტიურობა ნულის ტოლია. მდინარეების: ქვაბლიანის აბასთუმნის, ლიახვის და იორის ხეობებში ზვავსაშიშროების საზღვარი 1000-1200 მ სიმაღლეზე გადის.

ცხრილი 3.7 .ზვავსაშიშროების დაწყებისა და დამთავრებისა სამუალო მრავალწლიური თარიღი

სადგური	სიმაღლე, მ	ზვავსაშიშროების პერიოდის დასაწყისი	ზვავსაშიშროების დამთავრება	ზვავსაშიშროების დღეები რაოდენობა
გაგრის ქედი	1644	17/X	18/IV	184
მესტია	1470	20/XII	25/III	96
ყორულდაში	1947	25/XI	17/IV	145
შოვი	1500	12/XII	5/IV	115
ონი	890	25/I	25/II	31
ფასანაური	1070	18/I	12/III	57
გუდაური	2200	5/XII	7/V	154

ჯვრის უღელტეხილი	2394	15XI	15V	197
როკის უღელტეხილი	1795	5/XII	12/IV	129
ჯავა	1124	11/I	8/III	58
მთა-საბუეთი	1242	25/XII	17/III	83
ბურსაჭირი	1760	7/XII	20/IV	129
ბარისახო	1315	25/XII	10/III	76
წინხადუ	1910	15/XII	25/III	115
ჟინვალი	725	15/I	10/II	57
ზაქათალა	518	30/I	25/II	26

ცხრილი 3.7. ანალიზმა გვიჩვენა, რომ ზვავების ჩამოსვლის ყველაზე ადრეული საშუალო თარიღი საქართველოში გაგრის ქედზე 17 ოქტომბერსაა, ყველაზე გვიანი იანვრის ბოლოს, ხოლო ზვავსაშიშროების დამთავრების ყველაზე ადრეული თარიღი 10 თებერვალია, გვიანი კი 7 მაისი.

ზვავსაშიშროება მდ. თერგის ხეობაში იწყება 2 დეკემბერს, არაგვის ხეობაში 14 ნოემბერს. ზვავსაშიშროება მთებში მაღალია, მათი უმეტესობა 48-50% თოვლის მოსვლის დროს ჩამოდის, 34-35% დნობის დროს, ხოლო 3,8%, მკვეთრი აცივების დროს, 6-7%წვიმის დროს.

ცხრილი 3.8. ზვავების განმეორებადობა სიმაღლის მიხედვით საქართველოში

სიმაღლე, მ	ფართობი კმ ²	განმეორებადობა %
<500	24.2	4
500-1000	21.3	20
1000-2000	34.4	43

2000-3000	17.9	27
>300	2.2	7

ცხრილი 3.8. ანალიზმა გამოავლინა, რომ ზვავების მაქსიმალური განმეორებადობა და სავალდებულო სარტყელში 43%, უმცირესი განმეორებადობა 500 მეტრამდეა და 2000 მეტრს ზემოთ, შესაბამისად 4 და 7%, რაც დაკავშირებულია მთისწინეთში რელიეფის მცირე დახრასთან და არამდგრად თოვლთან, ხოლო მაღალმთიან სარტყელში ფერდობის დიდი დახრილობასთან, სადაც თოვლი არ ჩერდება.

2000 მეტი ზვავების შემთხვევის შეფასების საფუძველზე გამოვლენილია, რომ მისი 75% ჩამოდის თოვლის მოსვლის დროს, 8% გაზაფხულის თოვლის დნობის დროს, 6% დათბობის შუალედებში, 2% ქარბუქის დროს, ხოლო 9% თოვლის სუბლიმაციური კრისტალიზაციის დროს.

1. ზვავების ჩამოსვლა თოვლის მოსვლის დროს 1000 მ ქვემოთ ფიქსირდება იანვარ-თებერვალში, ხოლო დათბობის პერიოდში თებერვალში.
2. 1000-1500 მ შორის სიმაღლეზე თოვლის მოსვლის დროს ზვავები ჩამოდის იანვარ, თებერვალში და მარტში (10%), ხოლო დათბობის დროს მხოლოდ თებერვალში.
3. 1500-2000 მ სიმაღლეზე ზვავის ჩამოსვლას ადგილი აქვს იანვარ-აპრილში, თოვლის მოსვლის დროს 12% შემთხვევაში.
4. 2000-2500 მ ფარგლებში ზვავებს ადგილი აქვს ნოემბერ-მაისში, და წარმოიქმნება ყველა გენეტიკური ტიპის ზვავები, ინტენსიური თოვის დროს ჩამოდის ზვავების შემთხვევის 15%.
5. ქარბუქის დროს ადგილი აქვს ზვავების ჩამოსვლას დეკემბერ-თებერვალში, ხოლო გაზაფხულის თვეებში, დათბობისა და თოვლის დნობის დროს.
6. 2500-3000 მ ფარგლებში ადგილი აქვს ზვავების ყველა გენეტიკურ ტიპის ჩამოსვლას, ინტენსიური თოვის დროს ნოემბერ-მაისში(20%), ზვავების 4% ჩამოდის თოვლის სუბლიმაციური კრისტალიზაციის დროს დეკემბერ-მაისში, 3% დათბობის დროს, ხოლო 4% გაზაფხულის თოვლის დნობის დროს.

საქართველოს ტერიტორიაზე ეს მოვლენა განსაკუთრებით ინტენსიური ხასიათისაა კავკასიონის, მცირე კავკასიონისა და გურია-აჭარის საშუალო და მაღალმთიან ზონებში. სულ ქვეყანაში ფიქსირდება 5000-მდე ზვავსაშიში კერა რომელთაგანაც 1100-ზე მეტი ემუქრება საავტომობილო მაგისტრალებს, დასახლებულ პუნქტებსა და სხვა საკომუნიკაციო ნაგებობებს. განსაკუთრებით აღსანიშნავია 1970-1971, 1975-1976, 1986-1987, 1996-1997, 2004-2005 წლები, როდესაც დიდთოვლობის გამო ჩამოდიოდა კატასტროფული მოცულობის ზვავები. ზარალმა შეადგინა 750 მლნ დოლარზე მეტი. დაიღუპა 176 ადამიანი.

ცხრ #3.9 ზვავების განმეორებადობა % თვეების და სიმაღლის სარტყლების მიხედვით

სიმაღლის სარტყლები, მ	ზვავებ ის რ-ბა	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	მთლიანი %
1000	25				1.2	1.6	1.6					4.4
1000-1500	78			0.7	2.0	4.5	6.2	0.3				13.7
1500-2000	158		0.5	3.3	5.0	6.3	11.5	1.2				27.8
2000-4000	310	0.3	2.5	5.2	6.3	10.5	17.8	10.0	1.0	0.2	0.3	54.1
მთლიანად	571	0.3	3.0	9.2	14.5	22.9	37.1	11.5	1.0	0.2	0.3	100

კლიმატის ცვლილების ფონზე თოვლის ზვავების საფრთხეების ზრდის ტენდენციის შესაფასებლად შერჩეულ იქნა მაღალმთიან რეგიონებში არსებული მეტეოროლოგიური სადგურები (იხ. ცხრილი 3.10)

ცხრ #3.10 თოვლის ზვავების საფრთხეების შესაფასებლად შერჩეული მეტეოსადგურები

მეტეოსადგური	რეგიონი	სიმაღლე ზღვის დონიდან (მ)
გოდერძი	აჭარა	2030
ხულო	აჭარა	1338

ბახმარო	გურია	1926
მთა საბუეთი	იმერეთი	1248
გუდაური	მცხეთა-მთიანეთი	2194
სტეფანწმინდა	მცხეთა-მთიანეთი	1080
ფასანაური	მცხეთა-მთიანეთი	1809
ამბროლაური	რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთი	731
ლენტეხი	რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთი	1508
შოვი	რაჭა-ლეჩხუმი და ქვემო სვანეთი	549
მესტია	სამეგრელო-ზემო სვანეთი	1448
ბაკურიანი	სამცხე-ჯავახეთი	1665

გამომდინარე იქედან, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ზვავსაშიშ პერიოდად მიიჩნევა ნოემბერ-მაისის პერიოდი, ნალექების ინდექსები (Rx1day, Rx3day, Rx5day, R30, R50, CWD, PRCPTOT) განხილულია აღნიშნული თვეებისათვის.

თოვლის ზვავების განმაპირობებელი ფაქტორებიდან ერთ-ერთი მნიშვნელოვანია მყარი ატმოსფერული ნალექების ინტენსიობა და ხანგრძლივობა. შერჩეული სადგურების მონაცემთა ანალიზის საფუძველზე ზამთრის პერიოდში ერთ-დღე ღამეში მოსული ნალექების რაოდენობების ზრდა ფიქსირდება თითქმის ყველა შერჩეულ სადგურზე გარდა ბახმაროსი. სამ და ხუთ დღე-ღამეში მოსული ნალექების შემთხვევაში მნიშვნელოვანი ზრდა შეინიშნება რაჭა-ლეჩხუმსა და ქვემო სვანეთის რეგიონში. უხვ ნალექიან (R30, R50) დღეთა რიცხვი მცირედით გაზრდილია რაჭისა და ქვემო სვანეთისა და მაღალმთიანი აჭარის რეგიონებში. რაც შეეხება გადაბმულ ნალექიან დღეთა რაოდენობების შედარებას ამ ინდექსის მიხედვითაც მნიშვნელოვანი მატება დაიკვირვება ამბროლაურისა და ლენტეხის სადგურებზე.

ორი 30 წლიანი პერიოდისათვის - 2041-70 და 2071-2100 კლიმატის ცვლილების სამომავლო ტენდენციების შეფასების საფუძველზე წლის ცივ პერიოდში ერთ დღე-ღამეში მოსული ნალექების ზრდის მაღალი მაჩვენებელი ფიქსირდება ბახმაროში. სამ დღიანი ნალექების შემთხვევაში მაჩვენებლების ზრდის ტენდენციები შეიმჩნევა თითქმის ყველა სადგურზე განსაკუთრებით მესტიის, ამბროლაურის, გოდერძის უღელტეხილის სადგურებზე, ხოლო ხუთ დღეში მოსული ნალექების რაოდენობებში კი

- ბახმარო, ამბროლაური, ბაკურიანისა და შოვის სადგურებზე. ორი პერიოდის თანმიმდევრულად ნალექიანი დღეების რაოდენობების შედარებით მნიშვნელოვანი ზრდის ტენდენციები არ იკვეთება.

3.2. გვალვა

გვალვა აღინიშნება ქვეყნის პრაქტიკულად მთელ ტერიტორიაზე. განსაკუთრებული ინტენსივობით გამოირჩევა კახეთის, შიდა და ქვემო ქართლის, ასევე ზემო იმერეთის რეგიონებში [15,16]. თუ ადრეულ პერიოდებში გვალვა აღინიშნებოდა 15-20 წელიწადში ერთხელ, ბოლო პერიოდში ასეთი მოვლენა 6-7 წელიწადში ერთხელ აღინიშნება. 1995-2008 წწ-ში ამ მოვლენისგან მხოლოდ სოფლის მეურნეობისათვის მიყენებულმა ზარალმა 400 მლნ. ლარს მიაღწია.

ნალექიანობის თვალსაზრისით საქართველო კონტრასტული რეგიონია. მხოლოდ მთავარი კავკასიონის, გურია აჭარის და კოლხეთის დაბლობზე წელიწადში 1000 მმ-ზე მეტი ნალექი მოდის. დანარჩენ რეგიონებში ნალექები ნაკლებია და შეადგენს 300-750 მმ. სწორედ ამიტომ, რომ გაუდაბნოების პრობლემა, რომლის ძირითად გამომწვევ მიზეზს გვალვა წარმოადგენს, აქტუალურია საქართველოსთვის, განსაკუთრებით მისი აღმოსავლეთ რეგიონისთვის. ამის მაგალითია 1998-2000 წლების განსაკუთრებით გვალვიანი პერიოდები, რომლებმაც მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენეს საქართველოს ეკონომიკას. 2000 წლის გვალვიანმა პერიოდმა 7 თვეს გადააჭარბა. კლიმატის დათბობის გლობალური პროცესის გაგრძელების შემთხვევაში გაუდაბნოების პროცესი შესაძლოა შეეხოს აღმოსავლეთ საქართველოს ვაკისა და მთისწინეთის არიდულ და სემი-არიდულ ლანდშაფტებს, ისევე, როგორც მაღალმთიანეთის სუბ-ალპურ და ალპურ ზონებს. პრევენციული ღონისძიებების გაუტარებლობის შემთხვევაში პროცესმა შეიძლება შეუქცევადი ხასიათი მიიღოს, განსაკუთრებით ქვემო ქართლის რეგიონში და დედოფლისწყაროს რაიონში.



სურ #3.2. საქართველოში გვალვიანი თვეების რაოდენობა 1960-2018 წწ-ში

3.3. სეტყვა

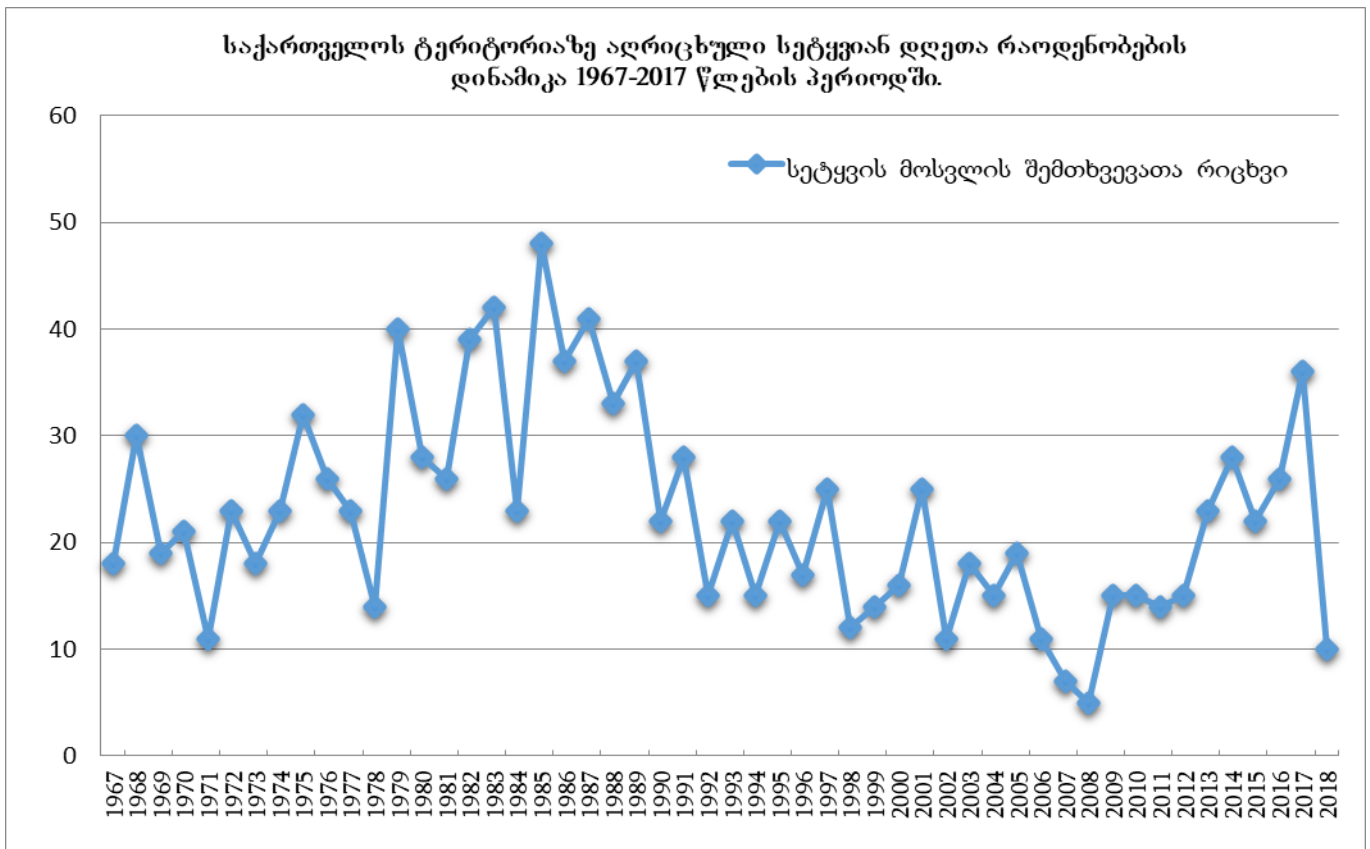
საქართველოში სეტყვა ხშირი მოვლენაა, განსაკუთრებით აღმოსავლეთ საქართველოში, სადაც ყოველწლიურად სასოფლო – სამეურნეო კულტურები სხვადასხვა სახის დაზიანებებს განიცდიან. სეტყვის დიდი ტერიტორიული გავრცელება და სასოფლო – სამეურნეო კულტურების დაზიანების ხარისხი დამოკიდებულია მისი გამომწვევი მიზეზების ინტენსივობაზე და სეტყვის მარცვლების დიამეტრზე.

საქართველოში წვრილი ინტენსიური სეტყვა ხშირია (70%) და მნიშვნელოვან ზარალს აყენებს სოფლის მეურნეობას; მსხვილი სეტყვა 10-15 მმ. და 30-40 მმ. მეტი დიამეტრის მიუხედავად ნაკლები განმეორებისაა, გამოირჩევა დიდი გამანადგურებელი შედეგებით. მას შეუძლია მთლიანად გაანადგუროს ნათესები, მოსავალი, გახვრიტოს თუნუქის სახურავი, დაამსხვრიოს შიფერისა და კრამიტის სახურავები, ჩაამსხვრიოს მინები, დააზიანოს მანქანების კორპუსები, დახოცოს საქონელი და ფრინველები, როცა სეტყვის ცალკეული მარცვლების წონა 100-200 გრ და მეტია შეიძლება ადამიანის დაღუპვის მიზეზიც გახდეს. მსხვილი ინტენსიური სეტყვა ზაფხულობით იცის და დამოკიდებულია დედამიწის ზედაპირის ძლიერ გათბობაზე და კონვექციის სიძლიერეზე, ატმოსფეროს სინოტივეზე და არამდგრადობაზე.

