საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის
ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი

ამინდის და კლიმატის შესწავლა ანსამბლური მეთოდის გამოყენებით მთის მდგრადი განვითარებისათვის

მარიკა ტატიშვილი, მაია მელაძე,
გიორგი მელაძე, ნოე ხოზრევანიძე

გამომცემლობა "სამშობლო"

თბილისი
2024

მონოგრაფიაში **ამინდის და კლიმატის შესწავლა ანსამბლური მეთოდის გამოყენებით მთის მდგრადი განვითარებისათვის** თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით კომპლექსურადაა შესწავლილი ამინდის წარმოქმნის და ცვალებადობის გამომწვევი ბუნებრივი ფაქტორები, ასევე თანამედროვეობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემა კლიმატის ცვლილება. მონოგრაფიაში თანმიმდევრეობითაა განხილული დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარე ამინდწარმომქმნელი პროცესები, ამინდის საპროგნოზო მოდელები, გამოყენებულია მიწისპირა ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის და დედამიწის სადამკვირვებლო მისიის თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემები. განხილულია საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებული სტიქიური მოვლენები. აღსანიშნავია, რომ მთები უზრუნველყოფს აუცილებელ საქონელს და მომსახურებას, მათ შორის მტკნარი წყლის უზარმაზარ რესურსებს, მდიდარ ბიომრავალფეროვნებას, და სხვ. მთები აუცილებელია გლობალური მდგრადი პრაქტიკული გამოყენების მიზნით. კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის პრინციპების შესაბამისად, შეფასებულია საქართველოს მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური რესურსები; კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება აგრარულ სექტორზე; განხილულია ეკოლოგიური მიწათმოქმედების ასპექტები მაღალმთიანი აგროკლიმატური პირობებისათვის.
მონოგრაფიას აქვს, როგორც სამეცნიერო და სასწავლო, ისე პრაქტიკული ღირებულება. ნაშრომი შედგენილია ორ ქართულ და ინგლისურ ენაზე, რაც განაპირობებს მის პოპულარიზაციას.
მონოგრაფია განკუთვნილია ამ დარგში მომუშავე სპეციალიტებისა და ფართო საზოგადოებისათვის. იგი შესაძლებელია გამოყენებული იქნას, როგორც დამხმარე სახელმძღვანელო უმაღლესი სასწავლებლების სტუდენტებისათვის.

რედაქტორები
ლიანა ქართველიშვილი - გეოგრაფიის მეცნიერებათა დოქტორი, პროფესორი,

გივი ჯაფარიძე-საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის პრეზიდენტი, პროფესორი

რეცენზენტები
ზაურ ჩანქსელიანი - სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა დოქტ., პროფესორი; საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსი

დემურ დემეტრაშვილი-ფიზ.-მათ. მეცნ. დოქტ. პროფესორი

მონოგრაფია გამოიცა **შოთა რუსთაველის სამეცნიერო ფონდის** ფინანსური მხარდაჭერით **გრანტი # SP-23-917**

ISBN 978-9941-9884-7-9

სარჩევი

წ ი ნ ა ს ი ტ ყ ვ ა ო ბ ა

მონოგრაფიაში ,,ამინდის და კლიმატის შესწავლა ანსამბლური მეთოდის გამოყენებით მთის მდგრადი განვითარებისათვის'' თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით კომპლექსურადაა შესწავლილი ამინდის წარმოქმნის და ცვალებადობის გამომწვევი ბუნებრივი ფაქტორები, ასევე თანამედროვეობის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი პრობლემა კლიმატის ცვლილება. სამეცნიერო ნაშრომში თანმიმდევრეობითაა განხილული დედამიწის ატმოსფეროში მიმდინარე ამინდწარმომქმნელი პროცესები, ამინდის საპროგნოზო მოდელები, გამოყენებულია მიწისპირა ჰიდრომეტეოროლოგიური ქსელის და დედამიწის სადამკვირვებლო მისიის თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემები. განხილულია საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებული სტიქიური მოვლენები. აღსანიშნავია, რომ მთები უზრუნველყოფს აუცილებელ საქონელს და მომსახურებას, მათ შორის მტკნარი წყლის უზარმაზარ რესურსებს, მდიდარ ბიომრავალფეროვნებას, და სხვ. რაც აუცილებელია გლობალური მდგრადი პრაქტიკული გამოყენების მიზნით.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის პრინციპების შესაბამისად, შეფასებულია საქართველოს მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური რესურსები; კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება აგრარულ სექტორზე; განხილულია ეკოლოგიური მიწათმოქმედების ასპექტები მაღალმთიანი აგროკლიმატური პირობებისათვის. ცნობილია, რომ კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა ითვალისწინებს კლიმატური პარამეტრების მოსალოდნელ ცვლილებას და ხელს უწყობს ისეთი ფერმერული მიდგომების დანერგვას, რომელიც შეცვლილ პირობებს შეესაბამება და ზრდის მოსავლიანობას.

მონოგრაფიაში თავმოყრილია ავტორების მიერ შესრულებული მრავალწლიანი კვლევის მასალები. კვლევისთვის გამოყენებულია დაკვირვების მიწისპირა, თანამგზავრული და მოდელური მონაცემები. გამოთვლები შესრულებულია თანამედროვე პროგრამული პაკეტების გამოყენებით, კვლევაში გამოყენებულია ახლად შექმნილი ამინდის და კლიმატის მახასიათებელი ინდექსები, მოყვანილია ამინდის თანამედროვე საპროგნოზო მოდელების თვლის შედეგები საქართველოს მთიანი ტერიტორიებისათვის. განხილულია დედამიწის მაგნიტური ველის მოდელი და მისი დაწყვილების პერსპექტივა ამინდის პროგნოზირებაში.

მონოგრაფია ,,ამინდის და კლიმატის შესწავლა ანსამბლური მეთოდის გამოყენებით მთის მდგრადი განვითარებისათვის'' არის მსოფლიოში ცნობილი საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის

ინსტიტუტის და მთის მდგრადი განვითარების ფაკულტეტის ერთობლივი პროდუქტი, რომელშიც კომპლექსურადაა შესწავლილი მთიან პირობებში ამინდის წამოქმნის, ცვალებადობისა და კლიმატის ცვლილების საკითხები; აგროკლიმატური რესურსების შეფასება, გლობალური დათბობის გათვალისწინებით; მაღალმთიან აგროკლიმატურ პირობებში ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობის განვითარების ასპექტები, რაც მის ღირებულებას და პრაქტიკულ მნიშნვლობას წარმოადგენს. ნაშრომის სამეცნიერო ღირებულებას წარმოადგენს აგრეთვე ის, რომ მასში წარმოდგენილია საქართველოში პირველად კომპლექსურად თანამედროვე ტექნოლოგიების გამოყენებით ახლებურად შესწავლილი ამინდის ცვლილების კანონზომიერებები და კლიმატის მიმდინარე ცვლილების ტენდენციები მრავლწლიური მონაცემების დამუშავების საფუძველზე. დედამიწის სადამკვირვებლო მისიის (Earth Observing Mission) თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემების გამოყენებით გამოვლენილია ამინდის ცვლილების მაპროვოცირებელი ფაქტორები. ამინდის შესწავლისთვის შემოტანილია ახალი ინდექსები როგორიცაა გეომაგნიტური ინდექსები, სრული ელექტრონების შემცველობა, თერმოსფეროს კლიმატური ინდექსი. თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემები საშუალებას იძლევა ატმოსფეროში მიმდინარე პროცესები უფრო დეტალურად და ახლებურად შეფასდეს.

მონოგრაფიას აქვს, როგორც სამეცნიერო და სასწავლო, ისე პრაქტიკული ღირებულება. ნაშრომი შედგენილია ქართულ და ინგლისურ ენებზე, რაც განაპირობებს მის პოპულარიზაციას. იგი განკუთვნილია დედამიწის შემსწავლელი და აგრარული მეცნიერებების დარგში მომუშავე სპეციალიტებისა და ფართო საზოგადოებისათვის. მონოგრაფია შესაძლებელია გამოყენებული იქნას, როგორც დამხმარე სახელმძღვანელო (სასწავლო მასალა) შესაბამისი პროფილის უმაღლეს სასწავლებლებში. სასურველია ეს იყოს დედამიწის შემსწავლელი და აგრარული მეცნიერებების პროგრამის გაფართოვების წინაპირობა. იგი ხელს შეუწყობს ასევე, უმაღლეს სასწავლებელში ახალი სასწავლო პროგრამის შეტანას - გეომეცნიერების კურსის შექმნას, რომელიც აუცილებელია ისეთი რთული რელიეფის მქონე ქვეყნისთვის, როგორიც საქართველოა.

თავი1. ამინდის და კლიმატის შესწავლის თანამედროვე მეთოდები

1.2. ატმოსფერული პროცესების მოდელირება

ატმოსფერული პროცესების რთული, კომპლექსური და მრავალპარამეტრიანი ხასიათიდან გამომდინარე კვლევის კონცეფცია ითვალისწინებს ამ ტიპის ამოცანების გადაწყვეტის სხვადასხვა მიდგომებს. თეორიული ანალიზისთვის მნიშვნელოვანია შესასწავლი პროცესების ფიზიკური სიდიდეებით აღწერა, მათ შორის თვისობრივი და რაოდენობრივი თანაფარდობების დადგენა, ადექვატური მათემატიკური აღწერა და საუკეთესო შემთხვევაში მათემატიკური განტოლებების ანალიზური ამონახსნების გამოყენებით პროცესების ანალიზი [5]. ამ კონცეფციის საფუძველზე, პირველი რიგის ამოცანას წარმოადგენს ატმოსფერული პროცესების მახასაითებელი ძირითადი პარამეტრების იდენტიფიცირება და მათი გამოყენებით პროცესების ფიზიკური და მათემატიკური მოდელების შემუშავება-შესწავლა. შემდგომ ეტაპზე, შემუშავებული მოდელების რეალიზაციისთვის ანალიზური ან რიცხვითი მეთოდების შერჩევა, ამოცანის კომპლექსურობიდან გამომდინარე თანამედროვე ინსტრუმენტების, გამოთვლითი ხერხების, კომპიუტერული პროგრამების გამოყენება.

ატმოსფერული პროცესები არაერთგვაროვანი და ანიზოტროპულია სივრცესა და დროში. ამის მიზეზია მზიდან მოსული ენერგიის არათანაბარი გადანაწილება დედამიწის ზედაპირზე. ატმოსფეროს ქვედა ფენებში სითბურ რეჟიმს უზრუნველყოფს დედამიწის ზედაპირიდან არეკლილი გრძელტალღოვანი ინფრაწითელი ანუ სითბური რადიაცია. დედამიწის ზედაპირი არაერთგვაროვანია - არათანაბრად არის გადანაწილებული ხმელეთი და წყალი დედამიწის ნახევარსფეროებს შორის, მრავლადაა მთა-გორიანი ადგილები, მდინარეთა ხეობები, ტბები და მყინვარები. ეს უსწორმასწორო განსხვავებული საფარი სინათლის სხივებს სხვადასხვა კუთხით არეკლავს, რაც იწვევს სითბური ველის არათანაბარ განაწილებას. სითბური ველის არაერთგვაროვნობა კი განაპირობებს ატმოსფერული წნევის არათანაბრად გადანაწილებას, მუდმივმოქმედი „ბარიული ცენტრების“ ჩამოყალიბებას. სწორედ ეს ცენტრები უზრუნველყოფენ ჰაერის მოძრაობას, უმთავრესად დასავლეთიდან აღმოსავლეთისაკენ დაახლოებით 8-12 მ/წმ სიჩქარით, და სხვა ზონალურ ნაკადებს [9].

ატმოსფერული პროცესებზე დაკვირვებისას ატმოსფეროს ზედა ფენებში განლაგებული სადგურების/სატელიტების, რადიოზონდების გამოყენებით ტემპერატურის, ტენიანობის, წნევის, ქარის სიჩქარის და მიმართულების გაზომვების დროს გასათვალისწინებელია ამ ფიზიკური სიდიდეების დამოკიდებულება დედამიწის ზედაპირიდან სიმაღლეზე.

ატმოსფერული პროცესების დინამიკის შესწავლის გამარტივების მიზნით, განიხილება ატმოსფერო უძრავ მდგომარეობაში დედამიწის ზედაპირის მიმართ. ამგვარი დაშვება სამართლიანია, ჰიდროსტატიკური ბალანსის პირობა სრულდება საკმარისი სიზუსტით, რადგან ატმოსფერულ სისტემებში ძირითადად განიხილება მოძრაობები დიდ მასშტაბებში. ატმოსფეროს ამგვარ მდგომარეობას სტატიკური, ან ჰიდროსტატიკური წონასწორობა ეწოდება

ატმოსფერული პროცესების დინამიკის შესწავლის გამარტივების მიზნით, განიხილება ატმოსფერო უძრავ მდგომარეობაში დედამიწის ზედაპირის მიმართ. ამგვარი დაშვება სამართლიანია, ჰიდროსტატიკური ბალანსის პირობა სრულდება საკმარისი სიზუსტით, რადგან ატმოსფერულ სისტემებში ძირითადად განიხილება მოძრაობები დიდ მასშტაბებში [2, 8, 9.18]. ატმოსფეროს ამგვარ მდგომარეობას სტატიკური, ან ჰიდროსტატიკური წონასწორობა ეწოდებააქ g - სიმძიმის ძალის აჩქარებაა, t - დრო, ρ_{a_0}- ღრუბლის გარემომცველ სივრცეში ჰაერის სიმკვრივე, U, V, W - სიჩქარის რადიალური, ტანგენციალური, ვერტიკალური მდგენელებია შესაბამისად; r, λ, z - რადიალური, ტანგენციალური, ვერტიკალური კოორდინატებია, T_v - ვირტუალური ტემპერატურა, T_v=T(1+0,608Q_v), სადაც Q_v 1გრ. ჰაერში არსებული წყლის ორთქლის მასაა გრამებში, განტოლებაში შემავალი სიდიდე T_0 არის გარემოს ტემპერატურა, T არის ღრუბლის განივკვეთის მიმართ გასაშუალოებული ტემპერატურა $T \overline{=T}$.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -W\left(\frac{\partial T}{\partial z} + \Gamma_0\right) + \frac{2a^2}{a}|W|(T_0 - T) + \frac{2}{a}\widetilde{U_a}\left(T - \widetilde{T_a}\ \right) + \left[\frac{L_e}{C_p}(P1 + P6 - P7 - P9) + \frac{L_s}{C_p}(P4 - P8) + \frac{L_f}{C_p}(P3 - P5)\right]$$

საერთო ტენშემცველობის განტოლება [8]:

$$\rho_{a0}\ \frac{\partial Q}{\partial t} = -\frac{\partial(\rho_{a0}\ QW)}{\partial z} + \frac{\partial(\rho_{a0}\ V_w Q_r + \rho_{a0}\ V_i Q_i)}{\partial z} - \frac{2}{a}\rho_{a0}\ \widetilde{U_a}\widetilde{Q_a} + \frac{2a^2}{a}\rho_{a0}\ |W|(Q_0 - Q)$$

ზემოთ მოყვანილი განტოლებები წარმოადგენს ატმოსფეროს ზოგადი ცირკულაციის მოდელის ნიმუშს, რომელიც შეიძლება სხვადასხვა რთული ფორმით ჩაიწეროს, რაც უფრო ართულებს მის რიცხვით ამოხსნას და დამატებით დიდი მანქანური დროის და რესურის დახარჯვას იწვევს [24].
სხვადასხვა მიახლოებაში მოდელების შემუშავებისას ითვალისწინებენ მოძრაობის, ეილერის, მომენტების განტოლებებს, სისტემაზე მოქმედ გრავიტაციის, კორიოლისის ძალებს, გეოსტროფიკული ნაკადების, კვაზი-გეოსტროფიკული მოძრაობების აღწერისას ტეილორ-ფრედმანის თეორემას, გრიგალური ნაკადებისთვის ქარის გრადიენტის და ბალანსის განტოლებებს,

თერმოდინამიკის განტოლებებს, ერთგვაროვანი ან ბრუნავი ნაკადებისთვის რელევანტურ განტოლებებს, სხვადასხვა ტიპის ტალღების და ტალღის ფრონტების ეფექტებს, მარგულეს და დევის მოდელებს და სხვა, რომელთა გამოყენება მოითხოვს რთული მათემატიკური აპარატის, შრომატევადი ფუნქციონალური გარდაქმნების გამოყენებას, რასაც მივყავართ ამონახსნების სხვადასხვა რიგის აპროქსიმაციებთან და რიცხვითი მეთოდების გამოყენებასთან.

1.2 პარამეტრიზაციის პრობლემები

კლიმატის, ამინდის პროგნოზირების და ატმოსფერული პროცესების მოდელებში მნიშვნელოვანია ღრუბლების გავლენის გათვალისწინება ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირზე. ცირკულაციის და ამინდის რიცხვითი პროგნოზირების მოდელები იყენებენ ჰიდროდინამიკური განტოლებების რიცხვით სქემებს. ღრუბლის აღმწერი უწყვეტი დიფერენციალური განტოლებები სხვადასხვა სივრცულ-დროითი რიგისაა. ღრუბლის დინამიკის აღმწერი განტოლებები უფრო დაბალი რიგისაა ვიდრე გლობალური ატმოსფერული მოდელების. ჩვეულებრივ ჰორიზონტალური ბიჯი გლობალურ მოდელში 50კმ-ია, ხოლო რიცხვით პროგნოსის მოდელში 250კმ. ამ მასშტაბზე დაბალი რიგის პროცესები ქვე-ბადურ როცესებში გადადის და არ არის ჩართული საბოლოო გამოთვლებში. თუმცა ეს პროცესები ძლიერად მოქმედებენ ატმოსფეროს თერმოდა ჰიდროდინამიკაზე. რადგან ამ ქვე-ბადურ პროცესებს ეკრძალება დეტალური აღწერა, ამიტომ მათი მხოლოდ სტატისტიკური გავლენა გაითვალისწინება ბადურ დონეზე. ამ ტექნიკას პარამეტრიზაცია ეწოდებ [2]ა.

ღრუბლები წრმოიქმნება იქ სადაც კუთრი სინოტივე აჭარბებს გადაჯერების სიდიდეს, რაც ხდება, თუ არსებოს საკმარისი რაოდენობის ღრუბლის კონდენსაციის ბირთვები. მოდელში კი გარკვეული ბადის უჯრები გადაჯერებული აღმოჩნდება სხვებზე ადრე. ამით აღმოჩნდება, რომ ღრუბლები წარმოიქმნება უჯრედებში ვიდრე, ბადის საშუალო სინოტივე 100%-ს გადააჭარბებს. ღრუბლის ფრაქციის სხვა გათვალისწინება ისაა, რომ უნდა არსებობდეს განაწილება ლოკალური გაჯერების წერტილიდანმოდელის ბადის უჯრაში. ამით მოხდება ტემპერატურის და სინოტივის ვარიავია მათი საშუალო მნიშვნელობიდან [2, 25,18].

ერთ-ერთი მიკროფიზიკური პროცესი რომელიც ყველა პარამერტულ სქემაში აღიწერება არის კონდენსაცია. ის ორი პროცესის აღწერას მოითხოვს: ღრუბლის ნაწილაკების ნუკლეაციას და მათ კონდენსაციურ ზრდას, წყლის ორთქლის ხარჯზე [2].

ადრეულ ზოგად ცირკულაციურ მოდელებში ლატენტური სითბური ეფექტი კონდენსაციურ პროცესებში გაითვალისწინებოდა. კონდენსაციის სქემის იდეა იყო ის, რომ ნებისმიერი გადაჯერებული მდგომარეობა, რომელიც წარმოიქმნებოდა უჯრედის მასშტაბით, მაშინვე

ნალექად ჩათვლილიყო. ამიტომ მოდელი აღწერდა არა ღრუბელს, არამედ ნალექის გამოყოფას. იგივე სქემა გამოიყენებოდა კონვექციისთვისაც. ტემპერატურის ვერტიკალური გრადიენტი გაჯერებულ უჯრედში არ უნდა ყოფილიყო ნოტიონ ადიაბატურზე მეტი. ნებისმიეერი კონდენსატი ასევე ნალექად იყო ჩათვლილი. რადგან ყველა კონდენსატი ნალექად ითვლებოდა და მოდელიდან ვარდებოდა, მიკროფიზიკის აღწერაც საჭირო აღAr ხდებოდა. ასე, რომ ადრეული კლიმტის გლობალური მოდელები აღწერდნენ მხოლოდ კონდენსაციის პროცესს და არა ღრუბლის ურთიერთქმედებას [2, 9.18].
როგორც აღმოჩნდა ღრუბლის რადიაციულ ეფექტებს შესაძლოა გადამწყვეტი მნიშვნელობა ჰქონდეთ ატმოსფეროს ზოგად ცირკულაციაში. ღრუბლის პარამეტრიზაციის მეორე თაობა დამიზნული იყო მოდელის ცვლადებისა და ღრუბლიანობის ურთიერთქმედებაზე. ეს მიიღწეოდა ღრუბლის ფრაქციის პარამეტრიზაციით, როგორც ფარდობითი ტენიანობის ფუნქციისა. ეს მიდგომა 1980-მდე არ გამოიყენებოდა გლობალურ ცირკულაციურ მოდელებში.
ფარდობითი ტენიანობის სქემები ეყრდნობოდა კონცეფციას, რომ თუ ბადის საშუალო ფარდობითი ტენიანობა აჭარბებს კრიტიკულ მნიშვნელობას, დაახლოებით 80%, არსებობოს ალბათობა, რომ ბადის რაღაც მოცულობამ მიაღწია გაჯერებას და დაიწყება ღრუბლების წარმოქმნა. თუ ბადის საშუალო ფარდობითი ტენიანობა მიაღწევს 100%, მაშინ ბადე მთლიანად ღრუბლლითაა დაფარული. კონვექციის უფრო რთული პარამეტრიზაცია ღრუბლებს კონვექციურად წრამოქმნიდა. ეს მიიღწეოდა ღრუბლის ფრაქციის გაერთიანებით კონცექციით წარმოქმნილ ნალექებთAნდა ისევ მიეწერრებოდა კონდენსაციას. ღრუბლის პარამეტრიზაციის ამ ტიპს დიაგნოსტიკური ეწოდა. დიაგნოსტიკური მიდგომის მთავარი სიძნელე ღრუბლის ლატენტური სითბური ეფექტის და რადიაციული ეფექტების დაუკავშირებლობაა. სანდკვისტმა შემოიტანა დამატებითი პროგნოსტული მოდელი, ღრუბლების კონდენსატისთვის, რომელიც გამოიყენებოდა ღრუბლების მოდელირებისთვის. ის ზუსტად წინასწარმეტყველებდა წარმოქმნილი კონდენსატის რაოდენობას, რითაც შესაძლებელი იყო ღრუბლის რადიაციული ეფექტის დაკავშირება რადიაციასთან. ხოლო ღრბულის ფრაქცია იყო უჯრედის საშუალო ფარდობითი ტენიანობის ფუნქცია, რომელზეც კონდენსაციის პროცესს უკვე ჰქონდა გავლენა. სანკვისტის პარამეტრიზაციასთან ერთად წარმოიმნა მეორე მიდგომა, რომელიც ეყრდნობოდა ახალ იდეებს, რომლებიც მაღალი რეზოლუციის ბადეებში გამოიყენებოდა. ქვე-ბადურ დონეზე ღრუბლის არსებობა მოითხოვს რომ ტენოანობა და მისი გაჯერებულობის სიდიდე რაღაცნაირად იყოს განაწილებული უჯრედის საშუალო მნიშვნელობის მიმართ. განაწილების ალბათობის ფუნქციის ცოდნა საკმარისია ღრუბლის ფრაქციის და კონდენსაციის აღწერისთვის უჯრედში. ზოგადად ამას იყენებენ ტემპერატურის და ტენიანობის ცვლადების გაერთიანებული განაწილების ალბათობის ფუნქციის მიმართ.

1990-ს დასაწყისში წარმოიქმნა ღრუბლის პარამეტრიზციაში ახალი მიდგომა, რომელშიც ღრუბლის კონდენსაციის განვითარების დრო და ღრუბლის ფრაქცია აღიწერებოდა პროგნოსტული განტოლებებით. ამას საფუძველი ჩაუყარა ტიდკემ. სრულ პროგნოსტულ მიდგომაში უჯრედის საშუალო კონდენსატის და ღრუბლის ფრაქციის ნაცვლად შემოდის ალბათობის სიმკვრივის ფუნქციის მომენტები, როგორც პროგნოსტული მოდელის ცვლადები და ღრუბლის შესაბამისი პარამეტრები გამოითვლება განაწილების ალბათობის ფუნქციიდან.

ორივე მიდგომის მთავარი პრობლემა კვლავ რჩებოდა: ისინი ვერ ჩართავდნენ ღრუბელს როგორც კონვექციის პროცესის შედეგად წარმოქმნილს. მრავალი მიდგომა განვითარდა.ყველაზე გავრცელებული, რომელიც სქემებში გამოიყენებოდა კონდენსაციის აღწერისთვის თხევადი სითხის წყაროდ განიხილავდა კონვექციური აღმავალი ნაკადით შეტაცებულს. ეს შეტაცება კი სხვადასვა სქემებში სხვადასხვანაირადიყო განმარტებული [9].

მხოლოდ ახლახან ყურადღება მიექცა ღრუბლის მიკროფიზიკას. თუმცა ამან კიდევ წარმოქმნა სიძნელეები, რადგან გლობალური ცირკულაციური მოდელის და მიკროფიზიკის მასშტაბები სხვადასვანაირია. თანაც მიკროფიზიკური პროცესები არაწრფივია და მათი პარამეტრიზაცია მოითხოვს კონდენსაციის ლოკალური რაოდენობის ცოდნას. გცმ-ებში უჯრედის საშუალო კონდენსაციის მნიშვნელობაა ცნობილი. ამან მოითხოვა მიკიროფიზიკური კონსტანტების მნიშვნელოვანი ცვლილება, რათა არ მიეღოთ დიდი განუზღვრელობები კონდენსირებულ წყალსა და ნალექების რაოდენობებში. მიკროფიზიკის დეტალური აღწერა მოითხოვს ძალიან მოკლე დროით ბიჯებს [18,24]. ასეთის გამოყენება კი გცმ და ამინდის რიცხვით პროგნოზებში აკრძალულია. მაღAლი რეზოლუციის მოდელებში დაიწყეს რთული და უფრო რეალური პარამეტრიზაციის გამოყენება.