სტაციონალური დაკვირვება და ექსპედიციური მონაცემები მოწმობენ, რომ სეტყვის ცალკეული მარცვლების ზომა შეიძლება 3-4 სმ და მეტი დიამეტრის იყოს. სეტყვა ზოგჯერ მიწის ზედაპირს რამოდენიმე სანტიმეტრით ფარავს და მთლიანად ანადგურებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს, მოსავალს, აგრეთვე გავლენას ახდენს მომავალი წლის მოსავლიანობაზეც, ხეხილის ვარჯის დაზიანების გამო.

ამრიგად სეტყვისგან ეკონომიკაზე მიყენებული ზარალი ყოველწლიურად დიდია, ამიტომ მის განმეორების და ტერიტორიული გავრცელების კანონზომიერებათა შესწავლას დიდი პრაქტიკული და მეცნიერული მნიშვნელობა აქვს.

ბილო პერიოდში სეტყვის შესწავლა კიდევ უფრო აქტუალური გახდა სასოფლო-სამეურნეო მიწების ფართობის ზრდასთან და 20-იანი წლებიდან სეტყვის მოსვლის გახშირებასთან დაკავშირებით, რომელსაც მეცნიერები ტყის გრანდიოზული გაჩეხვით ხსნიან, რასაც მოჰყვა 1960 წლებიდან ტყით დაფარული ფართობის 20% შემცირება წინა წლებთან შედარებით. აგრეთვე სეტყვის გახშირებას უკავშირებენ ატმოსფეროში ეოლოური მტვრის, სამრეწველო და სატრანსპორტო გამონაბოლქვის მატებას და სხვა. [8]



სურ #3.3 საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული სექციან დღეთა რაოდენობის დინამიკა 1967-2017 წწ. პერიოდში

3.3. ძლიერი ქარიშხლები

ძლიერ ქარებს საქართველოში იწვევენ სინოპტიკური პროცესების ტიპები და ყოველ ცალკეულ შემთხვევაში დაკავშირებულია ბარიული გრადიენტის, როგორც სიდიდეზე ასევე მიმართულებაზე და რაიონის ფიზიკურ-გეოგრაფიულ ფაქტორებზე. ძლიერ ქარებს ადგილი აქვს უმეტესად ცივი ფრონტის, ოკლუდირებული ფრონტების, თხემის ან ღარის ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ან მის ახლო გავლისას.

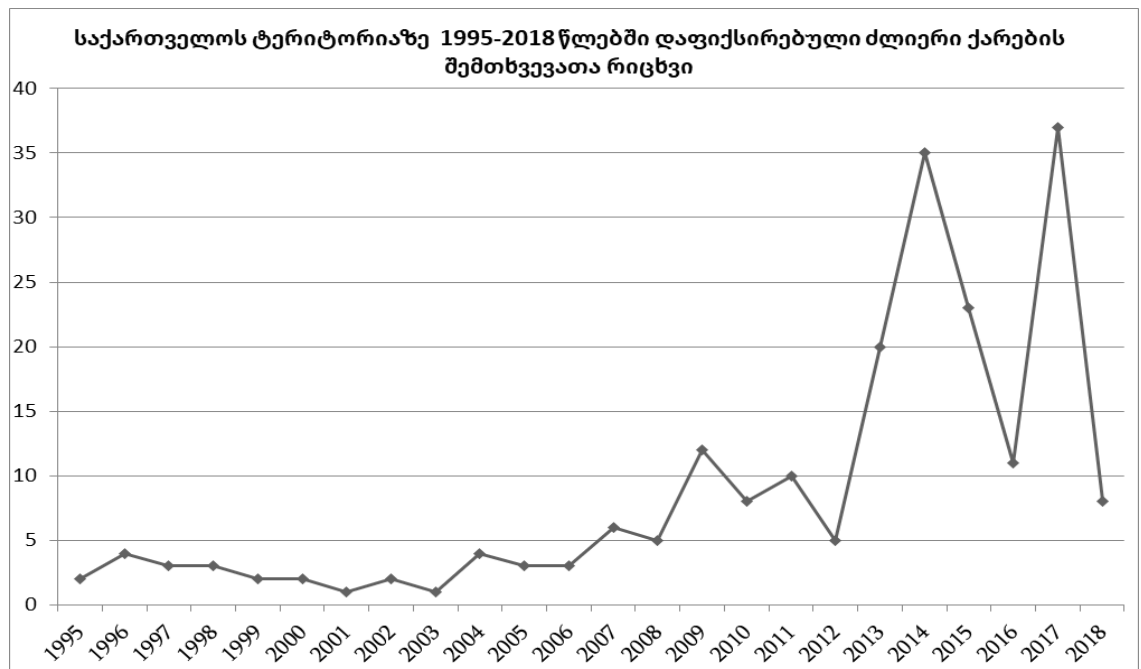
საქართველოს ტერიტორიაზე წლის განმავლობაში ჭარბობს დასავლეთის და აღმოსავლეთის ძლიერი ქარები, რაც გამოწვეულია ადგილის რელიეფით და ქედების მიმართულებით.

ქარების მიმართულება იცვლება სეზონებში, ასე მაგალითად, დასავლეთ საქართველოში ზამთარში გაბატონებულია აღმოსავლეთის, ზაფხულში კი პირიქით

დასავლეთის ქარები, ხოლო აღმოსავლეთ საქართველოში უპირატესია დასავლეთის ქარები, მეორე ადგილზეა აღმოსავლეთის მიმართულების ქარები.

კოლხეთის დაბლობზე დომინირებს აღმოსავლეთის და დასავლეთის ქარები, მას ამლიერებს ადგილობრივი თერმული ცირკულაციის ნაკადები. აფხაზეთში ჭარბობს ჩრდილოეთის მიმართულების ქარები, რაც გამოწვეულია კავკასიონის ქედის სიახლოვით. აჭარა, გურიის მხარე დასავლეთის მიმართულების ზღვის ქარების გავლენის ქვეშ იმყოფება, აღმოსავლეთის მიმართულება საგრძნობლად მატულობს ზამთარში. კოლხეთის დაბლობზე გამოკვეთილია ზაფხულის ქარი ზღვიდან და ზამთრის ქარი ხმელეთიდან. კოლხეთის დაბლობის აღმოსავლეთ ნაწილში ლიხის ქედის მისადგომთან მნიშვნელოვან როლს მთა-ხეობის ქარები იძენენ, რაც აღმოსავლეთის მიმართულების გაძლიერებას იწვევს.

ძლიერი ქარები განსაკუთრებით დიდ ზარალს აყენებს სოფლის მეურნეობას და სხვადასხვა ინფრასტრუქტურულ ობიექტებს. მარტო 1996-1998 წლებში ამ მოვლენისაგან მიყენებულმა ზარალმა 80მლნ ლარს გადააჭარბა. დაილუპა 10 ადამიანი.



სურ 3.4. საქართველოს ტერიტორიაზე 1995-2018 წლებში დაფიქსირებული ძლიერი ქარების შემთხვევათა რიცხვი

3.4. ღვარცოფები

საქართველოში სტიქიური მოვლენებიდან საკმაოდ გავრცელებულია ღვარცოფები, ხოლო ზოგიერთი მდინარის აუზი კი წარმოადგენს კლასიკურ მაგალითს ღვარცოფული ნაკადების ფორმირების თვალსაზრისით. სამი ძირითადი ფაქტორიდან (ნალექები, ქანობი და გამოფიტვის პროდუქტები) ღვარცოფის წარმოქმნაში მნიშვნელოვანია წვიმის სახით მოსული ატმოსფერული ნალექების დღე-ღამური მაქსიმუმები და ინტენსივობა. ნალექების ინტენსივობის რაოდენობა შესაძლებელია აღებულ იქნეს არამარტო 2%-იანი, არამედ 5% და 10% უზრუნველყოფის ინტერვალის პერიოდისათვის. საქართველოში საკმაოდ ბევრია ისეთი ტერიტორიები (არაგვის აუზი, ალაზნის აუზი) სადაც ნალექების დღე-ღამური მაქსიმუმები 150 მმ-ს ფარგლებში მერყეობს და ინტენსიური ღვარცოფსაშიშროებით გამოირჩევიან.

ღვარცოფსაშიშროების რეგონებია მდინარეთა აუზების ის ნაწილები და სახალხო მეურნეობის ის ობიექტები, რომლებიც იმყოფებიან ღვარცოფის საშიშროების ქვეშ და სადაც პერიოდულად ხდება ღვარცოფების მიერ მათი წალეკვა-დაზიანება [9].

ინტენსიური ღვარცოფწარმოშობითა და ძლიერი ღვარცოფული გამოვლინებით ხასიათდებიან არაგვის, დიდი ლიახვის, თერგის, ივრის ზემო დინების აუზი და მდ. ალაზნის აუზის მარცხენა ნაწილი; დასავლეთით საქართველოში ენგურის, კოდორის, ყვირილას, რიონის, ცხენისწყლის აუზები. ღვარცოფების განვითარების აქტიურობით გამოირჩევიან მდინარე ილტოს, თურდოს, თელავისხევის, ვარდისუბნისხევის, კისისხევის და სხვათა აუზები. მცირე კავკასიონზე აქტიურ ღვარცოფულ რაიონებს მიეკუთვნებიან მდ. ალგეთისა და ქცია-ხრამის აუზები. ეს ღვარცოფები ძირითადად ქვაწყლიანი ტიპისაა, იშვიათად - ქვატალახიანი.

საქართველოს მთელი ტერიტორიის 12,1% უჭირავს პირველი კატეგორიის ღვარცოფსაშიშროაიონს, რომელის ვრცელდება დიდი კავკასიონის სამხრეთი ფერდობის ნაწილზე, ცივგომბორის მთის ცენტრალური ნაწილზე (თელავისხევი, თურდო, მაწანწარა)

მეორე კატეგორიის ღვარცოფსაშიში (10,2%) მოიცავს დიდი კავკასიონის დასავლეთ ნაწილს თრიალეთის ქედის აღმოსავლეთ ნაწილს და ჯავახეთის ქედის აღმოსავლეთ ნაწილს.

მესამე კატეგორიის ღვარცოფსაშიში რაიონი ვრცელდება დიდ ტერიტორიაზე (32%) რომელიც ხასიათდება მცირე სიგრძის (1კმ-მდე) ნაკადით და 2 კმ²-მდე აუზის ფართობით.

შემდეგი კატეგორია მოიცავს პოტენციურად ღვარცოფსაშიშ რაიონებს (27.4%)და ბოლოს არა ღვარცოფ საშიშ ტერიტორიას უჭირავს 18.3%.

გენეზისის მიხედვით არჩევენ 4 კატეგორიას:

- ინტენსიური წვიმით გამოწვეული ღვარცოფი - 79%
- თოვლის დნობით გამოწვეული ღვარცოფი-9.5%
- გლაციალური-5.8%
- კაშხლის გარღვევით გამოწვეული ღვარცოფი - 5.6%

თვისებების მიხედვით განირჩევა სტრუქტურული და ტურბულენტური ღვარცოფი. სტრუქტურულში წყლის შემცველობა 10-12%-ია ხოლო ტურბულენტურში 70-80%.

მე-19-ე საუკუნის 90-იან წლებში ღვარცოფული მოვლენების შერბილების მიზნით, 1892 წელს თბილისში შეიქმნა სამთო-სატყეო სამსახური, რომელიც მიზნად ისახავდა ტყის გაშენებას და დაცვას ღვარცოფისგან და ტყის მასივის დამაგრებას. ღვარცოფული მოვლენების სისტემატური შესწავლა და ამ მოვლენის ანალიზი დაიწყო გასული საუკუნის 30-იან წლებში, 1941 წლის მოვლენებთან დაკავშირებით შეწყდა სამეცნიერო სამუშაოები, რომელიც განახლდა 1947 წელს.

მე-20-ე საუკუნის 40-50-იან წლებში საჭიროება შეიქმნა ღვარცოფსაწინააღმდეგო ღონისძიებების ჩატარება, რისთვისაც აუცილებელი იყო ღვარცოფის სტრუქტურის, გენეზისისა და დინამიკის შესწავლა . ამ პერიოდში (1947 წ) დამუშავებულ იქნა ღვარცოფული სახიდე ღვარცოფგამტარი გადასასვლელების დაპროექტება, რომელიც დღესაც წარმატებით იცავს, მთიან რეგიონში, საავტომობილო და სარკინიგზო გადასასვლელებს .

ასევე გასული საუკუნის 70-იან წლებში მდ.დურუჯზე და თელავისხევზე აშენდა ღვარცოფ დამცავი ნაგებობები.

3.5. თავსხმა წვიმები და წყლისმიერი ეროზიული პროცესები

წყლისმიერი ეროზია ძალზედ დიდ ზიანს აყენებს სოფლის მეურნეობის რიგ დარგებს, განსაკუთრებით კი სოფლის მეურნეობას. მისი ხელშეწყობით ხდება დიდი რაოდენობით ნიადაგის ნაყოფიერი ფენის კარგვა, წყალსადინარებისა და წყალსატევების დაბინძურება და ნაშალი მასალით ამოვსება, გრუნტის წყლების ჰიდროლოგიური რეჟიმის გაუარესება. წყლისმიერი ეროზიის შედეგად გამოსაყენებლად უვარგისი ხდება სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები. განსაკუთრებით ხელსაყრელი პირობები წყლისმიერი ეროზიისათვის იქმნება მთიან რეგიონებში.

წყლისმიერი ეროზიისაგან მიწის რესურსების დაცვის პრობლემის სტრატეგია დაფუძნებულია სხვადასხვა ეტაპზე ეროზიული პროცესების პროგნოზირების სიზუსტეში, რომელიც თავის მხრივ მოიცავს წვიმის ინტენსივობის და ფილტრაციული ნაკადების განსაზღვრას სხვადასხვა ქანობის შემთხვევისათვის.

ეროზიული პროცესების რაოდენობრივი პროგნოზირების მეთოდები ეფუძნება ზედაპირული ნაკადის არაგამრეცხ სიჩქარეებს, რომლებიც თუ გადააჭარბებს კრიტიკულ მნიშვნელობას, იწყება ეროზია. ასევე მნიშვნელოვანია ფილტრაციის გავლენა ზედაპირულ ჩამონადენზე. აქედან გამომდინარე ნაშრომის მიზანს წარმოადგენს ფილტრაციის გავლენის გათვალისწინება კრიტიკულ არაგამრეცხი ზედაპირული ნაკადების სიჩქარეების გაანგარიშების დროს. საქართველოს ტერიტორია გამოირჩევა მოსული ატმოსფერული ნალექების დიდი ცვალებადობით. დიდი რაოდენობის ატმოსფერული ნალექებით ხასიათდება შავი ზღვის სამხრეთ-აღმოსავლეთ სანაპიროს ზოლი, ხოლო მინიმალურით კი საქართველოს ტერიტორიის სამხრეთ აღმოსავლეთი. მოსული ატმოსფერული ნალექების ნაწილი იხარჯება ნიადაგის გასატენიანებლად, ინფილტრაციაზე და აორთქლებაზე, ხოლო დარჩენილი ნაწილი კი

ქმნის ზედაპირულ ჩამონადენს, რომელიც ინტენსიური წვიმების დროს იწვევს ნიადაგის ეროზიას. ამ თვალსაზრისით ძალზედ საშიშია თავსხმა წვიმები.

წლის თბილ პერიოდში მოსული ხშირი ხანმოკლე ატმოსფერული ნალექები არ ქმნიან ზედაპირულ ჩამონადენს, ისინი მთლიანად შეიწოვება ნიადაგში, მაგრამ არაინტენსიური ხანგრძლივი წვიმებით, როდესაც ნიადაგის ზედა ფენა გაჯერებულია ტენით, ფორმირდება ზედაპირული ჩამონადენი და იწყება ნიადაგის ეროზია.

რელიეფის მახასიათებლებიდან, რომლებიც ზემოქმედებენ წყლისმიერი ეროზიის ინტენსივობაზე, აღსანიშნავია ფერდის სიგრძე და ექსპოზიცია, ქანობი და მიკრორელიეფი. ფერდობის სიგრძეს ყველაზე დიდი გავლენა აქვს წყლისმიერ ეროზიაზე, რადგანაც სიგრძის მატებასთან ერთად იზრდება ფერდობზე ჩამოდინებული წყლის მასა, რის შედეგადაც იზრდება ნაკადის სიჩქარე და ენერგია. ამიტომ ფერდობის სიგრძის ზრდასთან ერთად იზრდება ეროზირებული პროცესების ზრდის საშიშროება.

ფერდობის სიგრძესთან ერთად ეროზიულ პროცესებზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ზედაპირის ქანობი. რაც უფრო დიდია ქანობი, მით უფრო ხელსაყრელ პირობებში იქმნება ეროზიული პროცესებისათვის. კვლევებით დადგენილია, რომ ზედაპირის კრიტიკული ქანობი 3°-ია, რომლის დროსაც იწყება ნიადაგის ნაწილაკების გარეცხვა. აქვე უნდა აღვნიშნოთ, რომ ეს არ ნიშნავს იმას, რომ ნაკლები ქანობის დროს ნიადაგის ეროზიას ადგილი არა აქვს.

ფერდობის სიგრძესა და ქანობთან ერთად დიდ გავლენას ახდენს მისი კონფიგურაცია. ფერდობის პროფილი შეიძლება იყოს ბრტყელი, ამოხნექილი ან ჩაზნექილი. სწორხაზოვანი პროფილის შემთხვევაში ეროზიული პროცესები ვითარდება ფერდობის ქვედა ნაწილში. ამოხნექილი პროფილის ფერდობებზე ეროზიული პროცესები უფრო ინტენსიურია, ვიდრე ჩაზნექილი პროფილის ფერდობებზე.

მთის ფერდობებზე ფილტრაციის გათვალისწინებით გაზრდილი ეროზიული პროცესების ძირითადი მიზეზია ფერდობული ნაკადის ფსკერული სიჩქარეების ზრდა. ამ პროცესის წარმოსადგენად, გამოვიყენოთ ც. მირცხულავას ეროზიული პროცესების საანგარიშო ფორმულა

$$W = \int_0^L \alpha w d \left(\frac{u_{\Delta}^2}{u_{\Delta H}} - 1 \right) dx \quad (3.1)$$

სადაც, W - ეროზირებული ნიადაგის მოცულობა; w - პულსაციური სიჩქარეების საშუალო სიხშირე; d - გრუნტის აგრეგატების დიამეტრია; α - პროპორციულობის კოეფიციენტი; H_{Δ} - წყლის ფსკერული აქტუალური სიჩქარე; $U_{\Delta H}$ - ფსკერული დასაშვები (არაგამრეცხი) სიჩქარეებია.

ერთეულოვანი სიგანის მთის ფერდობებზე წყლის ნაკადის მოძრაობის უწყვეტობის განტოლებას შემდეგი სახე აქვს:

$$\frac{dQ}{dx} = J - V_0 \quad (3.2)$$

სადაც, Q - ფერდობული ჩამონადენის წყლის ხარჯია; Y - ატმოსფერული ნალექების (წვიმის) ინტენსივობა; ხოლო V_0 - ნიადაგში ნაკადის ფილტრაციის სიჩქარეა.

Q , Y და V_0 წარმოადგენენ საშუალო სიდიდეებს მოსული წვიმის დროს. იგულისხმება, რომ წვიმის ინტენსივობა და ფილტრაციის სიჩქარე ფერდობის სიგრძეზე არ იცვლება. წყალგამყოფზე კი ფერდობული ჩამონადენის ხარჯი ნულის ტოლია. ამიტომ (2) განტოლების ინტეგრირება გვამძღვეს შემდეგ გამოსახულებას:

$$Q = (Y - V_0)x \quad (3.3)$$

შეზი-მანინგის ფორმულის დახმარებით (3) განტოლებიდან ვიღებთ:

$$h = \left[\frac{n(Y - V_0)}{\sqrt{i}} \right]^{\frac{5}{3}} \cdot x^{\frac{5}{3}} \quad (3.4)$$

სადაც, h - ფერდობული ნაკადის სიღრმეა; n - კი წინააღმდეგობის კოეფიციენტი; i - ფერდის ქანობია.

(3.4) ფორმულის გათვალისწინებით (3.1) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$q = 1.1 \cdot 10^{-6} \cdot wd \left[\frac{i^{0.7} \Delta^{\frac{1}{3}} (Y - V_0)^{0.6}}{n^{\frac{1}{3}} U_{\Delta H}^2} \cdot x^{0.6} - 1 \right] \quad (3.5)$$

ამ შემთხვევაში q არის დროის ერთეულში წყლის ნაკადის მიერ მოწყვეტილი გრუნტის ნაწილაკების ჯამური მოცულობა.

მივცეთ (5) განტოლებას ანგარიშებისათვის უფრო ხელსაყრელი სახე. ამისათვის შეზი-
მანინგის ფორმულის გამოყენებით ფერდობული ნაკადის ფსკერული სიჩქარე ჩავწეროთ
შემდეგი სახით:

$$U_{\Delta} = \frac{\sqrt{i \cdot \Delta s}^{\frac{1}{2}}}{n} \cdot h^{\frac{1}{2}} \quad (3.6)$$

(3.4) განტოლებიდან ვიღებთ:

$$x = \frac{n(Y-V_0)}{\sqrt{i}} \cdot h^{\frac{5}{2}} \quad (3.7)$$

$$dx = \frac{5n(Y-V_0)}{\sqrt{i}} \cdot h^{\frac{3}{2}} \cdot dh \quad (3.8)$$

(3.8) განტოლების გათვალისწინებით (3.1) განტოლება მიიღებს შემდეგ სახეს:

$$q = 1.1wd \left[\frac{h}{h_d} - 1 \right] \quad (3.9)$$

სადაც, h_d - არის ფერდობული ნაკადის დასაშვები სიღრმე და ტოლია:

$$h_d = \frac{n^2 U_{\Delta}^2 d}{i \cdot \Delta s} \quad (3.10)$$

(3.9) განტოლების ინტეგრირებით dx ღერძის მიმართ x_0 -დან x -მდე და მარტივი
გარდაქმნების შემდეგ მივიღებთ:

$$T \int_{x_0}^x q dx = \frac{5.5 \cdot 10^{-6} T w d \sqrt{i}}{8n(Y-V_0)} \cdot \frac{h^{\frac{5}{2}} - h_d^{\frac{5}{2}}}{h_d} - 1.1 \cdot 10^{-6} w d (x - x_0) T \quad (3.11)$$

(3.11) ფორმულის საშუალებით ეროზიის ინტენსივობის გაანგარიშებისას h სიღრმის
განსაზღვრა ხდება (3.4) ფორმულით, ხოლო დასაშვები სიღრმის (h_d)-სი (3.10)
ფორმულით.

ცდების ან ველზე დაკვირვებების დროს ადგენენ ჩამონადენის კოეფიციენტს σ_{Δ} ,
რომელიც დაკავშირებულია წვიმის ინტენსივობაზე და ფილტრაციის სიჩქარეზე
 $Y - V_0 = \sigma_{\Delta} Y$. აქედან გამომდინარე ფილტრაციის საშუალო სიჩქარე შეიძლება
განისაზღვროს შემდეგი ფორმულით:

$$V_0 = Y(1 - \sigma_\Delta) \quad (3.12)$$

საქართველოში ეროდირებულია და პოტენციურად დაზიანებულია წყლისმიერი ეროზიით მთის ფერდობებზე არსებული 3.0 მლნ ჰექტარი სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები (იხ. ცხრილი 3.11).

ცხრილი 3.11 საქართველოში სასოფლო-სამეურნეო სავარგული მიწების განაწილება ქანობების მიხედვით

	სავარგულ ები ათასი, ჰა	მათ შორის ფართობები, რომელთა ქანობები, გრადუსებში				ეროდირებული ფართობები	
		2-5	5-10	10-15	<15	ჰა	%
აღმოსავლეთ საქართველო	492.6	121.9	40.2	38.5	10.4	211	42.8
დასავლეთ საქართველო	456.0	35.0	13.3	13.3	5.6	79.2	50.0

ჩვენს მიერ შემოთავაზებული გაანგარიშების სქემით და ფორმულებით (5) და (11) გამოთვლილ იქნა საქართველოს სხვადასხვა რეგიონებისათვის ეროდირებული ნიადაგის მოცულობა 3°, 5°, 7°, 10° და 15° დახრილობის ფერდობებიდან. სხვა პარამეტრების მნიშვნელობები, რომლებიც აუცილებელია გაანგარიშებებისათვის შემდეგია: $n=0.025$; $\sigma_\Delta=0.1$; $U_{\Delta d}=0.1$ მ/წმ. წვიმის ხანგრძლივობა და ინტენსივობა აღებულ იქნა ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემებიდან. მიღებული შედეგები მოცემულია ცხრილებში 3.12-3.17

ცხრ. 3.12, იმერეთი

ქანობი i	წვიმის ხანგრძ. T , წთ	წყალტუბო			ტყიბული		
		ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. Y , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი	ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. Y , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი
3° (0.05)	5	1.64	2.5	0.00090	1.42	2.0	0.00071
	10	2.83	2.0	0.00071	2.43	1.6	0.00060
	20	4.87	1.6	0.00058	3.51	1.0	0.00036
	30	6.98	1.5	0.00054	4.87	0.9	0.00032
	60	13.32	1.4	0.00049	7.21	0.6	0.00021
5°	5	2.42	2.5	0.00067	2.10	2.0	0.00052

(0.09)	10	4.19	2.0	0.00053	3.63	1.6	0.00044
	20	7.25	1.6	0.00043	5.30	1.0	0.00027
	30	10.42	1.5	0.00040	7.40	0.9	0.00024
	60	19.92	1.4	0.00037	11.17	0.6	0.00016
7° (0.12)	5	3.11	2.5	0.00060	2.70	2.0	0.00045
	10	5.40	2.0	0.00043	4.68	1.6	0.00039
	20	9.36	1.6	0.00038	6.89	1.0	0.00029
	30	13.46	1.5	0.00035	9.64	0.9	0.00020
	60	25.75	1.4	0.00032	14.68	0.6	0.00013
10° (0.19)	5	4.33	2.5	0.00046	3.77	2.0	0.00036
	10	7.53	2.0	0.00036	6.55	1.6	0.00030
	20	13.09	1.6	0.00030	9.71	1.0	0.00019
	30	18.85	1.5	0.00027	13.61	0.9	0.00016
	60	36.10	1.4	0.00025	20.90	0.6	0.00011
15° (0.26)	5	5.42	2.5	0.00039	4.72	2.0	0.00030
	10	9.44	2.0	0.00031	8.22	1.6	0.00026
	20	16.43	1.6	0.00025	12.33	1.0	0.00016
	30	23.68	1.5	0.00023	17.15	0.9	0.00014
	60	45.35	1.4	0.00021	26.46	0.6	0.00009

ცხრ. 3.13 კახეთი

ქანობი <i>i</i>	წვიმის ხანგრძ. <i>T</i> , წთ	თელავი			ლაგოდეხი		
		ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი	ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი
3° (0.05)	5	2.41	4.5	0.00161	1.97	3.3	0.00118
	10	3.94	3.3	0.00118	3.70	3.0	0.00107
	20	6.03	2.2	0.00079	6.03	2.2	0.00079
	30	8.49	2.0	0.00071	7.61	1.7	0.00060
	60	13.32	1.4	0.00049	11.96	1.2	0.00043
5° (0.09)	5	3.52	4.5	0.00112	2.89	3.3	0.00088
	10	5.75	3.3	0.00088	5.44	3.0	0.00080
	20	8.92	2.2	0.00059	8.92	2.2	0.00059
	30	12.58	2.0	0.00051	11.32	1.7	0.00045
	60	19.92	1.4	0.00037	17.98	1.2	0.00032
7° (0.12)	5	4.50	4.5	0.00105	3.70	3.3	0.00077
	10	7.41	3.3	0.00077	6.98	3.0	0.00070
	20	11.47	2.2	0.00052	11.47	2.2	0.00052
	30	16.19	2.0	0.00046	14.59	1.7	0.00039
	60	25.75	1.4	0.00032	12.30	1.2	0.00028
10° (0.19)	5	6.93	4.5	0.00082	5.15	3.3	0.00061
	10	10.29	3.3	0.00060	9.70	3.0	0.00055
	20	15.99	2.2	0.00041	15.99	2.2	0.00041

	30	22.60	2.0	0.00036	20.41	1.7	0.00031
	60	36.10	1.4	0.00025	32.73	1.2	0.00022
15° (0.26)	5	7.79	4.5	0.00070	6.44	3.3	0.00052
	10	12.87	3.3	0.00052	12.14	3.0	0.00047
	20	20.04	2.2	0.00035	20.04	2.2	0.00035
	30	28.60	2.0	0.00031	25.60	1.7	0.00026
	60	45.35	1.4	0.00020	41.16	1.2	0.00018

ცხრ 3.14, მცხეთა-მთიანეთი

ქანობი <i>i</i>	წვიმის ხანგრძ. <i>T</i> , წთ	დუშეთი			ფასანაური		
		ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი	ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი
3° (0.05)	5	2.23	4.0	0.00144	1.51	2.2	0.00079
	10	3.54	2.8	0.00101	2.54	1.7	0.00060
	20	4.66	1.5	0.00054	5.07	1.7	0.00060
	30	6.33	1.3	0.00047	6.98	1.5	0.00052
	60	8.95	0.8	0.00028	8.95	0.8	0.00050
5° (0.09)	5	3.27	4.0	0.00107	2.23	2.2	0.00059
	10	5.21	2.8	0.00075	3.77	1.7	0.00045
	20	6.95	1.5	0.00054	7.54	1.7	0.00045
	30	9.48	1.3	0.00047	10.42	1.5	0.00032
	60	13.66	0.8	0.00028	13.66	0.8	0.00021
7° (0.12)	5	4.18	4.0	0.00094	2.87	2.2	0.00051
	10	6.68	2.8	0.00066	4.86	1.7	0.00039
	20	8.98	1.5	0.00035	9.73	1.7	0.00039
	30	12.27	1.3	0.00031	13.46	1.5	0.00028
	60	17.82	0.8	0.00018	17.82	0.8	0.00018
10° (0.19)	5	5.80	4.0	0.00074	4.00	2.2	0.00041
	10	9.30	2.8	0.00052	6.80	1.7	0.00031
	20	12.57	1.5	0.00024	13.60	1.7	0.00031
	30	17.22	1.3	0.00024	18.85	1.5	0.00026
	60	25.22	0.8	0.00015	25.22	0.8	0.00014
15° (0.26)	5	7.24	4.0	0.00063	5.01	2.2	0.00035
	10	11.63	2.8	0.00044	8.53	1.7	0.00026
	20	15.78	1.5	0.00023	17.03	1.7	0.00026
	30	21.64	1.3	0.00021	23.68	1.5	0.00023
	60	31.83	0.8	0.00012	31.33	0.8	0.00012

ცხრილი 3.15 რაჭა და აჭარა

ქანობი <i>i</i>	წვიმის ხანგრძ. <i>T</i> , წთ	რაჭა (ამბროლაური)			აჭარა (ქობულეთი)		
		ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი	ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი
3° (0.05)	5	1.27	1.7	0.00060	1.73	2.7	0.00097
	10	2.11	1.3	0.00047	2.64	1.8	0.00065
	20	3.51	1.0	0.00036	4.66	1.5	0.00054
	30	4.44	0.8	0.00030	6.33	1.3	0.00047
	60	7.21	0.6	0.00021	8.95	0.8	0.00028
5° (0.09)	5	1.89	1.7	0.00045	2.54	2.7	0.00072
	10	3.16	1.3	0.00035	3.32	1.8	0.00048
	20	5.30	1.0	0.00027	6.95	1.5	0.00040
	30	6.83	0.8	0.00021	9.48	1.3	0.00035
	60	11.17	0.6	0.00016	13.66	0.8	0.00021
7° (0.12)	5	2.43	1.7	0.00039	3.26	2.7	0.00063
	10	4.09	1.3	0.00030	5.05	1.8	0.00042
	20	6.89	1.0	0.00023	8.98	1.5	0.00035
	30	8.91	0.8	0.00017	12.27	1.3	0.00030
	60	14.68	0.6	0.00013	17.82	0.8	0.00018
10° (0.19)	5	3.49	1.7	0.00031	4.54	2.7	0.00049
	10	5.74	1.3	0.00024	6.05	1.8	0.00033
	20	9.71	1.0	0.00019	12.57	1.5	0.00027
	30	12.61	0.8	0.00014	17.22	1.3	0.00024
	60	20.90	0.6	0.00011	25.22	0.8	0.00015
15° (0.26)	5	4.27	1.7	0.00026	5.69	2.7	0.00042
	10	7.21	1.3	0.00021	8.84	1.8	0.00028
	20	12.23	1.0	0.00016	15.73	1.5	0.00023
	30	15.91	0.8	0.00012	21.64	1.3	0.00022
	60	26.46	0.6	0.00009	31.33	0.8	0.00010

ცხრ 3.16 ქართლი

ქანობი <i>i</i>	წვიმის ხანგრძ. <i>T</i> , წთ	ქართლი (გორი)			ბორჯომი		
		ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი	ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი
3° (0.05)	5	1.16	1.5	0.00054	1.51	2.2	0.00079
	10	1.88	1.1	0.00039	2.33	1.5	0.00054
	20	3.51	1.0	0.00036	3.99	1.2	0.00043
	30	4.47	0.7	0.00028	4.87	0.9	0.00032
	60	5.23	0.4	0.00015	6.26	0.5	0.00017
5° (0.09)	5	1.74	1.5	0.00040	2.23	2.2	0.00059

	10	2.83	1.1	0.00029	3.47	1.5	0.00040
	20	5.30	1.0	0.00027	5.99	1.2	0.00032
	30	6.83	0.7	0.00021	7.40	0.9	0.00024
	60	8.83	0.4	0.00011	9.81	0.5	0.00013
7° (0.12)	5	2.24	1.5	0.00035	2.87	2.2	0.00051
	10	3.67	1.1	0.00025	4.48	1.5	0.00035
	20	6.89	1.0	0.00023	7.77	1.2	0.00032
	30	8.91	0.7	0.00018	9.64	0.9	0.00021
	60	11.07	0.4	0.00010	12.65	0.5	0.00011
10° (0.19)	5	3.14	1.5	0.00027	4.00	2.2	0.00041
	10	5.16	1.1	0.00020	6.28	1.5	0.00029
	20	9.71	1.0	0.00019	10.91	1.2	0.00022
	30	12.71	0.7	0.00015	13.61	0.9	0.00016
	60	15.94	0.4	0.00009	18.52	0.5	0.00009
15° (0.26)	5	3.95	1.5	0.00023	5.01	2.2	0.00035
	10	6.49	1.1	0.00016	7.89	1.5	0.00023
	20	12.23	1.0	0.00015	13.72	1.2	0.00018
	30	15.91	0.7	0.00011	17.15	0.9	0.00014
	60	20.30	0.4	0.00006	23.50	0.5	0.00007

ცხრ. 3.17 გურია

ქანობი <i>i</i>	წვიმის ხანგრძ. <i>T</i> , წთ	გურია (ოზურგეთი)			სამეგრელო (მარტვილი)		
		ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი	ეროზ. ნიადაგ. რაოდ. ტ/ჰა	წვიმის ინტენს. <i>Y</i> , მმ/წთ	ფილტრაციის კოეფიციენტი
3° (0.05)	5	1.94	2.5	0.00114	1.75	2.5	0.00095
	10	3.05	2.0	0.00091	2.98	2.0	0.00083
	20	5.37	1.6	0.00078	6.12	1.6	0.00062
	30	7.28	1.5	0.00074	7.98	1.5	0.00051
	60	14.95	1.4	0.00067	14.35	1.4	0.00047
5° (0.09)	5				2.84	2.5	0.00087
	10				4.37	2.0	0.00063
	20				8.25	1.6	0.00053
	30				11.41	1.5	0.00050
	60				21.32	1.4	0.00039
7° (0.12)	5				3.51	2.5	0.00067
	10				5.94	2.0	0.00052
	20				10.26	1.6	0.00041
	30				13.86	1.5	0.00038
	60				26.01	1.4	0.00032
10° (0.19)	5	6.33	2.5	0.00064	4.73	2.5	0.00056
	10	9.53	2.0	0.00056	8.21	2.0	0.00046
	20	15.12	1.6	0.00042	13.49	1.6	0.00038

	30	20.03	1.5	0.00039	19.27	1.5	0.00031
	60	38.85	1.4	0.00034	36.10	1.4	0.00025
15° (0.26)	5				6.12	2.5	0.00041
	10				10.02	2.0	0.00036
	20				16.83	1.6	0.00029
	30				24.01	1.5	0.00025
	60				45.75	1.4	0.00021

შედეგების მიხედვით საქართველოს მასშტაბით ვიღებთ დაახლოებით მსგავს სურთას, დახრილობის მატებასთან და წვიმის ხანგრძლივობის და ინტენსივობის გაზრდასთან ერთად იკლებს ფილტრაციის კოეფიციენტი და იზრდება ეროზიის ინტენსივობა. წვიმის ინტენსივობა შედარებით ნაკლებია შიდა ქართლისა და სამცხე ჯავახეთის რეგიონებში, ამიტომ აქ წვიმის ხანგრძლივობის მიუხედავად ეროზიის ინტენსივობა შედარებით მცირეა. ეროზიის ინტენსივობის მაღალი მაგნიტუდებით გამოირჩევა ზემო იმერეთის, რაჭის და ზემო აჭარის მაღალმთიანი რაიონები.