გლობალური მოდელები დაწყებული ამინდის რიცხვითი პროგნოზირებიდან, სეზონური პროგნოზიდან და კლიმატის მოდელირებამდე. თუმცა მრავალი მნიშვნელოვანი ატმოსფერული პროცესი როგორიცაა სასაზღვრო ფენის პროცესები, კონვექცია და ღრუბლის პროცესები რჩება გადუჭრელი. საჭიროა, ქვე-ბადური პროცესების როგორც ბადის მასშტაბის ცვლადების ისე წარმოდგენა. ამ ტექნიკას პარამეტრიზაცია ეწოდება (სტენსრუდი 2007). როგორც მიწისპირა ისე კოსმოსური დაკვირვებების სიტემებიდან მიღებულმა დაკვირვებებმა (აშშ ენერგეტიკის დეპარტამენტის ატმოსფერული რადიაციის გაზომვების პროგრამა, 2003, ევროპული CLOUDNET ქსელი, 2007) დააგროვეს საკმარისი მასალა პარამეტრიზაციის სადარ პროცესებზე გასარკვევად. ამასთან ერთად მოდელირებაში მიღწეულმა წარმატებებმა უსაზღვროდ განავითარა პარამეტრიზაცია (გრაბოვსკი 2001, რენდალი 2003). მოდელების განვითარება რთული პროცესია. ამინდის და კლიმატის განვითარების პროგნიზირების იარაღები არის დედამიწა-ატმოსფერო გლობალური სისტემის რიცხვითი მოდელები. ატმოსფერულ კომპონენეტს საერთოდ ატმოსფეროს ზოგადი

ცირკულაცია ეწოდება. ამ მოდელებს სჭირდებათ ატმოსფეროში არსებული ღრუბლების აღწერა. გცმ ხსნის კერძო წარმოებულიან დიფერენციალურ განტოლებებს, რომლებიც მართავენ ატმოსფეროს მდგომარეობის განვითარებას დისკრეტულ ფორმაში, რადგან ყოფენ ატმოსფეროს ფინიტური ზომის უჯრედებად. რადგან როგორც ზემოთ აღვნიშნეთ მიკროფიზიკური პროცესები მცირე მასშტაბისაა, მათი აღწერა მოითხოვს მოდელის რეზოლუციას რამოდენიმე ან უფრო მცირე მეტრს. თანამედროვე ტექნიკა გლობალურ მოდელებში ასეთ რეზოლუციას ვერ უშვებს. თანამედროვე გცმ-ს რეზოლუცია 50-დან 100კმ-მდეა, როცა გამოიყენება ამინდის გლობალური პროგნოსის სისტემაში და 200კმ-ზე მეტი როცა გამოიყენება კლიმატურ მოდელებში. ამ რეზოლუციაზე ღრუბლები შეუძლებელია განიხილებოდეს. ტექნიკა, რომელიც ღრუბლებს გცმ-ში შეიყვანს არის პარამეტრიზცია. პარამეტრები, რომლებიც ამოირჩევა ღრუბლის დასახასიათებლად არის ღრუბლის დაფარვის არის ჰორიზონტალური ფრაქცია ანუ ღრუბლის ფრაქცია და ღრუბლის საშუალო კონდენსაციის შემცველობა უჯრედში (არაკავა 1975).

განხილული პარამეტრული სქემებიდან, შეიძლება დავასკვნათ, რომ ერთგანზომილებიან მოდელში შექმნილი პარამეტრული სქემები უფრო დაზუსტებულია, მოყვანილ სქემებთან შედარებით. რაც მის გამოყენებას უფრო მიზანშეწონილს ხდის [2].

ღრუბელთა ფიზიკის ერთ-ერთი ყველაზე რთული და მნიშვნელოვანი პრობლემა არის საღრუბლო ნაწილაკების სპექტრის ფორმირება ნალექების გამოყოფით, ანუ საღრუბლო ნაწილაკების განაწილების ფუნქციის ცვლილება სივრცესა და დროში. ეს საკითხი დაკავშირებულია კოაგულაციის კინეტიკის განტოლების ამოხსნასთან და მის კავშირზე სხვადასხვა პროცესებთან, რომლებიც ურთიერთგადაჯაჭვულია, რაც შესაბამისი კინეტიკის განტოლებების არაწრფივობაში გამოიხატება. გარდა ამისა საღრუბლო ნაწილაკების სპექტრის გამოკვლევა მნიშვნელოვანია ასევე ნალექწარმოქმნის თეორიის და აქტიური ზემოქმედებისთვისაც.Aამ პრობლემასთან დაკავშირებული სიძნელეები ჩნდება იმის გამოც, რომ არასაკმარისად არის შესწავლილი არაწრფივი ინტეგრო-დიფერენციალური განტოლებების ამოხსნის როგორც ანალიზური ასევე რიცხვითი მეთოდები. კინეტიკური განტოლების ანალიზური ამოხსნები მიიღება მხოლოდ მცირე რაოდენობის განტოლებებისთვის, თუმცა მათი საშუალებითაც შეიძლება საკმარისი რაოდენობის მოვლენების ახსნა. ამასთან ანალიზური ამოხსნები შეიძლება გახდეს ამოსავალი წერტილი ამ პრობლემის უფრო დეტალური შესწავლისა [5,8].

კონვექციური ღრუბლის სტრუქტურის და განვითარების შესახებ ინფორმაციის მიღება შეიძლება საღრუბლო ნაწილაკების სპექტრის განაწილების და მისი ინტეგრალური მახასიათებლების (კონცენტრაცია, წყლიანობა, ყინულიანობა) გამოკვლევით, ამასთან არ არსებობს ერთიანი შეხედულება ღრუბლის სრულ სტრუქტურაზე. კონვექციური ღრუბლების განვითარების თეორიის, მისი

ურთიერთქმედების გარემოსთან და ნალექწარმოქმნის თეორიის განვითარებისთვის საჭირო ხდება ნალექწარმოქმნის მათემატიკური მოდელების შექმნა კოაგულაციის კინეტიკის ანალიზური და რიცხვითი მეთოდების სრულყოფასთან ერთად. ამასთან ანალიზური ამოხსნები გამოდგება როგორც დამოუკიდებლად ნალექწარმოქმნის მოდელისთვის, ასევე რიცხვითი მეთოდების განვითარებისთვისაც

კონვექციური ღრუბლების წარმოქმნა, განვითარება და ნალექების ფორმირება მეტეოროლოგიის ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესი პრობლემაა, რომელსაც როგორც სამეცნიერო, ასევე პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. ამ პრობლემის შესწავლას მრავალი თეორიული და ექსპერიმენტალური გამოკვლევა მიეძღვნა. ამ გამოკვლევის შედეგები შეიძლება გამოყენებული იყოს ამინდის პროგნოზირების ახალი მეთოდების შექმნისა და სრულყოფისათვის. მაგალითად, რადიოლოკაციური მონაცემების გამოყენება ღრუბლიანობის და ნალექების მოკლევადიანი პროგნოზირებისთვის, საშუალებას იძლევა ატმოსფეროს კონვექციის ისეთი საშიში და კატასტროფული ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების თავიდან აცილებისა, როგორებიცაა, ძლიერი და თავსხმა წვიმა, სეტყვა, ქარიშხალი, მეწყერი და სხვ.

ღრუბლის და ნალექწარმოქმნის მექანიზმების, ასევე თხევადი და მყარი ნალექების ფორმირების ეფექტურობის შესწავლა, აუცილებელია ნალექწარმომქმნელი პროცესების ხელოვნური რეგულირების მეთოდების განვითარებისთვის, მძლავრი კონვექციის ღრუბლებში სეტყვის პროცესების შესუსტება-შეჩერებაში, ელექტრულ პროცესებზე ზემოქმედებაზე ღრუბლებში, ნისლის შექმნის ან გაფანტვისთვის ატმოსფეროს მიწისპირა ფენაში და სხვ [8].

მიუხედავად მრავალრიცხოვანი თეორიული და ექსპერიმენტული გამოკვლევებისა, ბუნებრივი და ხელოვნური ნალექწარმომქმენი პროცესების პრობლემა, ჯერ კიდევ სრულად არ არის გადწყვეტილი. ამ პრობლემის სირთულე მდგომარეობს იმაში, რომ როგორც ღრუბლების, ასევე ნალექების წარმომქმნელი პროცესები სხვადასხვა ხასიათის და სივრცულ-დროითი მასშტაბებისაა- მიკროფიზიკური პროცესებიდან (წყლის ფაზური გადასვლები, კონდენსაცია, კრისტალიზაცია, კოაგულაცია) დაწყებული მსხვილმასშტაბიანი პროცესებით დამთავრებული (ღრუბლის დინამიკა და თერმოდინამიკა).

ნალექწარმოქმნის თეორიის განვითარებისთვის დიდი მნიშვნელობა მიიღო მათემატიკური მოდელების შექმნამ, კონვექციური ღრუბლებისთვის, რომლებიც აღწერდნენ ღრუბლის ბუნებრივ და ხელოვნურ ევოლუციას, ზემოქმედების სქემებს და სხვადასხვა რეაგენტის გავლენას. ძირითადად განვითარდა ორი ტიპის მოდელების შექმნის ტენდენცია: რთული და მარტივი. მარტივ-ერთგანზომილებიან მოდელებში თერმოჰიდროდინამიკის, მიკროფიზიკის და მათი ურთიერთქმედების აღმწერი განტოლებების სრული სახით ჩართვა მათში ვერ ხერხდებოდა. ამიტომ ხშირად გამოიყენება მიკროფიზიკური

პროცესებისთვის პარამეტრიზებული სქემები, ხოლო ძირითადი ყურადღება გადატანილია ღრუბლის თერმოჰიდროდინამიკაზე [8].
მიუხედავად ამისა ნალექის წარმოქმნის ეფექტურობის შესწავლასთან დაკავშირებული მრავალი საკითხი ჯერ კიდევ გადაუჭრელია. მათ ეკუთვის კერძოდ, წვეთების და კრისტალების მსხვილი ნაწილაკების ფორმირება, მათი შემდგომი ზრდა ღრუბლის სხვადასხვა პარამეტრების და მასში მიმდინარე პროცესების გავლენით.
ატმოსფეროს მათემეტიკური მოდელების გამოყენებით, მთელი დედამიწის სფეროსათვის ამინდის რიცხვითი მეთოდებით პროგნოზირება მოითხოვს მონაცემთა უზარმაზარი მასივების გარდაქმნასა და ურთულეს გაანგარიშებებს, რაც შეუძლებელია განხორციელდეს მძლავრი კომპიუტერული ტექნიკის გარეშე. ასეთი სიმრავლის ინფორმაციის გამოყენება განაპირობებს შესასწავლი ატმოსფერული პროცესების შესაბამისი (დასაშვები) გარჩევის უნარის მქონე, რთული მოდელების საფუძველზე მისაღების შედეგების მართვას. ამინდის პროგნოზის დასმული ამოცანის აღნიშნული სპეციფიკა მოითხოვს ძვირად ღირებულ (რამდენიმე მილიონი აშშ დოლარი და უფრო მეტი) მაღალტექნოლოგიურ უზრუნველყოფას, რაც დღევანდელ პირობებში მხოლოდ განვითარებული ქვეყნებისთვისაა შესაძლებელი. ამინდის გლობალური მოდელები, რომლებიც ამინდის ფართომასშტაბიან (1000კმ და მეტი) პროცესებს აღწერენ, იძლევიან პროგნოზს ერთი კვირის წინასწარობით. ანუ, იძლევიან ინფორმაციას ამინდის ფონური მდგომარეობის შესახებ, მაგრამ ვერ იჭერენ შედარებით მცირემასშტაბიან პროცესებს, მით უფრო, როდესაც ადგილობრივი ამინდი ყალიბდება ისეთი პროცესებით, როგორიცაა მაგ. კონვექცია. ასეთი ატმოსფერული პროცესები ვერ აღიწერება გლობალური მოდელებით, რომელთა სათვლელი ბადის ზომა საკმაოდ დიდია და შესაბამისად, კონკრეტული ვადისათვის ამინდის ადგილობრივი თავისებურებების გარჩევის უნარი დაბალია. დღეისათვის არსებული მძლავრი კომპიუტერული სისტემების გამოყენების შესაძლებლობის მიუხედავად, ამინდის ადგილობრივი გამოვლენის გარჩევის მისაღები სიზუსტის მიღწევა დედამიწის მთელი სფეროსათვის, მხოლოდ გლობალური მოდელის საშუალებით, პრაქტიკულად შეუძლებელია. ამგვარად, ადგილობრივი რეალური ამინდის წინასწარმეტყველებისათვის დღის წესრიგში დგება რეგიონული (შემოსაზღვრული ტერიტორიის მქონე არის) მოდელების დამუშავების აუცილებლობა.