3 დან 5 გრადუსამდე დახრილობის ფერდობებისათვის ეროზიის ინტენსივობა შეიძლება ჩაითვალოს საშუალოდ 5-7ტ/ჰა, ხოლო 7-10 გრადუსიანი დახრილობის ფერდობებისათვის ძლიერი 8-15 ტ/ჰა, ხოლო 15 გრადუსიანი დახრილობის ეროზიის ინტენსივობა ძალზე მაღალია 15 ტ/ჰა-ზე მეტი. ხოლო თუ იმასაც გავითვალისწინებთ რომ რომ კლიმატის ცვლილების შესაბამისად გაიზრდება თავსხმა წვიმების რაოდენობა, და საქართველოს მთიანი რელიეფიდან გამომდინარე სავარგულების დიდი ნაწილი 5-10 გრადუსიან ფერდობებზეა განლაგებული შეილება ჩავთვალოთ რომ ქვეყნის მთელ რეგიონში ეროზიული პროცესების ინტენსივობა არის მაღალი.

წყლისმიერი ეროზიის საწინააღმდეგო კომპლექსურ თუ ინდივიდუალურ ღონისძიებებში ეკოლოგიური მდგრადობის თვალსაზრისით მნიშვნელოვანი როლი ეკისრება სპეციალური ზვინულების მოწყობას, რომლის ძირითადი არსი ზვინულების ტანში ფორმირებული ზედაპირული წყლის ნაკადის ფილტრაციის შემცირებაში მდგომარეობს.

თავი 4. სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების განაწილება და პრევენციული ღონისძიებები

4.1. სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური პროცესების მონიტორინგი, პრევენცია, პროგნოზირება და ადრეული გაფრთხილების სისტემა

საქართველოში ბუნებრივ პროცესებზე მონიტორინგი და სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების აღრიცხვა ძალზედ დიდი ხანია წარმოებს და დაკვირვების მონაცემები 100 წელზე მეტ პერიოდს მოიცავს. სხვადასხვა სახის ბუნებრივ პროცესებზე, საფრთხეების შეფასებისას ქვეყანაში გამოიყენება სხვადასხვა სახის მეთოდოლოგიები, რომელიც ძირითადად ემპირიული სახისაა. საფრთხეების გამოვლენისას ძირითადად გამოიყენება მრავალწლიური სტატისტიკური ანალიზის მეთოდი, რაც საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ მხოლოდ ფონური განაწილების რუკები. იმისათვის, რომ მომზადდეს მსხვილმასშტაბიანი რუკები, რომლებსაც პრაქტიკული დანიშნულება ექნება და რომლის საფუძველზეც საფრთხის შემცველ ზონებში აიკრძალება როგორც დასახლება, აგრეთვე ყველა სახის სამეურნეო-სამეწარმეო დანიშნულების საქმიანობის განხორციელება, საჭიროა ქვეყნის მასშტაბით განხორციელდეს გეოდეზიური და ჰიდრომეტრული სამუშაოები, რის საფუძველზეც ჩატარდება ჰიდრაულიკური, ჰიდროლოგიური და გეოფიზიკური მოდელირებები.

ამჟამად, საქართველოს გააჩნია სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური საფრთხეების ფონური განაწილების (1:2 000 000 მასშტაბის) რუკები, რომელთა ბაზისად გამოყენებულია ჰიდრომეტეოროლოგიურ პარამეტრებზე და ქვეყნის ტერიტორიაზე აღრიცხულ სტიქიურ ჰიდრომეტეოროლოგიურ მოვლენებზე დაკვირვებების მრავალწლიური სტატისტიკური მონაცემები. გარემოს ეროვნულ სააგენტოში, 2006 წლიდან, დონორი ორგანიზაციებისა და ქვეყნების მიერ არაერთხელ განხორციელებულა სხვადასხვა სახის პროექტები, რომლის ფარგლებშიც მომხდარა ბუნებრივი საფრთხეების შეფასება (ძირითადად წყალდიდობა/წყალმოვარდნებზე), თუმცა უნდა აღინიშნოს, რომ ყველა პროექტში სხვადასხვა პროგრამული უზრუნველყოფითა და მეთოდოლოგიებით ხდებოდა საფრთხეებისა და რისკების

შეფასება. აგრეთვე პროექტთა მასშტაბი საკმაოდ მცირე ტერიტორიებს მოიცავდა. საყურადღებოა კლიმატის ადაპტაციის ფონდის მიერ რიონის აუზში მიმდინარე პროექტი - “წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების მართვის კლიმატისადმი მედეგი პრაქტიკის შემუშავება მოწყვლადი მოსახლეობის დასაცავად საქართველოში“, რომლის ფარგლებშიც მოხდა მოწყვლადი უბნების გამოვლენა, საფრთხეების შეფასება, მოდელირება და შემდგომ რისკების კარტირება. ამჟამად, ქვეყანაში ფუნქციონირებს 43 მეტეოროლოგიური სადგური, 47 მეტეოროლოგიური საგუშაგო და 55 ჰიდროლოგიური საგუშაგო. გარდა ამისა, დევდორაკი-ამალის ხეობაში დამონტაჟებულია განგაშის სისტემა.

2014-2018 წლებში განხორციელებულია მნიშვნელოვანი შემარბილებელი ღონისძიებები, კერძოდ:

- მდ. დევდორაკ-ამალის ხეობაში დამონტაჟდა სტიქიური მოვლენების შესახებ ადრეული შეტყობინების თანამედროვე სისტემა, რომლის მიზანია საქართველოს სამხედრო გზაზე (დარიალის ხეობაში) მოძრავი ავტოსატრანსპორტო საშუალებების, აგრეთვე ლარსის სასაზღვრო გამშვებ პუნქტსა და ჰიდროელექტროსადგურზე არსებულ თანამშრომელთა ადრეული შეტყობინება ხეობაში მოსალოდნელი სტიქიური პროცესების შესახებ;
- ოპერატიულ პრაქტიკაში დაინერგა საწარმოო გაერთიანება „დელტა“-ს, „საქაერონავიგაციისა“ და თურქეთის მეტეოროლოგიური სამსახურის კუთვნილი მეტეოროლოგიური რადარებიდან მიღებული ინფორმაციის გამოყენება საქართველოს ტერიტორიაზე შესაძლო ძლიერი ნალექების და მათგან გამოწვეული წყალდიდობა/წყალმოვარდნების პროგნოზირების მიზნით;
- დამონტაჟდა და გაიმართა კლიმატის ცვლილების ადაპტაციის ფონდის პროექტის ფარგლებში შექმნილი ჰიდრომეტეოროლოგიური პარამეტრების ავტომატურად გამზომი სტაციონალური ხელსაწყო-დანადგარები და დაინერგა წყალდიდობა-წყალმოვარდნების ადრეული შეტყობინების სისტემა - „Delft-FEWS“;
- მდ. ვერეს აუზში ჩატარდა დიდი მოცულობის ჰიდრომეტრული და ტოპოგრაფიული სამუშაოები, რის შედეგად განხორციელდა წყალდიდობა -

წყალმოვარდნების შედეგად შესაძლო დატბორვის არელების განსაზღვრა და მათი კარტირება;

- მდ. ვერეს აუზში დამონტაჟდა ავტომატური ნალექმზომები და წყლის დონისმზომი ხელსაწყო-დანადგარები;
- მესტიის მუნიციპალიტეტის დაბა მესტიის, ლენჯერის, ჭუბერის, მულახის, ბეჩოსა და ნაკრას თემების ტერიტორიებისათვის მომზადდა წყალდიდობის, ღვარცოფის, მეწყერის, ქვათაცვენისა და თოვლზვავების საფრთხეების რუკები. აგრეთვე გაიცა რეკომენდაციები გასატარებელი პრევენციული ღონისძიებების შესახებ.

4.2. ქვეყნის ტერიტორიაზე სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების განაწილება რეგიონების მიხედვით

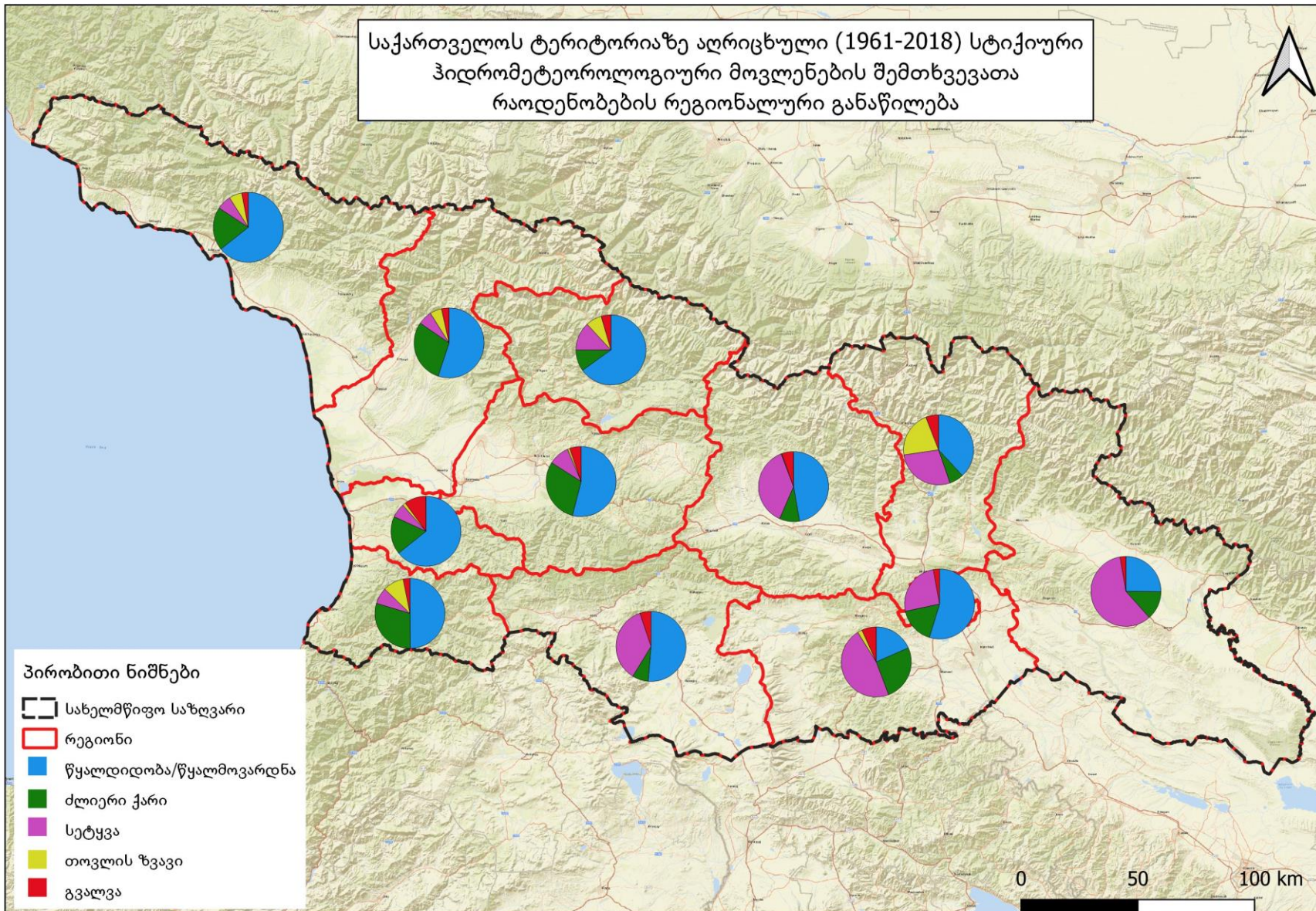
სტიქიური მოვლენების აღრიცხვა საქართველოში დაახლოებით 60-იანი წლებიდან დაიწყო. უფრო გვიანდელი მონაცემები (მე-12 საუკუნიდან) კი გაბნეულია სხვადასხვა ანგარიშების, მონოგრაფიებისა და გაზეთების სახით. ისტორიული მონაცემები ბოლო ათწლეულებამდე ქაღალდის მატარებელზე იყო წარმოდგენილი. დღეისათვის კი აღნიშნული მონაცემები ციფრულ ბაზებშია (ელ. ბაზებში) განლაგებული სხვადასხვა სახის ფორმატით. კატასტროფულ მოვლენებზე სტატისტიკური მონაცემები ზოგადი სახისაა (მოყვანილია დასახლება ან მხოლოდ მდინარე) და რთულია იდენტიფიცირება და ზუსტი ლოკაციების განსაზღვრა თუ სად მოხდა ესა თუ ის შემთხვევა.

2009-2011 წლებში, ნიდერლანდების საგარეო საქმეთა სამინისტროს მიერ დაფინანსებული პროექტის - „ინსტიტუციონალური გაძლიერება საქართველოში ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებისათვის“ ფარგლებში მოხდა 1121-2010 წლების ისტორიული მონაცემების შეგროვება, როგორც ჟურნალ-გაზეთებიდან ასევე გარემოს ეროვნული სააგენტოს მონაცემთა ბაზებიდან. აღნიშნული მონაცემებს განესაზღვრათ სტიქიური მოვლენის მოხდენის სავარაუდო გეოგრაფიული კოორდინატები და დღეისათვის ეს ინფორმაცია წარმოდგენილია სივრცითი მონაცემთა ბაზების სახით.

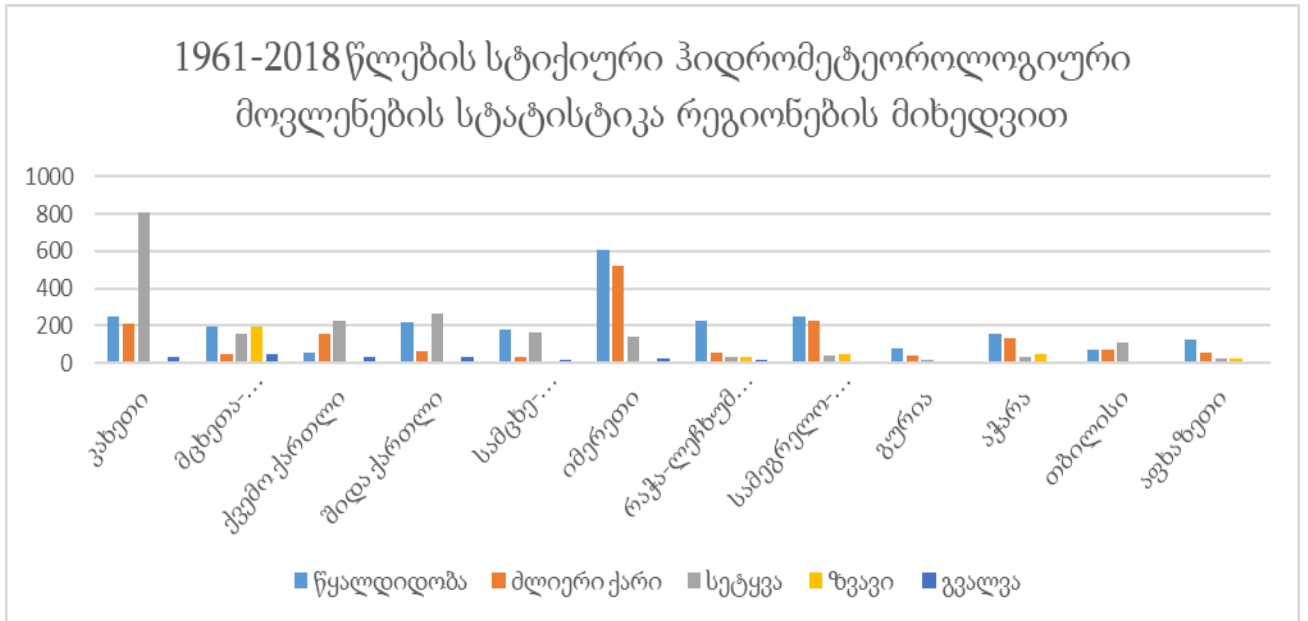
მონაცემთა ბაზებში წარმოდგენილია ყველა სახის სტიქიები, მათ შორის ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები (წყალდიდობა-წყალმოვარდნა, თოვლის ზვავები, სეტყვა, გვალვა, ძლიერი ქარები).