აღნიშნული აუცილებლობის რეალურ პირობებში მიღწევისა და დასმული ამოცანის გადასაწყვეტად დამუშავებული მოდელის რეალიზაციისათვის მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება პროგრამულ-ტექნიკურ (ტექნოლოგიურ) უზრუნველყოფას. ამ მიმართულებით მონაცემთა პარალელური დამუშავების ტექნოლოგიების განვითარებამ და ფართომასშტაბური პარალელური პროცესირებისათვის პროგრამული უზრუნველყოფის შექმნამ, გამოთვლითი

ტექნიკის (მათ შორის: პერსონალური კომპიუტერის) შესაძლებლობები ზევრად გაიზარდა და ეკონომიკური დანახარჯები მნიშვნელოვნად შემცირდა. ზევრი ქვეყნის ეროვნულ მეტეოროლოგიურ სამსახურებში ოპერატიული მოკლევადიანი პროგნოზირებისათვის ხელმისაწვდომი გახდა შემოსაზღვრული არის მქონე მოდელების გამოყენება [9]. ამ მოდელების სპექტრი საკმაოდ მრავალფეროვანია, რომელთაგან განსაკუთრებულ ყურადღებას იმსახურებენ მეზომასშტაბური მოდელები, აგრეთვე ატმოსფეროს დინამიკური მოდელები, რომელთაც აქვთ ხელოვნური საზღვრები, სადაც მოდელის ცვლადების მნიშვნელობები განისაზღვრება უფრო უხეშ ბადეზე გლობალური მოდელების გაშვების შედეგებიდან. ეს მოდელები აღწერენ გლობალური მოდელებისათვის შეუმჩნეველ ამინდის რეალურ პირობებს, რომლებიც ხშირად ყალიბდება ატმოსფეროში მიმდინარე მცირე მასშტაბიანი პროცესებით. WRF-EMS (გარემოს მოდელირების სისტემა) და WRF-ARW (ამინდის გაუმჯობესებული კვლევა). აღნიშნული მეთოდოლოგიის გამოყენება საშუალებასიძლევა, რომ რეალურ დროში განხორციელდეს წამყვანი ქვეყნების ერთ-ერთი საპროგნოზო ცენტრის მიერ უკვე დანერგილი გლობალური მოდელის (GFS) ამოხსნის შედეგების გადათვლა შემოსაზღვრული არისათვის ადგილობრივი ფიზიკურ-გეოგრაფიული პარამეტრებისა და რიგი მეზო და მიკრომასშტაბური ატმოსფერული, ბიოლოგიური და ქიმიური პროცესების გათვალისწინებით [9].
დედამიწის მაგნიტური ველის მოდელი WMM5, რომლითაც მთელი დედამიწისთვის წარმოებს მაგნიტური ველის მდგენელების გამოთვლა და პროგნოზირება, მნიშვნელოვანია, რადგან ელექტრო მოწყობილობების გამართული ფუნქციონირებისთვის აუცილებელია დედამიწის შეუშფოთებელი მაგნიტური ველი და ამინდის ზუსტი პროგნოზისთვის საჭიროა მისი გაწყვილება ამინდის რიცხვით მოდელთან. ეს ეტაპი საქართველოში ჯერ არ სრულდება. წარმოდგენილი მონოგრაფია დააჩქარებს ამ პროცესს.
2013 წელს, გაერთიანებული სამეფოს მთავრობამ გამოაცხადა ფართომასშტაბიანი ინვესტიცია პროექტში „დიდი მონაცემების გამოყენება მეცნიერებაში“, განსაკუთრებით გარემოსდაცვით სექტორში და დაიწყო პროგრამის დაფინანსება სახელწოდებით CEMS (კლიმატის და გარემოს მონიტორინგი კოსმოსიდან) [9]. ამან შესაძლებელი გახადა უფრო დიდი მონაცემთა ბაზების შექმნა, რაც საშუალებას მისცემს კვლევით ორგანიზაციებს იმუშაონ მეტი მონაცემით და მიიღონ უკეთესი შედეგი. კლიმატის ცვლილებასა და პლანეტების მონიტორინგზე ფოკუსირებით, CEMS-მა აღმოფხვრა უზარმაზარი მონაცემთა ნაკრების ჩამოტვირთვის აუცილებლობა, ხოლო წვდომის ღირებულება შეამცირა. ღრუბლის მონაცემებთან (Cloud data) ერთად, ის ახლა გლობალური სტანდარტია მსოფლიოს ზოგიერთი წამყვანი კვლევითი ინსტიტუტისთვის.

გარემოსდაცვითი მონაცემები გროვდება სხვადასხვა წყაროდან:

1. მონაცემთა დიდი რაოდენობა გროვდება დისტანციური ზონდირების, სატელიტური ან საჰაერო ხომალდის ზონდირების საშუალებით, მათ შორის უპილოტო საჰაერო ხომალდების მზარდი გამოყენების ჩათვლით. ეს მოიცავს პასიურ ზონდირებას, როგორიცაა ფოტოგრაფია ან ინფრაწითელი გამოსახულება და აქტიური ზონდი, როგორიცაა RADAR/LIDAR [9]. ღია თანამგზავრული მონაცემების ხელმისაწვდომობის გაზრდა დედამიწისა და გარემოსდაცვითი მეცნიერებების მთავარი ტენდენციაა. მაგალითად, ევროკავშირის კოპერნიკის პროგრამა და მასთან დაკავშირებული Sentinel მისიები ან NASA Earth Observing System-ის თანამგზავრები, LandSat არქივი რეგულარულად ივსება სხვადასხვა აპლიკაციების მონაცემების მისაღებად.

2. სხვა მონაცემები გროვდება დედამიწის მონიტორინგის სისტემების მეშვეობით, რომლებიც შედგება სენსორული ტექნოლოგიების სპექტრისგან, რომლებიც ზომავენ სხვადასხვა ფიზიკურ ობიექტებს [14]. კერძოდ, ამინდის სადგურები და მონიტორინგის სისტემები
3. მოდელის თვლის შედეგები ასევე არის გარემოსდაცვითი მონაცემების მნიშვნელოვანი გენერატორი და მოდელის წინა გაშვების შედეგები ხშირად ინახება შემდგომი ანალიზისთვის [9,18].
ტერმინი Big Data პოპულარული გახდა ახალი ტექნოლოგიებისა და ინოვაციების წყალობით, რომლებიც გაჩნდა გასული ათწლეულის განმავლობაში, დიდი მოცულობის და სწრაფად წარმოქმნილი ჰეტეროგენული მონაცემების ანალიზის საჭიროების გათვალისწინებით, ამიტომ შეგროვება და დამუშავება ხდება მაღალი სიჩქარით. ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები შესაძლებელს ხდის დიდი მონაცემების ინტეგრირებას პროგნოზირებად და დანიშნულების მართვის ინსტრუმენტებში კლიმატის სისტემების მდგრადობის გასაუმჯობესებლად [9].
დიდი მონაცემები მიზნად ისახავს ხელი შეუწყოს კლიმატთან დაკავშირებულ რისკებზე მოქმედებებს მონაცემთა დიდი მოცულობის, მრავალფეროვნებისა და ხარისხის მიწოდებით შაბლონების იდენტიფიცირებისა და მონაცემების ხელმისაწვდომობის მიზნით. ამრიგად, დიდი მონაცემების მიდგომა შეიძლება გახდეს ძირითადი ინფორმაციის წყარო გადაწყვეტილების მიმღებთათვის შესაბამისი სტრატეგიების შექმნისა და ადაპტაციის, მიმდინარე და მომავალი პრობლემების იდენტიფიცირების და დროული მოქმედებისთვის აღდგენის ეტაპების იდენტიფიცირების თვალსაზრისით. დიდი მონაცემების მეთოდები მანქანურ სწავლებასთან დაკავშირებით საშუალებას იძლევა განისაზღვროს ადამიანების დამოკიდებულება გარემოს ცვლილებებთან და აღიაროს ისინი (Park et al., 2020). დიდი მონაცემები და მანქანათმცოდნეობის მიდგომები

სასიცოცხლოდ მნიშვნელოვანია ჰეტეროგენული ჰიდრომეტეოროლოგიური მონაცემთა ნაკრების ყოვლისმომცველი შერწყმისთვის.

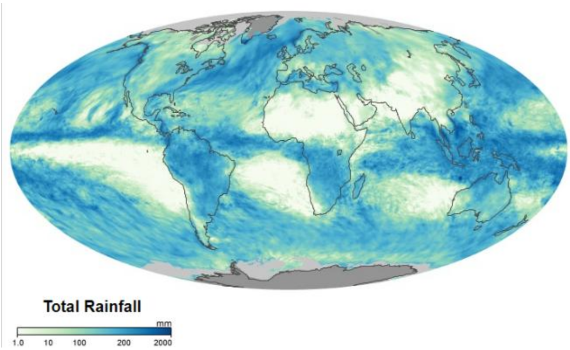
1.3 თანამგზავრები

მიწის ზედაპირის ტემპერატურა

მიწის ზედაპირის ტემპერატურა უჩვენებს, თუ რამდენად ცხელდება დედამიწის „ზედაპირი“ კონკრეტულ ადგილას შეხებისას. თანამგზავრის თვალსაზრისით, "ზედაპირი" არის ის, რასაც ის ხედავს, როდესაც ატმოსფეროს მეშვეობით იყურება მიწაზე. ეს შეიძლება იყოს თოვლი და ყინული, ბალახი გაზონზე, შენობის სახურავი ან ფოთლები ტყის საფარში. ამრიგად, მიწის ზედაპირის ტემპერატურა არ არის იგივე, რაც ჰაერის ტემპერატურა, რომელიც შედის ამინდის ყოველდღიურ ანგარიშში [16,17].
ტემპერატურის რუკები სრულდება ნასას თანამგზავრ Terra-ზე ზომიერი რეზოლუციის გამოსახულების სპექტრორადიომეტრის (MODIS) მიერ დღის განმავლობაში შეგროვებული მონაცემების გამოყენებით. ტემპერატურა მერყეობს -25 გრადუს ცელსიუსიდან (ღრმა ლურჯი) 45 გრადუს ცელსიუსამდე (ვარდისფერი ყვითელი). შუა და მაღალ განედებზე, მიწის ზედაპირის ტემპერატურა შეიძლება განსხვავდებოდეს მთელი წლის განმავლობაში, მაგრამ ეკვატორული რეგიონები მუდმივად თბილია, ხოლო ანტარქტიდა და გრენლანდია მუდმივად ცივი რჩება. სიმაღლე გადამწყვეტ როლს ასრულებს ტემპერატურის ველის განვითარებაში.
მეცნიერები აკონტროლებენ მიწის ზედაპირის ტემპერატურას, რადგან დედამიწის ლანდშაფტიდან ამომავალი სითბო გავლენას ახდენს გარემოს ამინდსა და კლიმატზე. მეცნიერებს სურთ თვალყური ადევნონ, თუ როგორ მოქმედებს ატმოსფერული სათბურის გაზების მზარდი ზემოქმედება მიწის ზედაპირის ტემპერატურაზე და როგორ მოქმედებს მიწის ზედაპირის ტემპერატურის მატება მყინვარებზე, ყინულის ფურცლებზე, მუდმივ ყინულზე და დედამიწის ეკოსისტემების მცენარეულობაზე.
კომერციულ ფერმერებს ასევე შეუძლიათ გამოიყენონ მიწის ზედაპირის ტემპერატურის რუქები, რათა შეაფასონ წყლის მოთხოვნები მათი კულტურებისთვის ზაფხულში, როდესაც ისინი მიდრეკილნი არიან სითბური სტრესისკენ. და პირიქით, ზამთარში ეს რუკები ფერმერებს ეხმარება დაადგინონ სად და როდის შეიძლება იყოს ფორთოხლის კორომები საზიანო ყინვის მიმართ.

სრული ნალექი

გლობალურად, წვიმა არის მტკნარი წყლის მთავარი წყარო მცენარეებისა და ცხოველებისთვის. ნალექი აუცილებელია დედამიწის ლანდშაფტებში სიცოცხლისთვის. დედამიწის ატმოსფეროში წყლის უზარმაზარი რაოდენობის გადაადგილების გარდა, წვიმის ღრუბლები ასევე უზარმაზარი ენერგიის მატარებლები არიან. როდესაც წყალი ორთქლდება ზედაპირიდან და ორთქლის სახით ადის ატმოსფეროში, იგი ატარებს სითბოს მზისგან გამთბარი ზედაპირიდან. მოგვიანებით, როდესაც წყლის ორთქლი კონდენსირდება და ქმნის ღრუბლის წვეთებს და წვიმას, სითბო გამოიყოფა ატმოსფეროში. ეს გათბობა დედამიწის ენერგეტიკული ბიუჯეტისა და კლიმატის ძირითადი ნაწილია [16,17].