მონაცემების სტატისტიკური დამუშავების შედეგად გამოვლინდა სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების მიმართ ყველაზე მოწველადი და სხვადასხვა საფრთხეების შეწონვის მიხედვით ყველაზე სენსიტიური რეგიონები.

ანალიზის შედეგად, წყალდიდობა-წყალმოვარდნის მიმართ ყველაზე მოწველად რეგიონად იმერეთი გამოვლინდა, სადაც შემთხვევათა რაოდენობის ყველაზე მეტი მაჩვენებელი აღინიშნა.



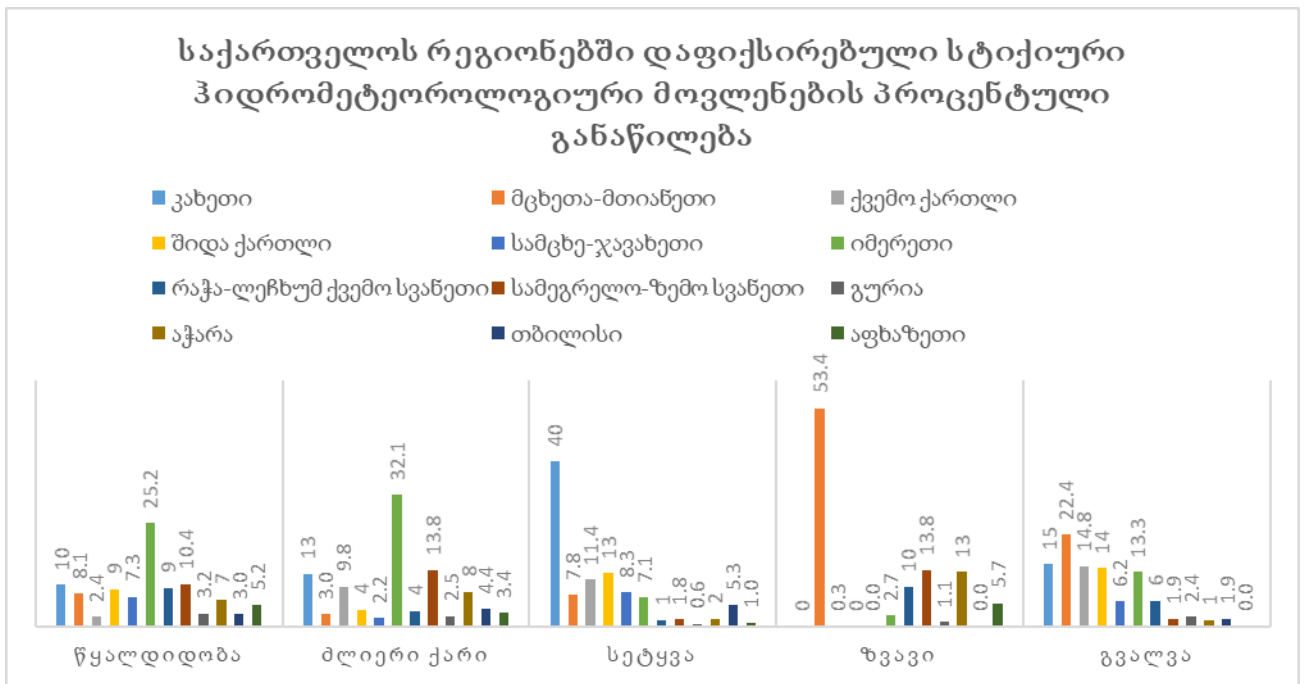
სურ. #. 4.1. საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შემთხვევათა რაოდენობების რეგიონალური განაწილება



სურ. 4.2. 1961-2018 წლების სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების სტატისტიკა რეგიონების მიხედვით

სტატისტიკურმა ანალიზმა აგრეთვე გვიჩვენა, რომ ქვეყნის ტერიტორიაზე ყველაზე ხშირად დაფიქსირებული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენებიდან წყალდიდობა-წყალმოვარდნებია, რომელთა შემთხვევების 25,2% იმერეთის რეგიონში აღინიშნება. ყველაზე ნაკლები შემთხვევათა რაოდენობით კი გვალვა და თოვლის ზვავები გამოირჩევა. თოვლის ზვავები განსაკუთრებით მცხეთა-მთიანეთის რეგიონს უქმნის პრობლემას, რომლის შემთხვევათა რაოდენობის თითქმის 54% ამ რეგიონში ხდება. საკმაოდ მაღალი პროცენტული რაოდენობით (40%) გამოირჩევა სეტყვა კახეთის რეგიონში, დანარჩენი პროცენტების მეტი წილი კი აღმოსავლეთ საქართველოს რეგიონებზე ნაწილდება, რაც გულისხმობს იმას, რომ სეტყვის მიმართ ქვეყნის აღმოსავლეთი ნაწილი დასავლეთთან შედარებით გაცილებით მოწყვლადია.

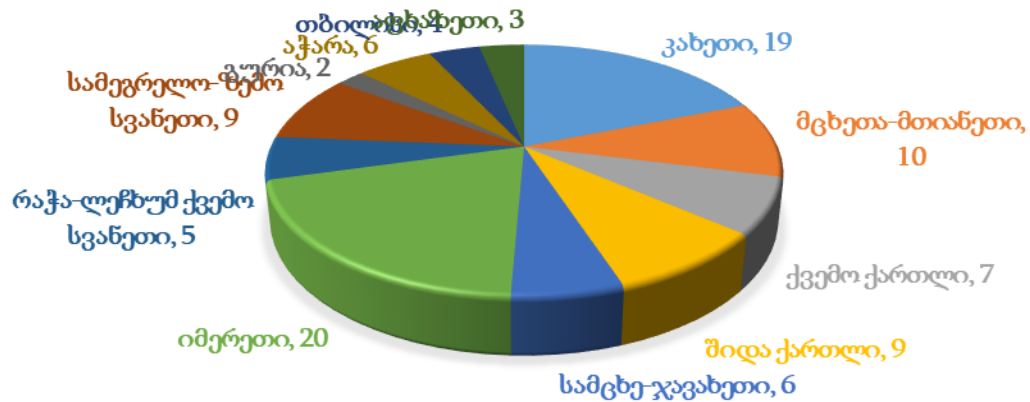
გვალვებისა და ძლიერი ქარების მიმართ იმერეთის რეგიონი ამ მხრივაც გამორჩეულია. გვალვას 13%, ხოლო ძლიერ ქარებს კი 32%-ი უკავია.



სურ. 4.3. რეგიონებში დაფიქსირებული სტიქიური მოვლენების პროცენტული მაჩვენებელი

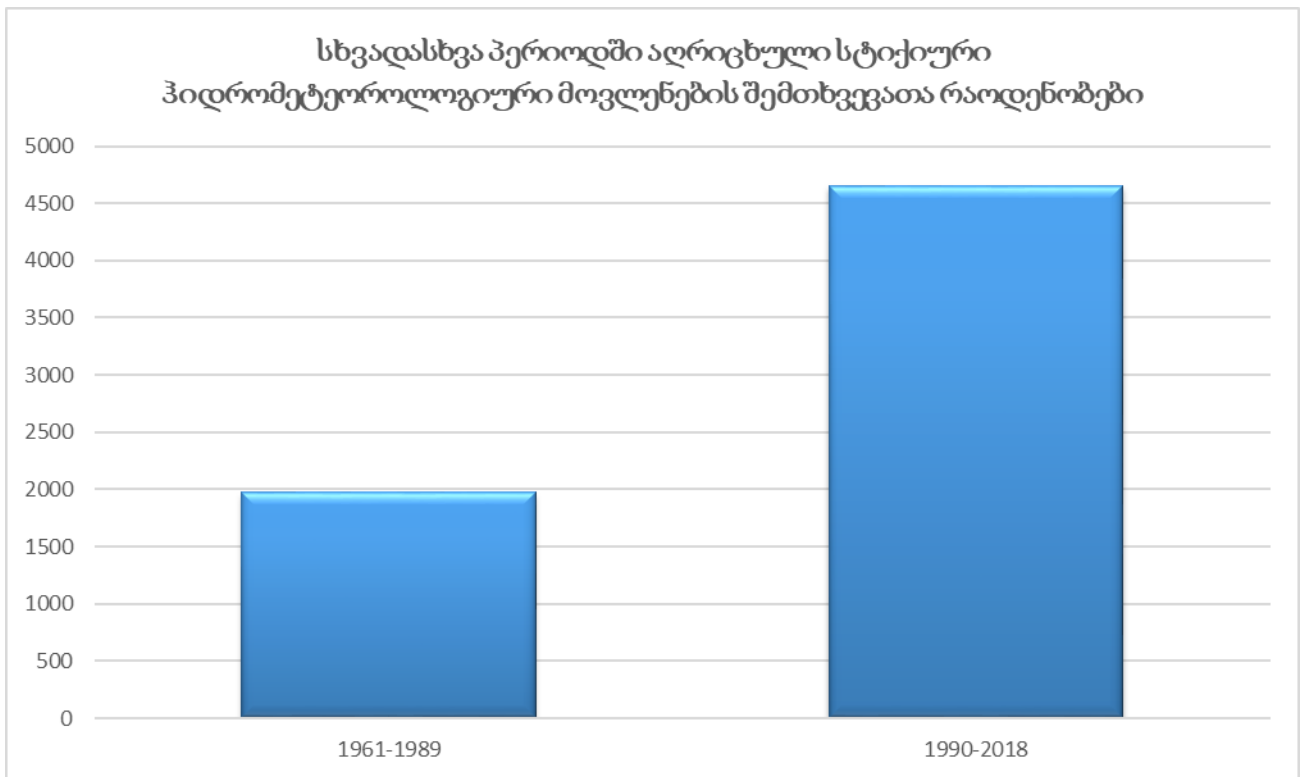
სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების პროცენტული განაწილების მიხედვით, აფხაზეთის რეგიონში თითქმის ორჯერ უფრო ნაკლები სტიქიური მოვლენა ფიქსირდება ვიდრე თბილისის რეგიონში. არადა ფართობის მიხედვით აფხაზეთის მხარე დაახლოებით 17-ჯერ უფრო დიდი ტერიტორიაა, გაცილებით დიდი ჰიდროგრაფიული ქსელით, რთულად დანაწევრებული გეომორფოლოგიითა და რაც ყველაზე მთავარია ატმოსფერული ნალექების საკმაოდ დიდი რაოდენობით, რომელიც მთიან რაიონებში წლის განმავლობაში 2000 მმ-დან 3000 მმ-მდე მერყეობს. აგრეთვე ქვეყნის ტერიტორიაზე, სინოპტიკური პროცესები ძირითადად ჩრდილო-დასავლეთიდან ვითარდება, შესაბამისად სურ.4.3 -ში მოყვანილი სტატისტიკა ცხადყოფს, რომ აღრიცხული სტიქიური პროცესები აფხაზეთისა და შიდა ქართლის (იგულისხმება სამაჩაბლო) რეგიონებისათვის არასაიმედოა.

სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების
პროცენტული განაწილება რეგიონების მიხედვით



სურ. 4.4. სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების პროცენტული განაწილება რეგიონების მიხედვით

ვინაიდან 1121-1960 წლების მონაცემები გაფანტულია და არასრული, მათი გამოყენება სტატისტიკური ანალიზისთვის არამიზანშეწონილია, ამიტომ გამოყენებულ იქნა 58 წლის (1961-2018) მონაცემები, რომელიც კლიმატის (30 წელი) მსგავსად ორ პერიოდად დაიყო: 1961-1989 (29 წელი) და 1990-2018 (29 წელი) (სურ.4.5). ანალიზის საფუძველზე გამოვლინდა, რომ 1990 წლიდან 2018 წლამდე აღრიცხული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შემთხვევათა რაოდენობა გაცილებით უფრო მეტია ვიდრე წინა წლებში (1961-დან 1989-მდე). ეს ფაქტი შესაძლოა განპირობებული იყოს ორი მიზეზით: პირველი ეს არის კლიმატის ცვლილება, რაც გულისხმობს ატმოსფერული ნალექების ინტენსივობისა და სიხშირის გაზრდას და მეორე ფაქტორი ესაა 1961-1989 წლებში ინფორმაციის ნაკლებობა, რადგან იმ პერიოდში ნაკლებად ან საერთოდ არ ქვეყნდებოდა ინფორმაცია სტიქიების შესახებ.

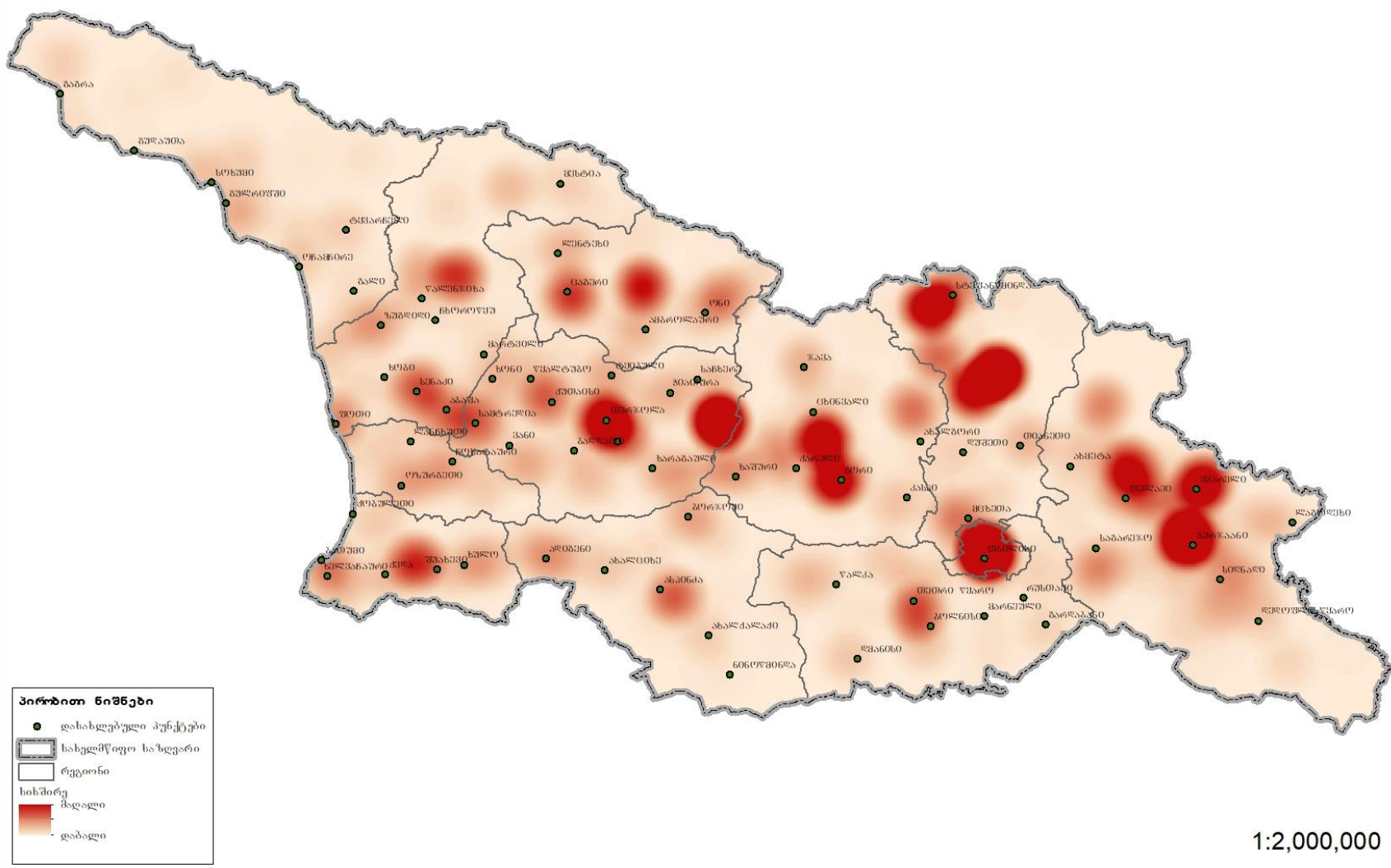


სურ. 4.5 სხვადასხვა პერიოდში აღრიცხული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების შემთხვევათა რაოდენობა

ზემოაღნიშნული სტიქიური მოვლენების მონაცემთა ბაზის საფუძველზე, გეოსაინფორმაციო სისტემის სივრცითი ანალიზის გამოყენებით, კერძოდ წერტილოვანი სიშირის ანალიზის მეთოდით შედგა საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების სიხშირის რუკა (იხ. სურ.4.6).

წერტილოვანი სიხშირის ანალიზის შედეგად, გამოვლინდა ის რაიონები, სადაც ყველაზე ხშირად ფიქსირდებოდა სხვადასხვა სახის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები, მათ შორისაა ქ. თბილისის, გორის, ქარელის, ყვარლის, გურჯაანის, თელავის, თერჯოლის და სხვ. მუნიციპალიტეტები.

საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული (1961-2018) სტიქიური
ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების სიხშირე



სურ. 4.6. საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების სიხშირე

როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ, საქართველოში დაფიქსირებული სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენებიდან ყველაზე მეტი შემთხვევა წყალდიდობა-წყალმოვარდნებზე მოდის. აღნიშნული სტიქიური მოვლენა ადამიანთა ხშირი მსხვერპლითაც გამოირჩევა. აქედან გამომდინარე, არსებული სტატისტიკური მონაცემების საფუძველზე გამოირჩა ის დასახლებული პუნქტები, სადაც წყალდიდობა-წყალმოვარდნების განმეორებადობადობა ხშირი იყო.

#	თემის სახელწოდება	მუნიციპალიტეტი	მდინარის აუზი
1	აბასთუმანი	ადიგენი	მტკვარი
2	ამბროლაური	ამბროლაური	რიონი
3	ბუგეული	ამბროლაური	რიონი
4	ცაგერი	ცაგერი	რიონი
5	ცანა	ლენტეხი	რიონი
6	ჩიხარეში	ლენტეხი	რიონი
7	ჩხუტელი	ცაგერი	რიონი
8	დარჩელი	ზუგდიდი	ენგური
9	გლოლა	ონი	რიონი
10	ჟებოტა	თიანეთი	იორი
11	კისისხევი	თელავი	ალაზანი
12	ლაგოდები	ლაგოდები	ალაზანი
13	ლასურიაში	ცაგერი	რიონი
14	ლენტეხი	ლენტეხი	რიონი
15	მადაროსკარი	დუშეთი	არაგვი
16	ნაფარეული	თელავი	ალაზანი
17	ოფურჩხეთი	წყალტუბო	რიონი
18	ორბელი	ცაგერი	რიონი
19	ქვემო ჭალადიდი	ხობი	რიონი
20	ღები	ონი	რიონი
21	შამგონა	ზუგდიდი	ენგური
22	სუფსა	ლანჩხუთი	რიონი
23	სულორი	ვანი	რიონი
24	თელავი	თელავი	ალაზანი
25	ჭალა	საჩხერე	რიონი
26	ჭერემი	გურჯაანი	ალაზანი
27	წინანდალი	თელავი	ალაზანი
28	ქონქაძე	დუშეთი	არაგვი

29	ხელედი	ლენტეხი	რიონი
30	ხევსურეთი	დუშეთი	არღუნი
31	ყვარელი	ყვარელი	ალაზანი

სურ 4.7 წყალდიდობა-წყალმოვარდნების განმეორებადობის მხრივ სენსიტიური დასახლებები

სურ. 4.7-ში მოყვანილი ცხრილის მიხედვით, შედგა წყალდიდობა-წყალმოვარდნებისადმი განსაკუთრებით მოწყვლადი დასახლებული პუნქტების საშიშროების რუკა (იხ. სურ. 4.8), რომელიც ემპირიული ცოდნის გამოყენებით სამ კატეგორიად დაიყო: ძლიერი, საშუალო და სუსტი.

4.3. საქართველოს ტერიტორიაზე, 1940 – 2020 წლების პერიოდში აღრიცხული, განსაკუთრებით საშიში სტიქიური მოვლენების გამომწვევი აეროსინოპტიკური პირობების ანალიზი

საქართველოს ტერიტორიაზე ამინდს, ატმოსფერული პროცესების ექვსი ძირითადი ტიპი განსაზღვრავს: ციმბირის ანტიციკლონი, ხმელთაშუა ზღვის ციკლონი, აზორის კუნძულების ანტიციკლონი, პოლარული აუზის ანტიციკლონი, სამხრეთის ტალღური აღრევები და ადგილობრივი ანტიციკლონები [4].

ატმოსფერული ცირკულაციის სხვადასხვა ცენტრების და სხვადასხვა წარმოშობის ჰაერის მასების გავლენის ქვეშ მდებარეობა, აგრეთვე ძალზე რთული რელიეფი საქართველოს ტერიტორიაზე ქმნიან გამორჩეულად მრავალფეროვანი და არამდგრადი ამინდის პირობებს.

საქართველოში, დედამიწაზე არსებული თითქმის ყველა სახის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური და ამინდთან დაკავშირებული გეოლოგიური ხასიათის მოვლენები დაიკვირვება.

სტიქიური ჰიდროლოგიური და გეოლოგიური მოვლენების: წყალდიდობა/წყალმოვარდნის, თოვლის ზვავის, სეტყის, ღვარცოფის და მეწყრის ძირითად მაპროვოცირებელ ფაქტორს მეტეოროლოგიური მოვლენა - ძლიერი ატმოსფერული ნალექები, გვალვის გამომწვევ ფაქტორს, პირიქით, ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში უნალექობა, ან ნალექების დეფიციტი, ხოლო ძლიერი ქარების გამომწვევი მიზეზს კი ატმოსფერული წნევის მნიშვნელოვანი გრადიენტი წარმოადგენს.

ცხრილში მოცემულია საქართველოს ტერიტორიაზე, 1940 – 2020 წლების პერიოდში აღრიცხული, განსაკუთრებით საშიში სტიქიური მოვლენების გამომწვევი აეროსინოპტიკური პირობების ანალიზი, რომლებმაც მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ზარალი ან/და ადამიანთა მსხვერპლი გამოიწვიეს.

აეროსინოპტიკური პროცესების დასადგენად სხვადასხვა სახის სინოპტიკური და თანამგზავრული მეტეოროლოგიური საარქივო ინფორმაცია იქნა გამოყენებული.

ცხრილი 5.1 საქართველოს ტერიტორიაზე აღრიცხული სხვადასხვა პერიოდის სტიქიური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენები და მათი გამომწვევი მიზეზების სინოპტიკური დახასიათება

#	თარიღი	სტიქია	გავრცელების არეალი	ზიანი	მსხვერპლი	სინოპტიკური პროცესი	სტიქიური მოვლენის გამომწვევი მიზეზების სინოპტიკური დახასიათება
1	02.07.1949	ღვარცოფი	კახეთი, ქ. ყვარელი	მდ. დურუჯის მოვარდნამ “ყაზარმაში” მცხოვრები მფრინავები და მათი ოჯახის წევრები იმსხვერპლა	56	დასავლეთის	შავი ზღვის დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. კახეთის რეგიონში აღინიშნა ძლიერი წვიმა. ყვარელში მოსული ნალექების რაოდენობამ შეადგინა 25, თელავში 53 მმ.
2	11.09.1962	წყალმოვარდნა	მახინჯაური, ჩაქვი, ხულო, ქედა. მდ. აჭარისწყალი და მისი შენაკადები, მდ. ჭოროხი, დონემ 12 სთ. აიწია 560 სმ.	ჩამორეცხა ნათესები, დაანგრია ერთი ხიდი, ერთი სახლი და გზები. დატბორა: კახაბრის დაბლობის 35-40%, დაერთო მეწყერი, რომელმაც რამოდენიმე სახლი და ხიდი დააზიანა.	1	დასავლეთის	შავი ზღვის დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. ამ პროცესს წინ უძღვოდა მაღალი ტემპერატურული ფონი, განსაკუთრებით დასავლეთ საქართველოს მთიან რეგიონებში. ნალექების რაოდენობამ შეადგინა: ბათუმსა და აჩაქვში 95 მმ, 12 სექტემბერს ქედაში 124 მმ, ბათუმში 148 მმ, ბათუმის აეროპორტში 239 მმ.

3	16.05.1966	წყალმოვარდნა	ქ.თბილისი, მარნეული, ბოლნისი, ქციას აუზი. საგარეჯოს რაიონი. ხაშური, მდ. მტკვრის აუზი. ჯვრის უღელტეხილი.	მარნეულში 26 სახლი დააზიანა; ბოლნისში 2 ხიდი; მოშალა წყალსადენის სათავე ნაგებობა და წყალსადენები.	6	დასავლეთის	პირველი დეკადა ხასიათდებოდა შედარებით გრილი და წვიმიანი ამინდებით. მეორე დეკადაში დაიწყო ტემპერატურის მნიშვნელოვანი მატება. კავკასიონის ჩრდილოეთით გავრცელებული გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები 15 მაისის დღის მეორე ნახევრიდან 16-ის დღის პირველ ნახევრამდე საქართველოში შემოდიოდა აღმოსავლეთიდან, ხოლო 16-ის დღის მეორე ნახევრიდან დასავლეთიდან. ქართლსა და კახეთში აღინიშნა ძალიან ძლიერი ნალექები: თბილისში 75, ბოლნისში 57, მუხრანში 62, კოჯორში 106, მანგლისში 74, საგარეჯოში-82 მმ. ძლიერად წვიმდა მთიან რეგიონებშიც.
4	18.04.1968	წყალდიდობა-წყალმოვარდნა	ახალქალაქის, ასპინძის, ბორჯომის მუნიციპალიტეტების. მდ მდ. ფოცხოვი, ბორჯომის წყალი, ფარავანი, მტკვარი და მისი შენაკადები	ასპინძაში და ახალციხეში დატბორა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები. ქ.ბორჯომში დაანგრია მეტალის 90მ. ხიდი, დაკიდული 80მ ხიდი, დააზიანა 52 საცხოვრებელი სახლი და ნაპირსამაგრი ნაგებობები. დატბორა წყალსაქაჩი სადგური.		დასავლეთის	შავი ზღვის სამხრეთ-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა ხმელთაშუაზღვის ციკლონთან დაკავშირებული გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. სამცხე-ჯავახეთში აღინიშნა ძლიერი ნალექები: ახალქალქში 42, ახალციხეში 38, ბორჯომში 37 მმ. ძლიერად წვიმდა ფარავანზეც- 54 მმ.

5	1971წლის თებერვა ლი	თოვლის ზვავი	აჭარის რეგიონი, სოფელი ლურტა.	ჰელიმადარდოს ფერდობიდან ჩამოსულ ზვავში 23 ადამიანი დაიღუპა, 11 სახლი დაინგრა.	23	დასავლეთი ს	თებერვლის ბოლოს კასპიის ზღვის მხრიდან შემოდოდა მაღალი წნევის არე, მას თან ერთვოდა სამხრეთიდან ტალღის მოქმედება. მარტის დასაწყისში კი დასავლეთიდან შემოსულ ნოტიო და შედარებით გრილი ჰაერის მასებს კვლავ თან ერთვოდა სამხრეთის ტალღის მოქმედება. ასეთმა სინოპტიკურმა სიტუაციამ გამოიწვია ტემპერატურის მკვეთრი მომატება. შავი ზღვის სამხრეთ- დასავლეთიდან ვრცელდებოდა ხმელთაშუაზღვის ციკლონთან დაკავშირებული გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. ზემო აჭარაში აღინიშნა ძლიერი მაღექები: ქედაში 100, ხულოში 133, გოდერძის გადასასვლელზე - 48 მმ.
	03.03.1975	თოვლის ზვავი	აჭარის რეგიონი, ხულო, ქედა, შუახევი.	დაანგრა საცხოვრებელი სახლები და სამ. ნაგებობები, დაიღუპა 44 საქონელი, ტრამვა მიიღო 12 ადამიანი, დაწყვიტა ელგადამცემი ხაზები	3		
6	10.08.1977	წყალმოვ არდნა, ღვარცო ფი	ლენტეხის რ-ნი მდ. ცხენისწყალი და მისი შენაკადები. სოფ- ბი: თელაქი, ლეუშერი, პანაგა.	მდ. ლასკადურაზე ღვარცოფმა ქვა-ღორღით ამოავსო ლენტეხში კალაპოტი, დაინგრა გზები, ნაპირ-სამაგრი ნაგებობები, დააზიანა საცხოვრებელი სახლები.	1	დასავლეთი ს	შავი ზღვის ჩრდილო- დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. წინა დღეებში მას წი უძღვოდა მაღალი ტემპერატურული ფონი. სამეგრელოში და ზემო სვანეთში აღინიშნა ძლიერი ნალექები:ლენტეხში 75,

							მესტიაში 30, ზუგდიდში-171 მმ.
7	09.01.1987	თოვლის ზვავი	მესტია, ლენტეხი, ცხინვალი, დუშეთი	დაზიანდა ელ. გადამცემი ხაზები, დაინგრა საცხოვრებელი სახლები. მესტიაში დაილუპა 26 ადამიანი, 100 მდე საქონელი. ლენტეხში, ცხინვალსა და დუშეთში კი თითო ადამიანი.	26	დასავლეთი ს	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა ცივი და ნოტიო ჰაერის მასები. ზემო სვანეთში აღინიშნა ძლიერი ნალექები: ლენტეხში 73, ლატაში-85 მმ.
8	25.07-20.11.1997	გვალვა	ზემო იმერეთი, რაჭა-ლეჩხუმი	განადგურდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები		ანტიციკლონი	ევროპული ნაწილი და მათ შორის საქართველო ძირითადად მოქცეული იყო მაღალი წნევის არეში. ცალკეულ დღეებში ადგილი ჰქონდა სამხრეთის ტალღის მოქმედებას და დასავლეთიდან გრილი ჰაერის მასების გავრცელებას, როდესაც საქართველოს ზოგიერთ რაიონში მოვიდა უმნიშვნელო ნალექი.
9	30.04.1998	წყალმოვარდნა	ზემო იმერეთი	დაზიანდა გზები და ხიდები, დაიტბორა სასოფლო-სამეურნეო სავარგულები	1	დასავლეთი ს	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. ზემო იმერეთში ძლიერად წვიმდა. საჩხერეში მოვიდა 54 მმ ნალექი.

10	01.03-30.08.2000	გვალვა	ქვეყნის მასშტაბით	თითქმის მთლიანად გაანადგურა მზესუმზირას, ხორბალის, სიმინდის, ლობიოს ნათესები და ბოსტნეული და საძოვრები, დაზიანდა მრავალწლიანი ნარგავები		ანტიციკლონი	ევროპა, რუსეთის დასავლეთი ნაწილი და საქართველო მოქცეული იყო მაღალი წნევის არეში. ცალკეულ დღეებში ადგილი ჰქონდა სამხრეთის ტალღის მოქმედებას, როდესაც საქართველოს ზოგიერთ რაიონში აღინიშნა უმნიშვნელო ნალექი.
11	01.01.2005	თოვლის ზვავი	საქართველოს სამხედრო გზა	112 ზვავსაშიში კერიდან აღინიშნა 208 ზვავის ჩამოსვლა. გზა სრულად დაკეტილი იყო 26 დღის განმავლობაში სრულად, ხოლო ნაწილობრივ 41 დღის განმავლობაში.	3	სამხრეთის ტალღური აღრევა	ადგილი ჰქონდა სამხრეთიდან თნილი ტალღის მოქმედებას, ამიტომ ჰაერის ტემპერატურამ მკვეთრად მოიმატა მთიან და მაღალმთიან რაიონებში
12	06.06.2005	წყალმოვარდნა	დუშეთის მუნიციპალიტეტი	დაანგრია 42 სახლი, წყალმა წაიღო პირუტყვი, მანქანა, მოშალა სასმელი წყლის სათავე ნაგებობა.	2	დასავლეთის	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. ძლიერად წვიმდა დუშეთის მუნიციპალიტეტში. ნალექების რაოდენობამ დუშეთსა და ფასანაურში 44 მმ შეადგინა.
13	01.08-25.08.2008	გვალვა	აღმ. საქართველო	დაზიანდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები		ანტიციკლონი	ევროპის სამხრეთი ნაწილი, მათ შორის საქართველო მოქცეული იყო მაღალი წნევის არეთი.

14	23.01.2009	ძლიერი ქარი	ქუთაისი, ფოთი	ქუთაისში იყო 30 მ/წმ სიჩქარის ქარი, 115 ათ. ოჯახი დარჩა ელექტრობის გარეშე. წააქცია 15 მაღალი ძაბვის ანძა. წააქცია ხეები. 40 სკოლას ახადა სახურავი პალიასტომის ტბაში გადააბრუნა მეთევზის 2 ნავი და დაიღუპა 2 ადამიანი	2	აღმოსავლეთის	კავკასიონის ჩრდილოეთით გავრცელებული მაღალი წნეების არე და მასთან დაკავშირებული ცივი ჰაერის მასები შემოდიოდა აღმოსავლეთის მხრიდან. შავი ზღვის აკვატორიაზე შეიქმნა დაბალი წნევის არე, კავკასიის ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან მოქმედებდა მაღალი წნევის არე, რამაც შექმნა წნევათა დიდი სხვაობა ე.წ. გრადიენტი. ასეთი სინოპტური სიტუაციის დროს კოლხეთის დაბლობზე და შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში იქმნება ხელსაყრელი პირობები აღმოსავლეთის მიმართულების ძლიერი ქარისთვის.
15	28.11.2010	წყალმოვარდნა	მდ. ხობი, მდ. ჯუმი, მდ. ჭანისწყალი, მდ. ცხენისწყალი	მდ. ხობმა სოფლები: ხერგა, გურფული და ქარიატში დატბორა სახლები გაარღვია დამბა, დაიხრჩო ფრინველი და პირუტყვი. მდ. ჯუმმა ს.დიდნებში დატბორა 100 სახლი. მდ. ჭანისწყალმა ჩხოროწყუსთან დამაკავშირებელ ხიდს გამოაცალა ბურჯი რამაც ხიდი ჩაანგრია		დასავლეთის	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები.

16	24.05.2009	წყალმოვარდნა	ქ. თბილისი, ქ. თელავი	თბილისში ნიაღვრის გამო განვითარებული მოკლე ჩართვის გამო დაილუპა 1 ადამიანი. ქ. თელავში განვითარებულმა ნიაღვარმა დატბორა სახლების პირველი სართული, მდ. შალაურასხევმა წაიღო მანქანა. დაიხრჩო 3 ადამიანი.	4	დასავლეთის	შავი ზღვის სამხრეთ-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა ხმელთაშუაზღვის ციკლონთან დაკავშირებული გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. ქართლსა და კახეთში აღინიშნა ძლიერი ნალექი: ქ. თბილისში 82, თელავში 44 მმ.
17	20.06.2009	ძლიერი ქარი	ზუგდიდი, ლეგაზარე	დაზიანდა სახლის სახურავები. წააქცია ხეები. ხის დაცემის შედეგად დაილუპა 1 ადამიანი	1	აღმოსავლეთის	კავკასიონის ჩრდილოეთით გავრცელებული მაღალი წნევის არე და მასთან დაკავშირებული ცივი ჰაერის მასები შემოდიოდა აღმოსავლეთის მხრიდან. შავი ზღვის აკვატორიაზე შეიქმნა დაბალი წნევის არე, კავკასიის ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან მოქმედებდა მაღალი წნევის არე, რამაც შექმნა წნევათა დიდი სხვაობა ე.წ. გრადიენტი. ასეთი სინოპტური სიტუაციის დროს კოლხეთის დაბლობზე და შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში იქმნება ხელსაყრელი პირობები აღმოსავლეთის მიმართულების ძლიერი ქარისთვის.