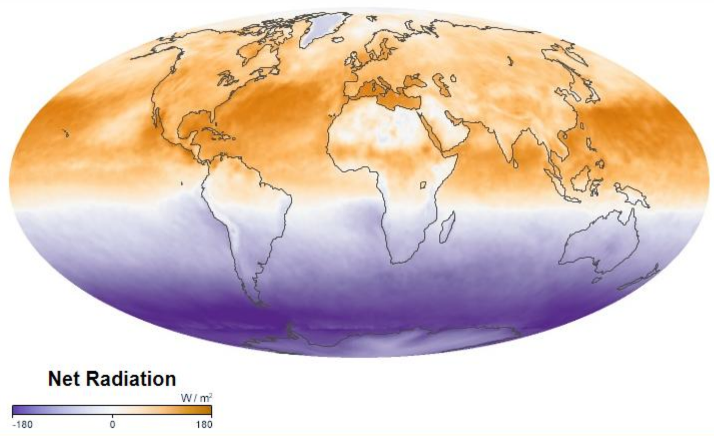
ნალექის რუკები აჩვენებს სრულ ყოველთვიურ ნალექს მილიმეტრებში NASA-ს ინტეგრირებული მრავალსატელიტური ძიების GPM (IMERG) მონაცემთა ნაკრებიდან. წვიმის მაღალი ჯამები წარმოდგენილია მუქი ლურჯით, ხოლო მცირე ნალექის ჯამები ნაჩვენებია თეთრ ფერში [15].
ნალექების სრულ რუკებში ყველაზე აშკარად ჩანს სეზონური ცვლილება. ძლიერი წვიმის არხი სეზონურად მოძრაობს ეკვატორის ჩრდილოეთით და სამხრეთით. სინამდვილეში, წვიმის დაახლოებით ორი მესამედი მოდის ეკვატორის გასწვრივ ან მის მახლობლად, და ამ განედების ქვეყნებში ხშირად რამდენიმე თვე თითქმის ყოველდღიური წვიმაა, რასაც მოჰყვება თვეების განმავლობაში სიმშრალე, როდესაც წვიმის ზოლი ჩრდილოეთით და სამხრეთით მოძრაობს. აზიის მუსონს წვიმა მოაქვს ჩინეთში, სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიასა და ინდოეთში აპრილიდან სექტემბრამდე. ოქტომბრიდან მაისამდე სამხრეთ ამერიკა გადის წვიმიან სეზონს, მაგრამ ამაზონის ტროპიკული ტყის ნაწილიც კი ყოველწლიურად რამდენიმე თვე მნიშვნელოვანი წვიმის გარეშეა.

გამოსხივება

დედამიწის გამოსხივება, რომელსაც ზოგჯერ ნაკადს უწოდებენ, არის ბალანსი ატმოსფეროს ზედა ნაწილში შემომავალ და გამავალ ენერგიას შორის. ეს არის მთლიანი ენერგია, რომელიც ხელმისაწვდომია კლიმატზე ზემოქმედებისთვის. ენერგია შემოდის სისტემაში, როდესაც მზის შუქი აღწევს ატმოსფეროს ზედა ნაწილში. ენერგია გაედინება ორი გზით: ღრუბლების, აეროზოლების ან დედამიწის ზედაპირიდან არეკვლით; და თერმული გამოსხივებით - ზედაპირიდან და ატმოსფეროდან, ღრუბლების ჩათვლით გამოსხივებული სითბო. გლობალური საშუალო გამოსხივება უნდა იყოს ნულთან ახლოს ერთი წლის განმავლობაში, წინააღმდეგ შემთხვევაში საშუალო ტემპერატურა მოიმატებს ან დაიკლებს 15,16,17].

რუკები აჩვენებს ყოველთვიურ გამოსხივებას ვატებში კვადრატულ მეტრზე. ადგილები, სადაც შემომავალი და გამავალი ენერგიის რაოდენობა დაბალანსებულია- თეთრია. ადგილები, სადაც მეტი ენერგია შემოდიოდა, ვიდრე გადიოდა (დადებითი გამოსხივება) არის ნარინჯისფერი. ადგილები, სადაც მეტი ენერგია გადიოდა, ვიდრე შემოდიოდა (ნეგატიურიგამოსხივება) არის მეწამული. გაზომვები განხორციელდა ღრუბლებისა და დედამიწის სხივური ენერგიის სისტემის (CERES) სენსორებით ნასას თანამგზავრებზე Terra და Aqua.

ერთი წლის განმავლობაში, ყველაზე აშკარა რადიაციის ცვლილება სეზონური ცვლილებებია. შემომავალი მზის შუქი იზრდება ნახევარსფეროში ზაფხულში, რაც ენერგიის დისბალანსს ძლიერ დადებითად აქცევს (მეტი ვატი ენერგია შემოდის, ვიდრე გადის). სექტემბრის ბუნიობის მოახლოებასთან ერთად, დადებითი გამოსხივების ზონა თითქმის ორიენტირებულია ეკვატორზე და ენერგეტიკული დეფიციტი პოლუსებზე ხვდება. როდესაც სეზონი იცვლება ზამთარში, გამოსხივება ხდება უარყოფითი ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს დიდ ნაწილზე და დადებითი სამხრეთ ნახევარსფეროში. მდგომარეობა იცვლება მარტის ბუნიობაზე.



წელიწადში საშუალოდ, არის ენერგიის სიჭარბე ეკვატორზე და დეფიციტი პოლუსებზე. ეკვატორისა და პოლუსის ენერგიის ეს დისბალანსი ატმოსფერული და ოკეანის ცირკულაციის ფუნდამენტური მამოძრავებელია.

თოვლის საფარი

თოვლი არის ნალექი, რომელიც წარმოიქმნება წყლის ორთქლის გაყინვისას. იმის გამო, რომ თოვლი ძალიან ამრეკლავია, ის მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კლიმატის რეგულირებაში: ის აირეკლავს შემომავალ მზის შუქს უკან კოსმოსში, აგრილებს პლანეტას. თოვლი ასევე ხელს უწყობს სიცოცხლეს. სეზონური თოვლის დნობა (ისევე, როგორც მყინვარები) უზრუნველყოფს სასმელ და სარწყავ წყალს კულტურებისთვის მსოფლიოს ბევრ ქვეყანაში. თოვლის დნობა ატენიანებს ნიადაგს და ამცირებს ტყის ხანძრის რისკს. თუმცა, ზედმეტმა თოვლმა შეიძლება გამოიწვიოს გაზაფხულის წყალდიდობა, როდესაც თოვლი დნება.

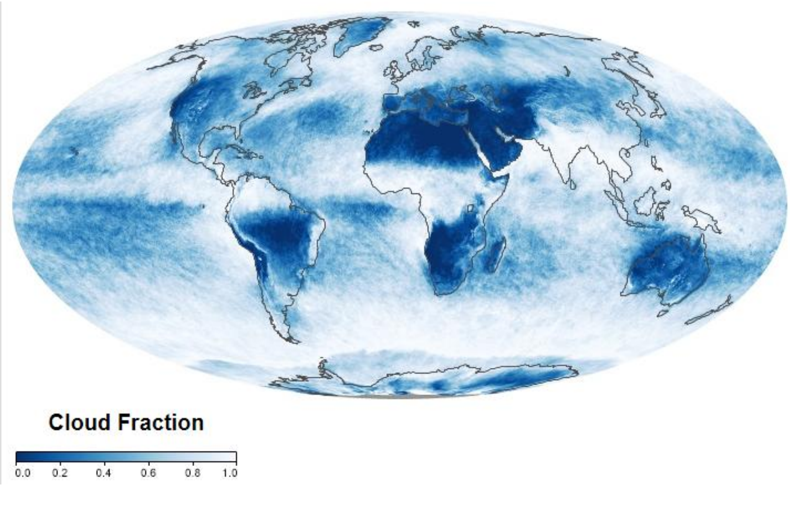
თოვლის საფარის რუკები შედგენილია ნასას თანამგზავრ Terra-ზე ზომიერი რეზოლუციის გამოსახულების სპექტრორადიომეტრის (MODIS) მიერ შეგროვებული დაკვირვებებიდან. თოვლის საფარის მნიშვნელობები მერყეობს საშუალო ლურჯიდან (0 პროცენტზე მეტი) თეთრამდე (100 პროცენტი). მიწის მასები, რომლებიც არ ინარჩუნებენ თოვლის საფარს და ადგილები, სადაც MODIS არ აგროვებდა მონაცემებს, ნაცრისფერია. იმის გამო, რომ MODIS ეყრდნობა ხილულ შუქს თოვლის საფარის შესაფასებლად, სენსორი ვერ აგროვებს მონაცემებს ჩრდილოეთ ნახევარსფეროს უმაღლეს განედებზე ზამთრის პერიოდში, როდესაც მზის შუქი არ აღწევს ამ რეგიონებს [15].

თოვლი და ყინული მთელი წლის განმავლობაში მოიცავს დედამიწის პოლარული რეგიონების უმეტეს ნაწილს, მაგრამ ქვედა განედებზე დაფარვა

დამოკიდებულია სეზონზე და სიმაღლეზე. მაღალი სიმაღლის რელიეფები, როგორიცაა ტიბეტის პლატო, ანდები და კლდოვანი მთები, თითქმის მთელი წლის განმავლობაში ინარჩუნებს თოვლის გარკვეულ რაოდენობას. მიწის ფართობი უფრო დიდია და თოვლის საფარი უფრო ცვალებადია ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში, ვიდრე სამხრეთ ნახევარსფეროში.

ღრუბლის საფარი

დედამიწის წყლის ციკლში წვიმისა და თოვლის გამომწვევი როლის გარდა, ღრუბლები მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ დედამიწის ენერგეტიკულ ბიუჯეტში - ენერგიის ბალანსი, რომელიც შედის და ტოვებს კლიმატის სისტემას. ღრუბლებს შეიძლება ჰქონდეთ დათბობის ან გაგრილების გავლენა მათი სიმაღლის, ტიპისა და წარმოქმნის მიხედვით. ღრუბლები ირეკლავენ მზის შუქს უკან კოსმოსში, რაც იწვევს გაგრილებას. მაგრამ ასევე შეუძლია შთანთქას სითბო, რომელსაც ასხივებს დედამიწის ზედაპირი, რაც ხელს უშლის მის თავისუფალ გასვლას კოსმოსში. გაურკვევლობის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი წყარო კომპიუტერულ მოდელებში, რომლებიც პროგნოზირებენ მომავალ კლიმატს, არის ის, თუ როგორ მოქმედებს ღრუბლები კლიმატურ სისტემაზე და როგორ შეიძლება შეიცვალოს მათი როლი კლიმატის დათბობასთან ერთად.



რუკები გვიჩვენებს, დედამიწის რა ნაწილი იყო მოღრუბლული ყოველთვიურად. გაზომვები შეგროვდა ზომიერი რეზოლუციის გამოსახულების სპექტრორადიომეტრით (MODIS) ნასას თანამგზავრზე Terra [15]. ფერები მერყეობს ლურჯიდან (ღრუბლების გარეშე) თეთრამდე (მთლიანად მოღრუბლული). ციფრული კამერის მსგავსად, MODIS აგროვებს

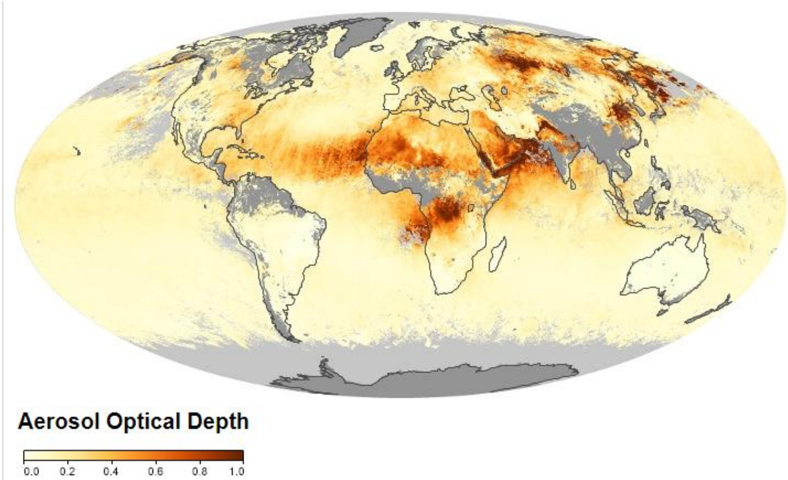
ინფორმაციას ქსელურ უჯრებში ან პიქსელებში. ღრუბლის ფრაქცია არის თითოეული პიქსელის ის ნაწილი, რომელიც დაფარულია ღრუბლებით. ფერები მერყეობს ლურჯიდან (ღრუბლების გარეშე) თეთრამდე (მთლიანად მოღრუბლული).

თვიდან თვემდე ღრუბლების საფარი ზოლად ევრის ეკვატორს. მდგრადი ღრუბლების ამ ჯგუფს ეწოდება ინტერტროპიკული კონვერგენციის ზონა, ადგილი, სადაც ხვდება აღმოსავლეთის ქარები ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროებში. ქარების შეჯახება ატმოსფეროში აწვება თბილ, ტენიან ჰაერს. ჰაერი ფართოვდება და ცივდება, წყლის ორთქლი კი ღრუბლებად და წვიმად კონდენსირდება. ღრუბლის ზოლი სეზონებთან ერთად ეკვატორის ოდნავ ჩრდილოეთით და სამხრეთით გადადის. ტროპიკულ ქვეყნებში, ინტერტროპიკული კონვერგენციის ზონის ეს ცვლილება იწვევს წვიმიან და მშრალ სეზონებს.

კიდევ ერთი ხშირად მოღრუბლული ადგილი არის სამხრეთ ოკეანე. მიუხედავად იმისა, რომ მაღალ განედებში არ არის იმდენი აორთქლება, როგორც ტროპიკებში, ჰაერი ცივია. რაც უფრო ცივია ჰაერი, მით უფრო ადვილად შეიწოვება ჰაერში არსებული წყლის ორთქლი ღრუბლებში.