18	17.06.2011	წყალმოვარდნა	ქ. თბილისი	ადიდებული მდინარის სიმაღლემ ხიდთან 4.3 მეტრს მიაღწია, წყალმა მთლიანად დაფარა ხიდი და ხიდთან მისასვლელი საავტომობილო გზა. მდ. გლდანულას კალაპოტში (ძველ და ახალ ხიდებს შორის) მოვარდნილმა წყალმა გამოიწვია მარჯვენა ნაპირი რომელმაც საფრთხე შეუქმნა სოფ. მამკოდისკენ მიმავალ ხიდს		ორმხრივი	კავკასიონის ჩრდილოეთით გავრცელებული მაღალი წნევის არე და მასთან დაკავშირებული გრილი ჰაერის მასები ვრცელდებოდა აღმოსავლეთის და დასავლეთის მხრიდან, ხოლო სამხრეთიდან მას თან ერთვოდა ტალღის მოქმედება. 17 ივნისს და წინა დღეებშიც მაღალი ტემპერატურული ფონი ფიქსირდებოდა.
19	18.06.2011	წყალმოვარდნა, ღვარცოფი	ს. ჩუმათელეთი, მდ. სურამულა, ქ. ხაშური	ღვარცოფმა დაანგრია რესტორანი, დაანგრია სასმელი წყლის სათავე ნაგებობა. ხაშურში დატბორა 10 სახლი	6	ორმხრივი	კავკასიონის ჩრდილოეთით გავრცელებული მაღალი წნევის არე და მასთან დაკავშირებული ცივი ჰაერის მასები ვრცელდებოდა აღმოსავლეთის და დასავლეთის მხრიდან, ხოლო სამხრეთიდან მას თან ერთვოდა ტალღის მოქმედება. პროცესი ვითარდებოდა მაღალი ტემპერატურის ფონზე.
20	26.08.2011	წყალმოვარდნა	ლაგოდეხის მუნიციპალიტეტი	მდ მდ. ნინოსხევის, შრომისხევის ადიდების შედეგად დაიტბორა საცხოვრებელი სახლები, დაინგრა საავტომობილო გზები, დაზიანდა ელ. გადამცემი ხაზები		აღმოსავლეთის	კავკასიონის ჩრდილოეთით გავრცელებული მაღალი წნევის არე და მასთან დაკავშირებული გრილი ჰაერის მასები ვრცელდებოდა აღმოსავლეთის მხრიდან, ხოლო სამხრეთიდან მას თან ერთვოდა ტალღის მოქმედება. კახეთის რეგიონში ინტენსიურად წვიმდა .

							ლაგოდეხში მოვიდა 32 მმ ნალექი.
21	13.05.2012	წყალმოვარდნა	ქ. თბილისი	დაიტბორა ორთაჭალა. წყლის სიმაღლემ 1.5-2.0 მ მიაღწია, დატბორა სახლები. მოვარდნილმა წყალმა დააზიანა საკარმიდამო ნაკვეთები, დატბორა 5 და სრულად დაინგრა 11 საცხოვრებელი სახლი	5	აღმოსავლეთის	აღმოსავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი ჰაერის მასები და თან ერთვოდა სამხრეთის ტალღის მოქმედება. ქ. თბილისში აღინიშნა ძალიან ძლიერი წვიმა-94 მმ.
22	18.07.2012	წყალმოვარდნა	თელავის, ლაგოდეხის, ყვარელის, თბილისის დუშეთის მუნიციპალიტეტები	ადიდებულმა მდინარეებმა მაღალი ძაბვის ანძას ძირი გამოუთხარა. დააზიანა სასმელი წყლის ნაგებობანი, დააზიანა ავტომაგისტრალი. თბილისში დატბორა სახლების სარდაფები. მოსახლეობას წყალი სახლებში შეუვარდათ, დაიხოცა შინაური პირუტყვი და ფრინველი, განადგურდა ნათესები. ბოლო მონაცემებით სტიქიამ 1500 ოჯახი და 38 სოფელი დააზარალა. თელავში დაზიანებულია 1045 სახლი		დასავლეთის	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. მაღალი ტემპერატურული ფონზე შეიქმნა ხელსაყრელი პირობები ძლიერი ნალექებისთვის კახეთის რეგიონში. თელავში მოვიდა 27, ლაგოდეხში 30, ყვარელში 20 მმ.

23	23.03.2013	ძლიერი ქარი	გორი 27 მ/წმ ბოლნისი 30 მ/წმ თბილისი 29 მ/წმ ქობულეთი წალენჯიხა	ქობულეთში ქარიშხალმა გაზის ცენტრალური მილსადენი დააზიანა, აჭარაში, წალენჯიხაში სახლებს სახურავები დაუზიანდა.		დასავლეთი ს	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები.
24	01.06-30.07-2013	გვალვა	კახეთის, შიდა ქართლის და ქვემო ქართლის რეგიონები	დაზიანდა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები, განსაკუთრებით ხორბალი, ბოსტნეული		ანტიციკლონი	ევროპა და მათ შორის საქართველო მოქცეული იყო მაღალი წნევის არეში. ცალკეულ დღეებში ადგილი ჰქონდა აღმოსავლეთის პროცესს, რომელსაც თან ერთვოდა სამხრეთის ტალღის მოქმედებას. ამ დროს საქართველოს ზოგიერთ რაიონში მოვიდა ნალექი, ზოგან ძლიერიც.
25	29.07.2013	წყალმოვარდნა	სენაკი, ახალსოფელი, ნოსირი, თეკლათი	100 მეტი ოჯახი დაიტბორა, საჭირო გახდა მოსახლეობის ევაკუირება, რუსთაველის, ჭავჭავაძის, მშვიდობისა და შარტავას ქუჩები ერთ მეტრამდე წყლის ფენით დაიტბორა, ცენტრალური ავტომაგისტრალი პარალიზებული იყო. დაიხოცა საქონელი, ფრინველი, ზარალი 1,5 მლნ. ლარი		დასავლეთი ს	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები.

26	17.03.2014	ძლიერი ქარი	გურჯაანი, თელავი, ლაგოდეხი, ყვარელი, დედოფლისწყარო, თბილისი	დააზიანა ელ.ხაზები, სახლების სახურავები, მაღალი ძაბვის ელხაზები, 30000 აბონენტს კახეთში შეუწყდა ელ. მომარაგება, ლაგოდეხის სოფლებში: კაბალაში, განჯალაში დააზიანა სახლის სახურავები, დააზიანა ნარგავები, დააზიანა გაზის მილსადენები	დასავლეთი ს	შავი ზღვის ჩრდილო-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა ცივი და ნოტიო ჰაერის მასები. კახეთის რეგიონში ჩამოყალიბდა დაბალი წნევის არე, შექმნა წნავათა დიდი სხვაობა შავიზღვის სანაპიროს და აღმოსავლეთ საქართველოს შორის, ამასთან ადგილი ჰქონდა ტემპერატურულ კონტრასტს, დასავლეთ საქართველოში წინა დღესთან შედარებით ტემპერატურამ 10-12 გრადუსით დაიკლო. კომლექსურად გაჩნდა ხელსაყრელი პირობები ძლიერი ქარისთვის.
27	12.06.2014	წყალმოვარდნა	ოზურგეთის, ლანჩხუთის, ჩოხატაურის მუნიციპალიტეტები	მდ. სუფსამ სოფ. აკეთში გაარღვია დამბა და 70 ოჯახზე მეტი დატბორა. დატბორილია ყანები, დაზიანებულია ხიდები, მილსადენები, სანიაღვრე არხები, საავტომობილო გზებზე დაფიქსირდა მეწყერი.	დასავლეთი ს	შავი ზღვის სამხრეთ-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა ხმელთაშუაზღვის ციკლონთან დაკავშირებული გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები. ძლიერად წვიმდა აჭარა-გურიის რეგიონში. ქობულეთისი მოვიდა ა 90 მმ ნალექი.

28	18.06.2014	სეტყვა	გურჯაანის, ლაგოდეხის, ყვარელის, წალკის, თეთრი წყაროს მუნიციპალიტეტები	<p>გურჯაანის სოფლებში: სოფელ გურჯაანში, ჭანდარში, ჩუმლაყში, მუკუზანში, ახალშენში და ვეჯინში ვენახის 50% დააზიანა, ასევე ხეხილის ბაღები. ლაგოდეხის სოფლებში: ვარდისუბანსა და ყარსუბანში სეტყვას ერთვოდა ძლიერი ნალექი (20 მმ). ყვარლის სოფლებში: ბალღონჯიანი, ახალსოფელი, გავაზი, სანავარდოში დააზიანა ვენახი.</p> <p>წალკის სოფლებში: გუმბათი, ბეშთაშენი. თეთრი წყაროს სოფლებში: სამღერეთი, ჭივჭავი, იფნარი, ალექსეევკა, ირაგაში დააზიანა კარტოფილი და ხეხილის ბაღები</p>		შიდამასიური	18 ივნისს აღმოსავლეთ საქართველოში (ბარში და მთაში) ჰაერის მაქსიმალური ტემპერატურა +28, +33 გრადუსის ფარგლებში ფიქსიდებოდა. დღის მეორე ნახევარში კავკასიის ჩრდილოეთიდან შედარებით გრილი ჰაერის მასები გავრცელდა, რამაც შექმნა ხელსაყრელი პირობები სეტყვის(კონვექციური) ღრუბლების განვითარებისთვის.
29	27.07.2014	წყალმოვარდნა	ვანის და ჩოხატაურის მუნიციპალიტეტები	<p>მდ. კვინისწყალზე ხიდის ჩანგრევის შედეგად დაიღუპა 3 ადამიანი. დაზიანდა ბარბათი-ვანის-დაფნარის სოფ. ამაღლების ხიდები.</p> <p>მდ. ნაბელღავის ხევზე წყალმოვარდნამ დააზიანა ქარხანა, დატბორა ჭაბურღილები, დატბორა</p>	3	დასავლეთის	შავი ზღვის სამხრეთ-დასავლეთიდან ვრცელდებოდა ხმელთაშუაზღვის ციკლონთან დაკავშირებული გრილი და ნოტიო ჰაერის მასები.

				გზები, ზოგან აღინიშნა მეწყერის ჩამოსვლა.			
30	13.06.2015	წყალმოვარდნა	ქ. თბილისი	<p>თბილისში მოვიდა 49 მმ ნალექი, წყნეთი-ბეთანიის გზაზე მეწყერის ჩამოწოლას მოჰყვა მდ. ვერეს კალაპოტის გადაკეტვა, შემდეგ გარღვევა და ღვარცოფული ნაკადის ფორმირება, რომელმაც თბილისში ლაგუნა ვერის გოფრირებული გვირაბის ჩახერგვა და ზოოპარკის ტერიტორიის მთლიანი დატბორვა გამოიწვია. დაანგრია ვერის 1 და 2 ელექტრო გამანაწილებელი ხაზები. გაგლიჯა გაზსადენი და ნავთობსადენი მილი. დაანგრია ზოოპარკის ქვედა იარუსი, დაილუპნენ ცხოველები. დაილუპა 23 ადამიანი, დაშავდა 37 ადამიანი, მხოლოდ ვაკის რ-ნში უსახლკაროდ დარჩა 40 ოჯახი, მათ შორის სვანიძის ქუჩაზე 24. 160 სახლი დაზიანდა. წინასწარი მონაცემებით ზარალი 40</p>	23	შიდამასიური	<p>ადგილი ჰქონდა დასავლეთიდან გრილი და ნოტიო ჰაერის მასების გავრცელებას, რომელსაც თან ერთვის შიდა მასიური მოვლენა, ამ დროს ლოკალურად, თბილისის თავზე წარმოიქმნა ძლიერი ღრუბელთა სისტემა და ძლიერი წვიმა მოვიდა მხოლოდ თბილისში და მის შემოგარენში, ხოლო დანარჩენ პუნქტებზე აღინიშნა უმნიშვნელო ნალექი: თიანეთში-1 მმ; ასანაურში-2 მმ; წალკაში-1 მმ; საჩხერეში-1 მმ; ზესტაფონში-10 მმ.</p> <p>12 ივნისს აღმოსავლეთ საქართველოში საკმაოდ ცხელი ამინდი იყო. დღის მაქსიმალური ტემპერატურა ბარში +27, +32 გრადუსის ფარგლებში დაფიქსირდა. ქ. თბილისში აღინიშნა +29°C. მაღალი ტემპერატურული</p>

				<p>მლნ. ლარია. ანალოგიურ მოვლენებს ადგილი ჰქონდა 1940 წ. 10 მაისს, როცა ქ. თბილისში დღედამურ ნალექი 109 მმ, წყლის დონემ 2 მეტრით აიწია და დაანგრია ზოოპარკის ქვედა იარუსის ნაწილი. 1960 წ. 4 ივლისში, ნალექი თბილისის ობსერვატორიის მონაცემებით იყო 36,9 მმ. მოხდა ვაკე-საბურთალოს გზის მონაკვეთზე გვირაბის ჩახერგვა, შემდგომ კი შეტბორვის გარღვევა, რამაც დაანგრია ზოოპარკის ქვედა ნაწილი.</p>		<p>ფონი 13 ივნისსაც იყო გათვალისწინებული პროგნოზით. პროგნოსტიკული სინოპტიკური რუკების ანალიზის მიხედვით, 13 ივნისს, ქვეყნის აღმოსავლეთ ნაწილზე ძლიერდებოდა კასპიის ზღვიდან გავრცელებული ანტიციკლონის თხემის გავლენა. მაღალი ტემპერატურული ფონი და შედარებით გრილი ჰაერის მასების გავრცელება კასპიის ზღვის ჩრდილო-აღმოსავლეთიდან ხშირ შემთხვევაში ხელს უწყობს ე. წ. ოკლუზიის ფრონტის გაჩენას კავკასიონის ქედის გასწვრივ. ეს კი თავისთავად ქმნის ხელსაყრელ პირობებს მძლავრი კონვექციური ღრუბლების განვითარებისთვის, რომლებიც იწვევენ ლოკალური ხასითის ძლიერ ნალექებს და კონკრეტული ადგილის პროგნოზირება, პრაქტიკულად შეუძლებელი იყო.</p>
--	--	--	--	---	--	--

წყალმოვარდნები. აღწერილია 16 შემთხვევა: 7 დასავლეთ, 9 - აღმოსავლეთ საქართველოში. დასავლეთ საქართველოში აღწერილი წყალმოვარდნების მიზეზი შავი ზღვის დასავლეთიდან გავრცელებული შედარებით ცივი და ნოტიო ფრონტალური ჰაერის მასები იყო, რომლებიც ზოგ შემთხვევაში დაკავშირებული იყო საკნდინავიის ციკლონთან, ზოგში კი ხმელთაშუაზღვის ციკლონთან (გააჩნია მაღლივი ღარის მიმართულებას და ციკლონის მოძრაობის ტრაექტორიას). აღმოსავლეთ საქართველოში აღწერილი შემთხვევების დროს დასავლეთის პროცესის გარდა, ადგილი ჰქონდა ე.წ. ორმხრივ შემოჭრას სამხრეთის ტალღურ აღრევასთან ერთად, ან შიდამასიურ პროცესებს (ძირითადად ზაფხულის თვეებში), როცა მაღალი ტემპერატურის ფონზე გრილი ჰაერის მასების გავრცელების დროს იქმნება ხელსაყრელი პირობები მძლავრი კონვექციური ღრუბლების განვითარებისთვის.

ღვარცოფი. აღწერილია 3 შემთხვევა: 1 დასავლეთ, 2 - აღმოსავლეთ საქართველოში. ორ შემთხვევაში მოქმედებდა ცივ ფრონტთან დაკავშირებული შედარებით ცივი და ნოტიო ჰაერის მასები, ერთ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა ორმხრივ შემოჭრას.

თოვლის ზვავი. აღწერილია 4 შემთხვევა: ერთი სვანეთში, ორი - ზემო აჭარაში, 1- საქართველოს სამხედრო გზაზე. ოთხივე შემთხვევაში მაღალმთიან რეგიონებში ძლიერ ნალექებთან ერთად მკვეთრად მოიმატა ჰაერის ტემპერატურამ. მიზეზი - სამხრეთის ტალღური აღრევა.

სეტყვა. აღწერილია ერთი შემთხვევა. ამ შემთხვევაში ადგილი ჰქონდა შიდამასიური პროცესის განვითარებას, როცა მაღალი ტემპერატურის ფონზე გრილი ჰაერის მასების გავრცელების დროს შეიქმნა ხელსაყრელი პირობები მძლავრი კონვექციური (სეტყვის) ღრუბლების განვითარებისთვის.

ძლიერი ქარი. აღწერილია 4 შემთხვევა: 2 - აღმოსავლეთის მიმართულების, 2 - დასავლეთის მიმართულების ძლიერი ქარი. აღმოსავლეთის მიმართულების ქარი ძლიერდება, როცა შავ ზღვაზე ყალიბდება დაბალი წნევა, ქვეყნის აღმოსავლეთ ნაწილში კი მაღალი წნევა, წნევათა დიდი სხვაობის (ე.წ. დიდი გრადიენტის) დროს შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში, ზემო იმერეთსა და კოლხეთის დაბლობზე ქარის

გამლიერებისთვის ხელსაყრელი პირობები იქმნება. რაც შეეხება დასავლეთის მიმართულების ძლიერ ქარს, პირიქით, შავ ზღვაზე ყალიბდება მაღალი წნევის არე (ძირითად ცივი ფრონტების ზურგში - პროცესს გააჩნია), ქართლში ან კახეთში - დაბალი წნევის არე. წნევათა დიდი სხვაობის, ასევე დიდი ტემპერატურული კონტრასტის დროს დასავლეთის მიმართულების ქარის გამლიერებისთვის ხელსაყრელი პირობები იქმნება.