აეროზოლი

ატმოსფეროში შეკიდულ წვრილ მყარ და თხევად ნაწილაკებს აეროზოლები ეწოდება. ქარის მტვერი, ზღვის მარილები, ვულკანური ფერფლი, ტყის ხანძრის კვამლი და ქარხნების დაბინძურება აეროზოლების მაგალითია. მათი ზომის, ტიპისა და ადგილმდებარეობის მიხედვით, აეროზოლებს შეუძლია ზედაპირის გაციება ან გახურება. მათ შეუძლიათ დაეხმარონ ღრუბლების წარმოქმნას, ან პირიქით შეაჩერონ ღრუბლების წარმოქმნა. ზოგიერთი აეროზოლი შეიძლება საზიანო იყოს ადამიანების ჯანმრთელობისთვის.



რუკები აჩვენებს აეროზოლის საშუალო თვიურ რაოდენობას მთელს მსოფლიოში, ნასას თანამგზავრ Terra-ზე ზომიერი რეზოლუციის გამოსახულების სპექტრორადიომეტრის (MODIS) დაკვირვების საფუძველზე [15]. აეროზოლების სატელიტური გაზომვები, რომელსაც ეწოდება აეროზოლის ოპტიკური სისქე, ეფუძნება იმ ფაქტს, რომ ნაწილაკები ცვლის ატმოსფეროს მიერ გამოსხივებულ და შთანთქმულ ხილულ და ინფრაწითელ სინათლეს. 0.1-ზე ნაკლები ოპტიკური სისქე (ყველაზე ღია ყვითელი) მიუთითებს კრისტალურად სუფთა ცაზე მაქსიმალური ხილვადობით, ხოლო მნიშვნელობა 1 (მოწითალო ყავისფერი) მიუთითებს ძალიან ბუნდოვან პირობებზე.

აეროზოლის მაღალი რაოდენობა დაკავშირებულია სხვადასხვა პროცესთან წელიწადის სხვადასხვა ადგილას და დროს. აეროზოლის მაღალი რაოდენობა მაგ. სამხრეთ ამერიკაში ხდება ივლისიდან სექტემბრამდე. ეს გამოწვეულია მიწის გაწმენდით და სასოფლო-სამეურნეო ხანძრებით, რომლებიც გავრცელებულია ამაზონის აუზსა და სერადოს რეგიონებში მშრალ სეზონზე. აეროზოლებს მსგავსი სეზონური განაწილება ფიქსირდება ცენტრალურ ამერიკაში (მარტი-მაისი), ცენტრალურ და სამხრეთ აფრიკაში (ივნისი-სექტემბერი და სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიაში (იანვარი-აპრილი).

თუმცა, სხვა შემთხვევებში, აეროზოლის კონცენტრაცია არ არის დაკავშირებული ხანძრებთან. მაგალითად, ყოველი წლის მაისიდან აგვისტომდე, აეროზოლის რაოდენობა მკვეთრად იზრდება არაბეთის ნახევარკუნძულზე და მიმდებარე ოკეანეებში მტვრის ქარიშხლების გამო. აეროზოლის მაღალი რაოდენობა რამდენიმე თვეში დაიკვირვება ჰიმალაის

მთების მთისწინეთში ჩრდილოეთ ინდოეთში და ჩერდება აღმოსავლეთ ჩინეთში მთელი წლის განმავლობაში. აეროზოლის ეს მომატებული რაოდენობა გამოწვეულია ადამიანის მიერ წარმოებული ჰაერის დაბინძურებით.

მცენარეული საფარი

თანამგზავრები აკვირდებიან გლობალური მასშტაბის მცენარეულ საფარს, რომლებსაც შემდეგ იყენებენ მცენარეთა ზრდის ცვლილებების შესასწავლად კლიმატის და გარემოს ცვლილებების, ისევე როგორც ადამიანის საქმიანობის შედეგად. ფოტოსინთეზი დიდ როლს ასრულებს ატმოსფეროდან ნახშირორჟანგის მოცილებაში და მის ხესა და ნიადაგში შესანახად, ამიტომ მცენარეულობის რუკების შედგენა ნახშირბადის ციკლის შესწავლის მთავარი ნაწილია. ფერმერები და რესურსების მენეჯერები ასევე იყენებენ სატელიტზე დაფუძნებულ მცენარეულ რუკებს, რათა დაეხმარონ მათ აკონტროლონ ტყეების და სასოფლო-სამეურნეო მიწების ჯანმრთელობა [1,9].

ამ რუკებზე მცენარეულობა გამოსახულია, როგორც სიმწვანეს მასშტაბი ან მაჩვენებელი. სიმწვანე ეფუძნება რამდენიმე ფაქტორს: მცენარეების რაოდენობას და ტიპს, რამდენად ფოთლოვანი და რამდენად ჯანმრთელია. იმ ადგილებში, სადაც ფოთლები მკვრივია და მცენარეები სწრაფად იზრდებიან, ინდექსი მაღალია, წარმოდგენილია მუქი მწვანეში. რეგიონებს, სადაც მცენარეები იზრდება, აქვთ დაბალი მცენარეულობის ინდექსი, რომელიც ნაჩვენებია რუკაში. ინდექსი დაფუძნებულია ნასას თანამგზავრ Terra-ზე ზომიერი რეზოლუციის გამოსახულების სპექტრორადიომეტრის (MODIS) გაზომვებზე. უბნები, სადაც სატელიტი არ აგროვებდა მონაცემებს, ნაცრისფერია.

ყველაზე აშკარა ნიმუში, რომელსაც რუკები აჩვენებს, არის გლობალური: მცენარეული სიმწვანე მაღალია ეკვატორის გარშემო მთელი წლის განმავლობაში, სადაც უხვადაა ტემპერატურა, ნალექი და მზის შუქი. ეკვატორსა და პოლუსებს შორის მცენარეული სიმწვანე მატულობს და ეცემა სეზონების ცვლასთან ერთად.

ვეგეტაციის ინდესები

საქართველოს ტყეები კავკასიის ეკორეგიონის ნაწილს წარმოადგენენ, რომელიც გლობალურ დონეზე იდენტიფიცირებული 200 მნიშვნელოვანი ეკორეგიონის რიცხვში შედის. ტყეების 90%-ზე მეტი განლაგებული მთების (დიდი და მცირე კავკასიონი) კალთებზე, რის გამოც მათი სამეურნეო გამოყენება შეზღუდულია. საქართველოს ტყეების ძირითადი დანიშნულებაა ნიადაგდაცვითი, წყალდაცვითი, წყალმარეგულირებელი, ზვავსაწინააღმდეგო და სხვ.

საქართველოს მიერ დამოუკიდებლობის მოპოვების შემდეგ ტყეების მდგომარეობა არსებითად გაუარესდა: დიდი მოცულობით ხდებოდა ხე-ტყის უკანონო ჭრა, ტყეების მართვა არ იყო ეფექტური, საძოვრები ინტენსიურად გამოიყენებოდა, რის გამოც არ იყო უზრუნველყოფილი ტყის რესურსების მდგრადობა, ტყეების გარემოსდაცვითი, ეკონომიური და სოციალური ღირებულებები მნიშვნელოვნად გაუარესდა. გაიზარდა ეროზია, დაირღვა ეკოლოგიური მთლიანობა და ლანდშაფტები სერიოზული საფრთხის ქვეშ აღმოჩნდნენ. საქართველოს გარემოს დაცვისა და ბუნებრივი რესურსების სამინისტრო უარყოფითი ფაქტორების აღმოსაფხვრელად ატარებს სხვადასხვა ღონისძიებებს, აფორმებს ხელშეკრულებებს სხვადასხვა საერთაშორისო ორგანიზაციებთან, რომლითაც დაგეგმილია თანამედროვე სტანდარტების სატყეო მეურნეობის მოწყობა. მაგრამ ეს მცდელობები არასაკმარისია ტყეების შენარჩუნებისთვის. მეორე ეროვნული შეტყობინების (2009) მიხედვით 200წ. საქართველოში ნახშირბადის ნეტოს შთანთქმა იყო 1097,9გგ.-C, ანუ 4025,5გგ-CO_2, რაც 1990 წელთან შედარებით გაზრდილია 286,7გგ- CO_2-ით [1,6]. ტყეების საძოვრებად გადაქცევაზე ზუსტი მონაცემი არ არსებობს. თანამედროვე ტექნოლოგიების როგორიცაა თანამგზავული ინფორმაცია, GIS ტექნოლოგიები, აერული გაზომვები სართოდ არ გამოიყენება.

ტყე ნახშირბადის საკუჭნაოა და ისინი ნახშირორჟანგს ამცირებენ, როდესაც იზრდება მათი სიხშირე ან გავრცელების ტერიტორია. კანადის ჩრიდოეთ ტყეების სრული ნახშირბადის 80% ინახება ნიადაგში, როგორც მკვდარი ორგანული მატერია . აფრიკის, აზიის და სამხრეთ ამერიკის ტროპიკული ტყეების მიერ ლიდსის უნივერსიტეტის 40 წლიანი კვლევა, გვიჩვენებს ტროპიკული ტყეები შთანთქავს ყველა წიაღისეული საწვავის .დაახლოებით 18% ნახშირორჟანგს. ტროპიკულ ტყეებს შეუძლია გლობალური დათბობის შესუსტება მანამდე სანამ ყველა არსებული მიწის გატყიანება არ მოხდება. მიუხედავად ამისა, გლობალური გაგრილების ეფექტი ნახშირბადის სეკვესტრით ნაწილობრივ წონასწორდება გატყიანებით რადგან მას შეუძლია შეამციროს მზის არეკვლადობა (ალბედო). საშუალოდან მაღალი გრძედის ტყეებს აქვს გაცილებით დაბალი ალბედო თოვლი სეზონის დროს, ვიდრე მიწას, რაც ხელს შეუწყობს დათბობას [1,6].

ტყის მოსალოდნელი სიცოცხლის ხანგრძლივობა სხვადასახვაა დედამიწაზე და იცვლება ხეთა სახეობების, ადგილის პირობების და ბუნების მიხედვით. ზოგიერთ ტყეში ნახშირბადი საუკუნეები ინახება, ზოგში კი გამოთავისუფლდება ხშირი ხანძრების გამო.

მიწის საზღვრების და ფორმის დადგენის მრავალი მეთოდი და ინსტრუმენტი არსებობს. მათ შორის დისტანციური ზონდირების, მაგალითად,

სატელიტური სურათები, ოპტიკური ან რადარული კონტროლის სისტემები, საჰაერო ფოტოგადაღება, GPS, ტოპოგრაფიული რუკები და მიწის ჩანაწერები. დიდი ტერიტორიების მასშტაბის ლანდშაფტისთვის შეიძლება განისაზღვროს კონკრეტული საზღვრის აღწერილობები GPS-ზე დაფუძნებული კოორდინატებით, წლის ტოპოგრაფიული რუკებით ან სხვა შესაფერისი საშუალებით [7].

სივრცული საზღვრები კონკრეტული ტერიტორიისთვის მკაფიოდ უნდა იყოს განსაზღვრული, რაც ხელს შეუწყობს ზუსტ გაზომვებს, მონიტორინგს, აღრიცხვას, და გადამოწმებას. სივრცული საზღვრები განისაზღვრება გლობალური პოზიციონირების სისტემის [GPS] აპარატის და / ან სხვა მეთოდებით. ისეთი პროგრამები, როგორიცაა გეოგრაფიული საინფორმაციო სისტემები (GIS), ARC GIS (ESRI პროგრამული უზრუნველყოფის) ARC ჰიდრო გაგრძელების, ARC GIS (ESRI პროგრამული უზრუნველყოფის)

სატყეო მეურნეობაში თანამედროვე ტექნოლოგიებიდან წარმატებით გამოიყენება დისტანციური ზონდირება, რომელიც ასევე აქტუალურია ნახშირბადის სეკვესტრის ხშირი მონიტორინგისთვის აგრომეტყევეობაში [1]. დისტანციურად გადმოცემული ინფორმაცია უზრუნველყოფს ალტერნატიული სახის მონაცემებს. ყველაზე ხშირად გამოიყენება ხილულ-ახლო ინფრაწითელი (VIS-NIR) დეტექტორები მცენარეული საფარისთვის. ხილულ-ახლო ინფრაწითელი წყაროების ყველაზე გავრცელებული პროდუქტია ვეგეტაციის ინდექსის ნორმალიზებული სხვაობა (NDVI), რომელის საშუალებითაც ხდება დაკვირვება ვეგეტაციაზე [9]. პანქრომატული (PAN) მონაცემები ყველაზე ხშირად გამოიყენება საზღვრის დელიმიტაციის ან ტყის ტიპების არეალის გამოვლენისთვის აერული გადაღებების მსგავსად. მიწისპირა მონაცემები ყოველთვის საჭიროებს ნებისმიერი დისტანციური ზონდირების ტექნიკის მონაცემს. დისტანციური ზონდირების საშუალებით შეიძლება შეგროვდეს შემდეგი მონაცემები: ტყის ხემცენარეთა ჯიში, ვარჯის გვირგვინი, მიწის ზედა ბიომასა, დაცემული რადიაცია, ფენოლოგია, დომინანტური ხემცენარეების ფოთლის ორიენტაცია და დაკვირვების სხვა მონაცემები.

გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ გარკვეული რადარული მონაცემები შეიძლება იყოს სასარგებლო ტყის საფარის ტექსტურისა და არაერთგვაროვნების შეფასებისას. მცენარეული ანალიზის დროს ვეგეტაციის ინდექსი NVDI ყველაზე ხშირად გამოყენებადი პროდუქტია დისტანციურად ზონდირებული მონაცემების გამოყენებისას [6]. ამ მაჩვენებელის (და ყველა სხვა მცენარეული მაჩვენებლების) საფუძველია ის, რომ ყველა მცენარეულ საფარს აქვს დამახასიათებელი ზოგადი სპექტრები. ეს ტიპიური ამრეკვლადობა მცენარეული სპექტრის მხრიდან ძირითადად არის მცენარეული ქლოროფილის

შემცველობის, მცენარის უჯრედოვანი სტრუქტურის და მცენარეში წყლის შემცველობის ფუნქცია. ქლოროფილი შთანთქავს სინათლის ენერგიას 680 ნმ-ზე, რომელიც მიეთითება სპექტრის არხით. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ფოთოლის სტრუქტურის უჯრედშიდა სივრცე აირეკლავს ახლო ინფრაწითელ ენერგიას 790 ნმ-ზე. ყველაზე ხშირად იყენებენ მცენარეული შეფასების მონაცემებს წყაროებიდან: AVHRR, LANDSAT (MSS და TM), SPOT, AVIRIS, CASI, RADARSAT. თითოეულ მათგანს შეუძლია გადმოსცეს მონაცემები პიქსელის სხვადასხვა ზომებით, დროითი სიხშირით, და დონის ტექნიკური სირთულის მიხედვით [7].

ქლოროფილი შთანთქავს სინათლის ენერგიას 680 ნმ-ზე, რომელიც მიეთითება სპექტრის არხით. გამოკვლევებმა აჩვენა, რომ ფოთლის სტრუქტურის უჯრედშიგა სივრცე აირეკლავს ახლო ინფრაწითელ ენერგიას 790 ნმ-ზე. ეს ორი მახასიათებელი ყველაზე ხშირად ხასიათდება 3 და 4 არხებით Landsat მონაცემთა მასივებში, 1 და 2 არხით AVHRR მონაცემთა მასივში და 2 და 3 არხით SPOT მონაცემებში. ყველა ეს და დისტანციური ზონდირების მონაცემების ბევრი სხვა წყაროებიც არსებობს, რომელთა მიზანია აწარმოოს NDVI მსგავსი პროდუქტი. NDVI არის მცენარეული ინდექსი, რომელიც გამოითვლება თითოეული სპექტრის ქლოროფილის შთანთქმის თვისებიდან და თითოეული სპექტრის ახლო ინფრაწითელი ამრეკვლადობის თვისებიდან. მაგალითად LANDSAT მონაცემებით, ეს სპექტრული მახასიათებლები გამოითვლება 3 და 4 არხის საშუალებით:

NDVI = (| არხი 3 - არხი 4 |) / (არხი 3 + არხი 4).

მას შემდეგ, რაც დისტანციურად ზონდირებული გამოსახულება იქნება მიღებული, ისინი საბოლოოდ გამოყენებულ უნდა იქნას ნიადაგის მცენარეული საფარის კლასიფიცირებისათვის. ყველა ხილულ ინფრა-წითელ გამოსხივებაზე დაფუძნებული გამოსახულება მოითხოვს გარკვეულ ატმოსფერულ კალიბრებას. ეს აუცილებელია თითოეული მონაცემთა ბაზისთვის, რადგან სენსორი ზომავს სივრცის ყველა კომპონენტის არეკვლადობას ადგილსა და ატმოსფეროს შორის. აქედან გამომდინარე, გამოვლენილი გაუსწორებელი სიგნალი არის ფუნქცია იმისა, თუ რა არის დედამიწის ზედაპირზე და ასევე ატმოსფეროს შემადგენლობისა, როგორიცაა აეროზოლები, წყლის ორთქლი ან სმოგი. ატმოსფერული კალიბრების შემდეგ, გამოსახულება უნდა იყოს კლასიფიცირებული სხვადასხვა ტყის ტიპების მიხედვით, რომლის პიქსელის ტიპის სტრატიფიცირება განისაზღვრება მომხმარებელის მიერ (სახეობის, ასაკის, კლასის და ა.შ.). ჰიპერსპექტრული სურათების კლასიფიკაციისთვის ხელმისაწვდომია სხვადასხვა მეთოდები. ცხრილი 1-ში მოყვანილია სატყეო

მონიტორინგის დისტანციური ზონდირების პლატფორმების ზოგიერთი მაგალითი.

ცხრ. 1. სატყეო მონიტორინგის დისტანციური ზონდირების პლატფორმების ზოგიერთი მაგალითი მულტი-მულტისპექტრული მონაცემი; ჰიპერ-ჰიპერსპექტრული მონაცემი; პან – პანქრომატული მონაცემი (შავ-თეთრი)

Table 1. Some examples of forest monitoring remote sensing platforms with multi-multispectral data; hyper-hyperspectral data; Pan – Panchromatic data (black and white)

სენსორი	წვდომის ფორმატი	სპექტრული დაფარვა	პიქსელის ზომა (მ)	არხის #	დაფარვის ზონა (კმ)
AVHRR	თანამგზავრი	58-12.5	1100-მულტი; 1100-თერმული	4	2700X2700
LANDSAT (TM)	თანამგზავრი	45-2.35; 2-2.35	30-მულტი 120-თერმული	6	185X185
SPOT	თანამგზავრი	5-8.9	20-მულტი 10-pan.	3+პან.	60X60
LEWIS	თანამგზავრი	4-2.5	30-მულტი 5-პან	384+პან.	13X13
AVIRIS	საჰაერო	41-2.45	20-hiper	224	10X10
CASI	საჰაერო	41-9.25	სიმაღლეზე დამოკიდებული	288 an 15	სიმაღლეზე დამოკიდებული
RADARSAT	თანამგზავრი	რადარი	28-განივი	-	100X250X500 (რეზოლუციაზე დამოკიდებული)

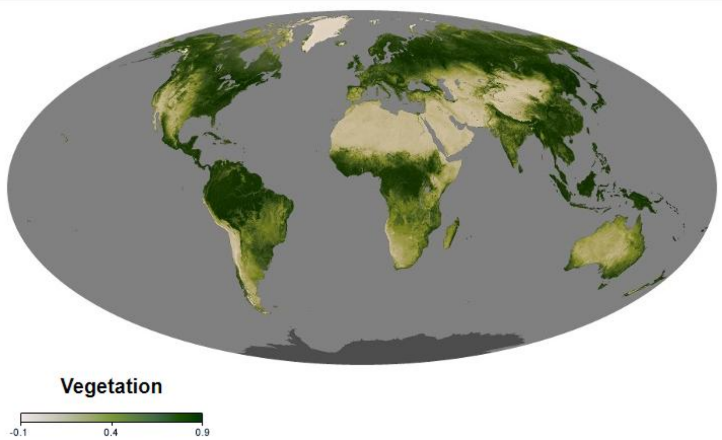
კანადის სატელიტური RADARSAT მოქმედება დაიწყო 1995 წლის ნოემბერში. იგი უზრუნველყოფს რეგიონალური მასშტაბის ხშირ გამოსახულებებს კომერციული მიზნებისთვის. არსებობს მრავალი წყარო, საიდანაც შეიძლება დისტანციურად ზონდირებული მონაცემების მოძიება. ყველაზე ხშირად იყენებენ მცენარეული შეფასების მონაცემებს შემდეგი წყაროებიდან: AVHRR, LNDSAT (MSS და TM) და SPOT, ასევე წყაროებს, რომლებიც უფრო მნიშვნელოვანია, როგორიცაა AAVIRIS, CASI, RADARSAT.

თითოეულ მათგანს შეუძლია მონაცემები პიქსელის სხვადასხვა ზომებით, დროითი სიხშირით და დონის ტექნიკური სირთულის მიხედვით გადმოსცეს [9].

AVHRR(გაუმჯობესებული, ძალიან მაღალი რეზოლუციის რადიომეტრი). ამერიკის შეერთებული შტატების თანამგზავრი AVHRR მონაცემებს წარმოადგენს 2399 კმ ფართო ხედვის ზოლით. სატელიტი ორბიტაზე დედამიწას დღეში 14-ჯერ 833 კმ სიმაღლის ზედაპირიდან შემოუფრენს. მონაცემთა ეს წყარო ღიაა NASA საიტზე და ხელმისაწვდომია ყოველდღიურად. ამ სენსორის გამოყენების ერთი ნაკლოვანებაა მისი მცირე მონიტორინგი, მიღებული სურათი არის 1.1 კმ×1.1 კმ რეზოლუციის, რომელიც უფრო დიდია, ვიდრე ყველაზე მცირე გამწვანების ოპერაციების მასშტაბი. დედამიწაზე მონაცემებს გადმოსცემს ელექტრომაგნიტური სპექტრის ხილულ ახლო ინფრაწითელი, ინფრაწითელ და თერმულ უბანში. გავრცელებული ღრუბლის საფარი შეიძლება იყოს პრობლემატური კარგი მონაცემების მიღებაში წვიმების სეზონში. ეს არის ყველაზე ხშირად გამოყენებული მონაცემების წყარო კონტინენტური მცენარეული საფარის შეფასებაში. **LANDSAT** - თანამედროვე სატელიტური თემატური კარტოგრაფია (TM) და მართავს NASA. დაფარვა ხორციელდება ყოველ 16 დღეში. პიქსელის სივრცითი რეზოლუცია 25×25 მეტრია. გადმოცემული მონაცემები არის არეკვლილი მონაცემები დედამიწის ზედაპირიდან, რომელიც ჩანს, ელექტრომაგნიტური სპექტრის უახლოეს ინფრაწითელი და ინფრაწითელ უბნებში. ამ მონაცემთა წყაროს აქვს ინფორმაციის შვიდი არხი, რომელიც ხელმისაწვდომია მომხმარებელისთვის: 2,3 და 4 არხები პირველ რიგში გამოიყენება ვეგეტაციის დადგენისთვის; 1 არხი გამოიყენება bathymetric რუკებისთვის, არხები 5 და 7 NIღ არხები და 6 არხი უზრუნველყოფს მონაცემებს სპექტრის თერმულ უბანში. VIS-NIRN მონაცემების ტიპის გამო, ღრუბლის გავრცელებული საფარი შეიძლება გახდეს ხელისშემშლელი ხარისხიანი მონაცემების მიღებაში წვიმების

AVIRIS. NASA მისიით ამჟამად დაფრინავს საჰაერო ხილული ინფრა წითელი გამოსახულების მიმღები სპექტრომეტრი (AVIRIS), რომელიც არის ხილული ინფრა წითელი დეტექტორი 20×20 მ პიქსელის რეზოლუციით. AVIRIS მონაცემები უნიკალურია, რადგან თითოეული პიქსელი იძლევა ინფორმაციას სამიზნეზე 228 არხის საშუალებით, რომელიც ზრდის მომხმარებლის შესაძლებლობას ადგილზე დაადგინოს მცენარეთა ტიპები - ეს არის ეგრეთწოდებული ჰიპერსპექტრული (Huperspectral) მონაცემები.

მას შემდეგ, რაც დისტანციურად ზონდირებული გამოსახულება იქნება მიღებული, ისინი საბოლოოდ გამოყენებულ უნდა იქნას იმისათვის, რომ მოხდეს მიწის მცენარეული საფარის კლასიფიცირება.