გვალვა: აღწერილია 4 შემთხვევა: ოთხივე შემთხვევაში კავკასიაზე და კავკასიის გარშემო დამყარებული იყო მაღალი წნევის არე (ანტიციკლონი) და ფიქსირდებოდა ჰაერის ტემპერატურის მაღალი მნიშვნელობები, მაგრამ ცალკეულ პერიოდებში ადგილი ჰქონდა უმნიშვნელო ნალექებს.

4.4. ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებისა და კლიმატის ცვლილების

საადაპტაციო ღონისძიებები

ბუნებრივი კატასტროფების რისკის შემცირებისა და კლიმატის ცვლილების საადაპტაციო ღონისძიებების განხორციელებისათვის მნიშვნელოვანია რეკომენდაციების შემუშავება, რომელიც ეყრდნობა გამოყენებითი ხასიათის კვლევებს და მრავალრიცხოვან საველე-საექსპედიციური სამუშაოების შედეგებს, რომელიც მოიცავს:

- საქართველოს ტერიტორიის ზონირებას წყალმოვარდნებისა და წყალდიდობების სიხშირისა და განმეორებადობადობის მიხედვით;
- ადგილობრივ პირობებთან მეტად ადაპტირებული საამშენებლო ნორმებისა და წესების შემუშავებას და პეროდულად დაზუსტება/სრულყოფას.;
- სენსიტიურ მონაკვეთებზე ეფექტური მონიტორინგის განხორციელებას;
- სტიქიური პროცესების გავლის შემდეგ სტიქიით მოცული ტერიტორიის დეტალურ კვლევას და პროცესის სრულფასოვან ანალიზს;

- ადგილობრივ და რეგიონულ დონეებზე კატასტროფული მოვლენების პრევენციისათვის შესაბამისი სამსახურების სათანადო კვალიფიკაციის სპეციალისტებით გაძლიერებას;
- მოსახლეობის ინფორმირებულობის ძლიერი მექანიზმების ჩამოყალიბებას;
- სენსიტიურ მონაკვეთებზე ადრეული შეტყობინების სისტემების დანერგვას;
- ჭალებსა და მდინარეთა ხეობებში განსახლების მკაცრ რეგლამენტაციას.

როგორც ზემოთ აღინიშნა, სტიქიური პროცესების პრევენციისა და შედეგების შერბილებისათვის საქართველოში საკმაოდ ბევრია გაკეთებული, ამ მხრივ მუშაობა კვლავაც გრძელდება და ტარდება სათანადო სამუშაოები როგორც ტექნიკური მხარის მოწესრიგების, ისე ინოვაციური საკითხების პრაქტიკაში დანერგვის კუთხით.

შესაბამისი პრევენციული ღონისძიებების გატარების შედეგად მიღებული შედეგები წარმოადგენს საფუძველს როგორც ბუნებათსარგებლობის სტრატეგიული მიმართულებების ჩამოყალიბებაში და ეკოლოგიური კრიზისების პრევენციასა და შედეგების შერბილებაში, ასევე რეგიონების მიხედვით მდგრადი განვითარების და შესაბამისი დაგეგმარების პროგრამების შემუშავებაში.

წყალდიდობა-წყალმოვარდნების მართვისა და შედეგების შერბილებისათვის და შესაბამისი ღონისძიებების სწორად დასახვისათვის, მთელი სისრულით უნდა გაგრძელდეს წყალმოვარდნების წარმოშობის ფაქტორების შესწავლა, წყლის ნაკადების გენეზისი, მათი სივრცით-დროითი გავრცელება და ზარალიანობა წინა პლანზე უნდა წამოვწიოთ ჰიდროსტიქიური მოვლენების პროგნოზირების საკითხები, ამასთან ერთად უნდა გაანალიზდეს წყალმოვარდნებთან ბრძოლის ეკონომიკური შედეგები. რადგან პრევენციული ღონისძიებები და ტექნიკური საშუალებები ზუსტად შეესაბამებოდეს მოსალოდნელი ნაკადის სიძლიერეს. ყოველივე ეს კი საჭიროებს მეთოდოლოგიის მუდმივ სრულყოფა-განახლებას და სამეცნიერო კვლევების ინტენსიურ გაგრძელებას.

დასკვნები

- ბოლო 30 წლის განმავლობაში, წინა 30 წელთან შედარებით მკაფიოდ დაიკვირვება კლიმატის გლობალური ცვლილების გავლენა თითქმის ყველა სახის სტიქიურ ჰიდრომეტეოროლოგიურ მოვლენათა გამეორებადობაზე და ამ მოვლენებით გამოწვეული უარყოფითი შედეგების რაოდენობრივ მაჩვენებლებზე. კერძოდ:
 - ამ მოვლენების გამეორებადობები გაზრდილია: წყალმოვარდნების - 1,5 - ჯერ, სეტყვიანობის - 3,5 - ჯერ, თოვლის ზვავების - 1,4 -ჯერ, გვალვის - 3,8 -ჯერ, ხოლო ძლიერი ქარების 1,4 -ჯერ;
 - შეინიშნება სტიქიური მოვლენით გამოწვეული მატერიალური ზარალის და ადამიანთა მსხვერპლის რაოდენობის ზრდის ტენდენცია, თუმცა ზრდის რაოდენობრივი მაჩვენებელი უცნობია შესაბამის მონაცემთა უკმარისობის გამო. სავარაუდოდ ზარალის ზრდა და ადამიანთა მსხვერპლის შემთხვევები ურბანიზაციასთან და სამეურნეო საქმიანობის გააქტიურებასთან არის დაკავშირებული;
- სტიქიურ ჰიდრომეტეოროლოგიურ მოვლენებს შორის, საქართველოს ტერიტორიაზე ყველაზე ხშირად, წყალმოვარდნები (37 %), ფიქსირდება, ამ მაჩვენებლით შემდგომ ადგილებს სეტყვა (30 %), ძლიერ ქარი (24 %), თოვლის ზვავი (6 %), გვალვა (3%) იკავებენ;
- განმეორებადობის თვალსაზრისით რეგიონების მიხედვით გამოვლინდა:
 - წყალდიდობა-წყალმოვარდნების მიმართ მაღალი განმეორებადობის იმერეთის (25%), სამეგრელო-ზემო სვანეთის (10%), კახეთის (10%), ხოლო ყველაზე ნაკლებად განმეორებადობის ქვემო ქართლის (2%) რეგიონები;
 - სეტყვის მიმართ მაღალი განმეორებადობის კახეთის (40%), შიდა ქართლის (13%), ქვემო ქართლის (11%), ხოლო ყველაზე ნაკლებად განმეორებადობის გურიისა და რაჭა-ლეჩხუმ ქვემო სვანეთის (1%) რეგიონები;

- **თოვლის ზვავების** მიმართ მაღალი განმეორებადობადობის მცხეთა-მთიანეთის (53%), სამეგრელო-ზემო სვანეთის (14%), აჭარის (13%), ხოლო ყველაზე ნაკლებად განმეორებადობადობის გურიის (1%) რეგიონები;
- **გვალვების** მიმართ მაღალი განმეორებადობადობის მცხეთა-მთიანეთის (22%), კახეთის (15%), ქვემო ქართლის (15%), ხოლო ყველაზე ნაკლებად განმეორებადობადობის აჭარის (1%) რეგიონები;
- **ძლიერი ქარების** მიმართ მაღალი განმეორებადობადობის იმერეთის (32%), სამეგრელო-ზემო სვანეთის (14%), კახეთის (13%), ხოლო ყველაზე ნაკლებად განმეორებადობადობის სამცხე-ჯავახეთის (2%) რეგიონები;
- დადგენილია, რომ ძლიერი ნალექებით გამოწვეული კატასტროფული წყალმოვარდნები, და თოვლის ზვავები უმეტეს შემთხვევაში ქვეყნის დასავლეთიდან ცივი და ნოტიო ჰაერის მასების შემოჭრითაა განპირობებული, თუმცა არც ისე იშვიათად ამ ტიპის მოვლენები ორმხრივი პროცესების დროსაც ფიქსირდება, რომლებსაც თან ერთვის სამხრეთიდან გავრცელებული თბური ტალღები. შედარებით იშვიათად ასეთი მოვლენები ქვეყნის აღმოსავლეთიდან ჰაერის მასების შემოჭრის დროსაც აღინიშნება. (ძირითადად ქვეყნის აღმოსავლეთ ნაწილში).
- ქვეყნის ტერიტორიაზე ჰაერის მასების დასავლეთიდან შემოჭრის დროს, ძლიერდება დასავლეთის მიმართულების ქარები, აღმოსავლეთის გრადიენტის დროს კი, აღმოსავლეთის მიმართულების, ე. წ. ფიონური ქარები, რომლებიც გაბატონებულია შავი ზღვის სანაპირო რაიონებში, ზემო იმერეთსა და კოლხეთის დაბლობზე.
- გვალვები, თითქმის ყოველთვის საქართველოს ტერიტორიაზე გავრცელებული ანტიციკლონის დროს დაიკვირვება.
- სეტყვა, უმეტესწილად, ფრონტალური, ხოლო ცალკეულ შემთხვევებში შიდამასიური ატმოსფერული პროცესების დროს აღინიშნება;

ლიტერატურა

1. ბასილაშვილი ც, სალუქვაძე მ, ცომაია ვ, ხერხეულიძე გ „კატასტროფული წყალდიდობები, ღვარცოფები და თოვლის ზვავები საქართველოში და მათი უსაფრთხოება. სტუ, 2012.
2. გრიგოლია გ, კერესელიძე დ, ალავერდაშვილი მ, ტრაპაიძე ვ, ბრეგვაძე გ “მდინარე ვერეზე ცალკეული თვეებისა და წყლის მაქსიმალური ხარჯის ცვალებადობის დინამიკის (ტრენდის) შეფასება“ სტუ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრომათა კრებული #70, გვ.45-49, 2015
3. გრიგოლია გ, კერესელიძე დ, ტრაპაიძე ვ, ბრეგვაძე გ „მდინარე მტკვრის (ლიკანთან) წყალდიდობებისა და წყალმოვარდნების სიხშირის შეფასება“ საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ცოტნე მირცხულავას სახელობის წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის სამეცნიერო შრომათა კრებული #69, გვ. 69-73, 2014
4. ელიზბარაშვილი ე, „საქართველოს ჰავა“ გვ. 251-293. 2017
5. კერესელიძე დ, ტრაპაიძე ვ, ბრეგვაძე გ „გამოვარდნათა თეორიის გამოყენება წყალმოვარდნის მაქსიმალური ხარჯის საანგარიშოდ“ ჟ. საქართველოს გეოგრაფია №8-9, გვ.118-123. 2011.
6. კერესელიძე დ, დოხნაძე გ, ტრაპაიძე ვ, ზაქაიძე ი, სალუქვაძე ჰ „მდინარისაგან მოსალოდნელი საფრთხეების სავარაუდო შეფასების მეთოდოლოგია“ წყალთა მეურნეობის ინსტიტუტის შრომები, ტომი 66, გვ 120-123, 2011.
7. სალუქვაძე მ, „საქართველოს თოვლის ზვავების კადასტრი“. თბილისი 2018.
8. ტატიშვილი მ, ქართველიშვილი ლ, მკურნალიძე ი, მესხია რ, „სეტყვისა და ელჭექეური პროცესების დინამიკა და სტატისტიკური განაწილება საქართველოში კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე“, თბილისი, 2018
9. ჩანგაშვილი გ, „ღვარცოფული პროცესები კახეთში და მათთან ბრძოლის ღონისძიებები“, თბილისი 1983
10. ხმაღაძე გ, “საქართველოს წყლის რესურსები“, თბილისი, 2009
11. ქალღანი ლ, სალუქვაძე მ. თოვლის ზვავები საქართველოში. თბილისი 2015

12. საქართველოს პირველი ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციაზე, კლიმატის კვლევის ეროვნული ცენტრი, 1999
13. საქართველოს მეორე ეროვნული შეტყობინება გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციისთვის, 2009 წ
14. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მესამე ეროვნული შეტყობინება, თბილისი 2014
15. კლიმატის ცვლილების შესახებ საქართველოს მეოთხე ეროვნული შეტყობინება, თბილისი 2020
16. გვალვის და მასთან ბრძოლის პრობლემები, საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები ტომი № 107. თბილისი 2002.
17. სტიქია და ადამიანები: გმირობა ყოველ დღე. ავტორები: კ. ამალლობელი, რ. ახპატელოვი, ვ. ბარნოვი, გ. ბუკია, ბ. გაზაევი, ე. გასპაროვი, ა. გელავა, ტ. გენძეხაძე, ბ. გოლოვინი, ი. გორელოვი, ზ. გრძელიშვილი, რ. დავიდოვი, ტ. ჯიბუტი, ვ. ევანოვი, ა. ქიქოძე, მ. კილაძე, ა. კოკაია, მ. კოლესნიჩენკო, ა. კორეტკოვი, ა. ნეკრესელაშვილი, ი. ნიკიფოროვი, გ. პონსენი, ვ. საფრაზიანი, ი. სუდაკოვა, ლ. ტრუდკოვა, კ. ცხომელიძე, შ. შალოლაშვილი, შ. შარშუნოვი, ლ. იაკობაშვილი, ვ. იარალოვ. გამომცემლობა „საბჭოთა საქართველო“, თბილისი 1987.
18. Абдушелишвили К.Л., Гагца В.П., Керимов А.А. и др. Опасные гидрометеорологические явления на Кавказе. JL: Гидрометеоиздат, 1983. 264 с.
19. Абрамова Т.А., Битвинскас Т.Т., Борисенков Е.П. и др. Колебания климата за последнее тысячелетие. JL: Гидрометеоиздат, 1983. 408 с.
20. Бурцев И.И., Мазин И.П., Черников А.А. Управление распределением водных ресурсов с помощью активных воздействий на атмосферные процессы // Проблемы развития водного хозяйства СССР. М.: Наука, 1981. С. 17-26.
21. Rick Bissell, *Preparedness and Response for Catastrophic Disasters*, CRC PRESS, 2013
22. Guide on hydrologic practice, WMO, No. 168. 1994.
23. Guide on hydrologic practice, WMO, No. 168. 2009.

24. Guha-Sapir D., Hargitt D., and Hoyois Ph., Thirty years of natural disasters 1974–2003. UCL Presses Universitaires de Louvain, CRED-UCL, 190 p. 2003
25. Ram S. Gupta *Hydrology and Hydraulic Systems*”, 2001
26. Grigolia G, Kereselidze D, Bilashvili K, etc “ASSESSMENT OF VARIABILITY OF FLOODS AND FRESHETS FREQUENCY IN SEPARATE MONTH OF SOME GEORGIA’S RIVERS” Prosedings ICAE-2015, pp 75-78, 2015
27. Wilfried Haerberli, Colin Whiteman, John F. Shroder, “*Snow and Ice-Related Hazards, Risks, and Disasters*”, Hazard and Disasters Series, 2015
28. Hoyois Ph. and Guha-Sapir D., 2003. Three decades of floods in Europe: a preliminary analysis of EMDAT data, CRED-UCL, hh/15
29. Donald Hyndman, David Hyndman; *Natural Hazards&Disasters*”, 4th Edition; CENGAGE LEARNING, 2017
30. Jochen Schanze, Evzen Zeman, Jiri Marsalek, *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures*”, NATO Science Series, 2006
31. Keith Smith, *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*”, 6th Edition, 2013
32. Kevin Sene, *Flash Floods: Forecasting and Warning*”, SPRINGER, 2013
33. Kereselidze D, Bilashvili K, Grigolia G,.. etc „ASSESSMENT OF THE FLOODING IN THE BLACK SEA COASTAL AREA OF WESTERN GEORGIA - JOURNAL OF ENVIRONMENTAL PROTECTION AND ECOLOGY (JEPE) vol.11.# 4, 2010. pp. 1483-1490.
34. Science Plan on Hazards and Disasters, Earthquakes, Floods and Landslides, ICSU Regional Office for Asia & Pacific, 48 p. 2008.
35. John C. Pine “*Natural Hazards Analysis: Reducing the Impact of Disasters*”, 2009
36. Paolo Paron, Giuliano Di Baldassarre, John F. Shroder “*Hydro-Meteorological Hazards, Risks, and Disasters*”, Hazards and Disasters Series; ELSEVIER, 2015
37. Jessica Lamond, Colin Booth, Felix Hammond, David Proverbs; *Flood Hazards: Impacts and Responses for the Built Environment*”, CRC PRESS, 2011
38. ¹<https://www.ge.undp.org/content/georgia/ka/home/presscenter/pressreleases/2018/02/27/georgians-to-be-better-protected-from-climate-hazards.html>

დისერტაციის ირგვლივ გამოქვეყნებული შრომები

1. D.Kereselidze, L. Matchavariani, V.Trapaidze, G. Bregvadze, G.Gaprindashvili, I. Megrelidze “Soil erosion measures on mountain slopes” *Journal of Environmental Biology*, Vol 42 #2, pp. 405-412, 2020
2. D. Svanadze, V. Trapaidze, G. Bregvadze, I. Megrelidze “Spatial and time dynamics of glaciers following the Little Ice Age on the southern slope of the Caucasioni” *Annals of Agrarian Science* 17, pp.167-174, 2019
3. D. Kereselidze, V. Trapaidze, G. Bregvadze, I. Megrelidze “Risk Analysis of the River Bank Washout and Flooding of the Areas” *Earth Sciences*, Vol. 4, No. 5-1, pp. 113-119, 2015