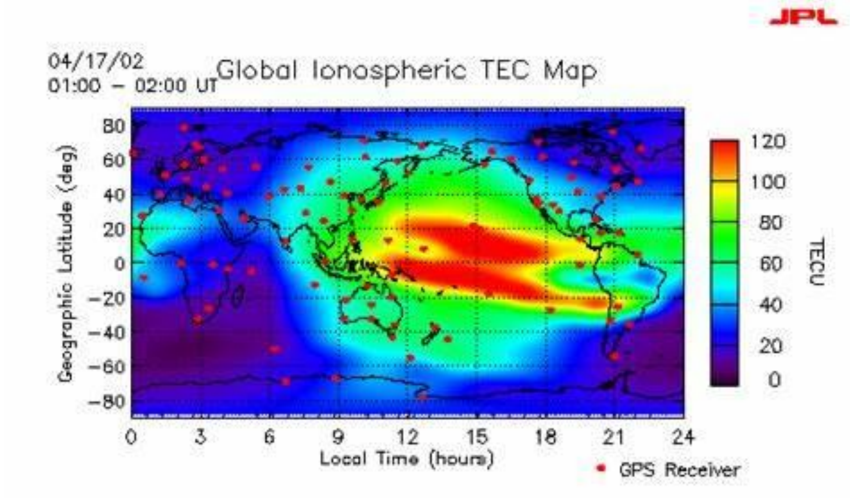


დისტანციური ზონდირების მონაცემების კლასიფიკაციისთვის გამოიყენება სპექტრული შერევის ანალიზი (SMA). (SMA) იყენებს საყრდენ სპექტრს რომელსაც ბოლო მამრავლი ეწოდება კომპონენტურ ანალიზში. მისი გამოყენება ტყის გამოსახულების კლასიფიკაციისას უჩვენებს, რომ სხვადასხვა ტიპის ტყეების პიქსელები ამ ბოლო მამრავლებში სხვადასხვა პროპორციით შედიან. დამატებით ორი სხვა მეთოდის გამოყენებაც განიხილება: ტექსტურული გაზომვა და ნახევარ-ვარიოგრამები რომლებიც აანალიზებენ ნიმუშის მონაცემებს მეზობელი პიქსელის კონტექსტში. დისტანციურად ზონდირებული გამოსახულებით შესაძლებელია მცენარეული საფარის კლასიფიცირება. ყველა ხილულ ინფრა-წითელ გამოსხივებაზე დაფუძნებული გამოსახულება მოითხოვს გარკვეულ ატმოსფერულ კალიბრებას. ეს აუცილებელია თითოეული მონაცემთა ბაზისთვის, რადგან სენსორი ზომავს სივრცის ყველა კომპონენტის არეკვლადობას ადგილსა და ატმოსფეროს შორის. აქედან გამომდინარე, გამოვლენილი გაუსწორებელი სიგნალი არის ფუნქცია იმისა თუ რა არის დედამიწის ზედაპირზე და ასევე ატმოსფეროს შემადგენლობისა, როგორიცაა აეროზოლები, წყლის ორთქლი ან სმოგი. ატმოსფერული კალიბრების შემდეგ, გამოსახულება უნდა იყოს კლასიფიცირებული სხვადასხვა ტყის ტიპების მიხედვით, რომლის პიქსელის ტიპის სტრატიფიცირება განისაზღვრება მომხმარებელის მიერ (სახეობის, ასაკის, კლასის და ა.შ.). ჰიპერსპექტრული სურათების კლასიფიკაციისთვის გამოიყენება სხვადასხვა ხელმისაწვდომი მეთოდები. IDRISI არის რასტრული პროგრამა, რომელიც გამოიყენება გლობალურად და შემუშავდა გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის გარემოს დაცვის პროგრამის

ნაწილობრივი დაფინანსებით, რათა აწარმოოს ხელმისაწვდომი, მოქნილი, გამოსახულების კლასიფიკაცია და GIS პაკეტი. IDRISI შეიძლება გამოყენებულ იქნას AVHRR, Landsat და SPoT გამოსახულებების ანალიზისთვის.
დედამიწის სადამკვირვებლო სისტემის Earth Observing System (EOS) პროგრამის ნაწილს წარმოადგენს დედამიწის ვეგეტაციის გავლენის შესწავლა ფართო-მასშტაბიან გლობალურ პროცესებში, დედამიწის როგორც სისტემის ფუნქციონალურობის დასადგენად. ეს მოითხოვს ვეგეტაციის გლობალური გავრცელების, ასევე მის ბიოფიზიკურ და სტრუქტურულ თავისებურებების და სივრცულ-დროით ვარიაციების შესწავლას. ვეგეტაციის ორი ინდექსის ალგორითმი დამუშავდა: ერთ-ერთი არის სტანდარტული ნორმალიზებული სხვაობიანი ვეგატაციური ინდექსი (NDVI), რომელიც მიიღება NOAA-AVHRR – დან და "უწყვეტობის ინდექსად" მოიხსენიება. მეორე არის ეგრეთ წოდებული "გაუმჯობესებული ვეგატაციური ინდექსი" (EVI) რომელსაც გაუმჯობესებული სენსიტიურობა გააჩნია დიდი ბიომასის რეგიონებისათვის და ვეგეტაციის მონიტორინგისთვის [6,7,9].
ვეგეტაციის ნორმალიზებული ინდექსი (NDVI) საქართველოს ტერიტორიისათვის მერყეობს 0,5-0,2-ის ფარგლებში. ამ ინდექსის გარდა დამატებით შემოღებულია რამოდენიმე მცენარეული ინდექსი, რომლებიც გამოიყენება მწვანე საფარის დაკვირვებისთვის: ფრაქციული ვეგეტაციის ინდექსი (GVIF)- 0,7-0,25; მწვანე ვეგეტაციის ფრაქციის ინდექსი (GVF) -84,0-60,0 [25,26].

ელექტრონის სრული შემცველობა

ელექტრონის სრული შემცველობა (TEC) არის ელექტრონების საერთო რაოდენობა, რომელიც იმყოფება რადიოგადამცემსა და მიმღებს შორის ბილიკზე. რადიოტალღებზე გავლენას ახდენს ელექტრონების არსებობა. რაც უფრო მეტი ელექტრონი იქნება რადიოტალღის გზაზე, მით მეტი იქნება რადიოსიგნალზე ზემოქმედება. სახმელეთო სატელიტური კომუნიკაციისთვის და სატელიტური ნავიგაციისთვის, TEC კარგი პარამეტრია კოსმოსური ამინდის შესაძლო ზემოქმედების მონიტორინგისთვის.
TEC იზომება ელექტრონებით კვადრატულ მეტრზე. კონვენციით, 1 TEC ერთეული TECU = 10^16 ელექტრონი/მ². ვერტიკალური TEC მნიშვნელობები დედამიწის იონოსფეროში შეიძლება მერყეობდეს რამდენიმედან რამდენიმე ასეულ TECU-მდე.



TEC იონოსფეროში იცვლება მზის ექსტრემალური ულტრაიისფერი გამოსხივების, გეომაგნიტური ქარიშხლების და ატმოსფერული ტალღების შეცვლით, რომლებიც ვრცელდება ქვედა ატმოსფეროდან. შესაბამისად, TEC დამოკიდებულია ადგილობრივ დროზე, გრძედზე, განედზე, სეზონზე, გეომაგნიტური პირობებზე, მზის ციკლსა და აქტივობაზე და ტროპოსფეროს პირობებზე. რადიოტალღების გავრცელებაზე გავლენას ახდენს იონოსფერო. რადიოტალღების სიჩქარე იცვლება, როდესაც სიგნალი გადის იონოსფეროში არსებულ ელექტრონებს. მთლიანი შეფერხება, რომელსაც განიცდის რადიოტალღა, რომელიც ვრცელდება იონოსფეროში დამოკიდებულია როგორც რადიოტალღის სიხშირეზე, ასევე გადამცემსა და მიმღებს შორის არსებულ TEC-ზე. ზოგიერთ სიხშირეზე რადიოტალღები გადის იონოსფეროში. სხვა სიხშირეებზე ტალღები აისახება იონოსფეროში [9].

იონოსფეროში რადიოტალღების გზისა და სიჩქარის ცვლილება დიდ გავლენას ახდენს სატელიტური სანავიგაციო სისტემების სიზუსტეზე, როგორიცაა GPS/GNSS. იონოსფეროს TEC-ში ცვლილებების უგულებელყოფამ შეიძლება გამოიწვიოს ათობით მეტრის შეცდომა პოზიციის გამოთვლებში. გლობალური პოზიციონირების სისტემა (GPS), GNSS-ის ამერიკული ნაწილი, იყენებს იონოსფეროს ემპირიულ მოდელს, Klobuchar-ის მოდელს, რათა გამოთვალოს და ამოიღოს იონოსფეროს მიერ გამოწვეული პოზიციონირების შეცდომის ნაწილი, როდესაც გამოიყენება ერთი სიხშირის GPS მიმღებები. როდესაც პირობები გადაიხრება კლობუჩარის მოდელის მიერ პროგნოზირებული პირობებისგან, GPS/GNSS სისტემებს ექნებათ უფრო დიდი პოზიციონირების შეცდომები.

გალაქტიკური კოსმოსური სხივები

გალაქტიკური კოსმოსური სხივები (GCR) არის ენერგეტიკული ნაწილაკების ნელა ცვალებადი წყარო, რომლებიც მუდმივად ბომბავს დედამიწას. GCR წარმოიქმნება მზის სისტემის გარეთ და სავარაუდოდ იქმნება ფეთქებადი მოვლენებით, როგორიცაა სუპერახალი ვარსკვლავი. ეს უაღრესად ენერგეტიკული ნაწილაკები შედგება არსებითად ყველა ელემენტისგან, დაწყებული წყალბადიდან, რომელიც შეადგენს GCR სპექტრის დაახლოებით 89%-ს, ურანს, რომელიც გვხვდება მხოლოდ კვალი რაოდენობით. ეს ბირთვები სრულად იონიზირებულია, რაც ნიშნავს, რომ ყველა ელექტრონი ჩამოშორდა ამ ატომებს. ამის გამო, ეს ნაწილაკები ურთიერთქმედებენ მაგნიტურ ველებთან და ექვემდებარებიან მათ გავლენას. მზის ძლიერი მაგნიტური ველები არეგულირებს GCR ნაკადს და სპექტრს დედამიწაზე.

მზის ციკლის განმავლობაში მზის ქარი არეგულირებს დაბალი ენერგიის GCR ნაწილაკების ნაწილს ისე, რომ უმეტესობა ვერ აღწევს დედამიწაზე მზის მაქსიმუმის დროს. მზის მინიმუმთან ახლოს, მრავალი კორონალური მასის ამოფრქვევისა და მათი შესაბამისი მაგნიტური ველის არარსებობის პირობებში, GCR ნაწილაკებს უფრო მარტივი წვდომა აქვთ დედამიწაზე. ისევე, როგორც მზის ციკლი მიჰყვება დაახლოებით 11-წლიან პერიოდს, ასევე ხდება GCR, თავისი მაქსიმალურით, თუმცა, მზის მინიმუმთან ახლოსაა. მაგრამ მზის ციკლისგან განსხვავებით, სადაც აქტიურობამ შეიძლება სწრაფად შეცვალოს გარემო, GCR სპექტრი რჩება შედარებით მუდმივი ენერგიით და შემადგენლობით და მხოლოდ ნელა იცვლება დროთა განმავლობაში [9,28]. (იხილეთ ფორბუშის შემცირება GCR-ის მოკლევადიანი ცვლილებებისთვის, რომელიც დაკავშირებულია კოსმოსურ ძლიერ მზის მოვლენებთან).

ეს დამუხტული ნაწილაკები მოძრაობენ სინათლის სიჩქარის დიდი ფრაქციებით და აქვთ უზარმაზარი ენერგია. როდესაც ნაწილაკები ატმოსფეროში მოხვდება, მეორადი ნაწილაკების დიდი წვიმა იქმნება, ზოგი მიწასაც კი აღწევს. ეს ნაწილაკები მცირე საფრთხეს უქმნის ადამიანებსა და სისტემებს ადგილზე, მაგრამ მათი გაზომვა შესაძლებელია მგრძნობიარე ინსტრუმენტებით. დედამიწის საკუთარი მაგნიტური ველი იცავს ამ ნაწილაკებისგან, რომლებიც დიდწილად აშორებენ მათ ეკვატორული რეგიონებიდან, მაგრამ უზრუნველყოფს მცირე დაცვას პოლარული რეგიონების მახლობლად ან დაახლოებით 55 გრადუსიან მაგნიტურ გრძედზე (მაგნიტური გრძედი და გეოგრაფიული გრძედი განსხვავდება იმის გამო. დედამიწის მაგნიტური ველის დახრილობა და გადაადგილება მისი გეოგრაფიული ცენტრიდან). GCR ნაწილაკების ამ მუდმივმა წვიმამ მაღალ განედებზე შეიძლება

გამოიწვიოს რადიაციული ზემოქმედების გაზრდა სიმაღლეებზე. გარდა ამისა, ამ ნაწილაკებს შეუძლიათ ადვილად გაიარონ ან გაჩერდნენ სატელიტურ სისტემებში, ზოგჯერ დეპონირდება იმდენი ენერგია, რომ იწვევს შეცდომებს ან დაზიანებას კოსმოსური ხომალდის ელექტრონიკაში და სისტემებში.

გეო-მაგნიტური შტორმი

მზე გადის 22 წლიან ციკლს, რომლის დროსაც მისი მაგნიტური პოლუსი შეტრიალდება, მზის ლაქების აქტივობის სიხშირის მიხედვით. ეს მოიცავს 11 წლიან ციკლურ ფაზებს. პირველ ფაზაზე მაგნიტური პოლუსები პოლარობას შეცვლიან (რევერსი). მეორე ფაზის დროს მაგნიტური პოლარობა უბრუნდება პირვანდელს. მზის შტორმული აქტივობა მკაცრად დამოკიდებულია ამ ფაზებზე.
მზის ლაქები ადგილებია, სადაც შტორმების უმეტესობა წარმოიქმნება. მზე ბრუნავ სთავისი ღერძის გარშემო, დაახლოებით 27 დღიანი პერიოდით და მზის ლაქების უმეტესობა აქტიური რჩება რამოდენიმე ბრუნვის განმავლობაში და წარმოქმნის ცილურ 27 დღიან მზის შტორმს.
მზის ალები მზის ზედაპირზე მიმდინარე ამოფრქვევებია. ამოფრქვევიდან დაახლოებით 8წთ-ის შემდეგ ელექტრომაგნიტური მძლავრი რადიაცია გამასხივების, უკიდურესი ულტრაიისფერი, რენტგენის სხივების და რადიოტალღების სახით აღწევს დედამიწაზე. ულტრაიისფერი ტალღები ათბობენ ატმოსფეროს ზედა ფენებს. რენტგენის სხივები ამოყრიან ელექტრონებს ატომებიდან და ქმნიან დიდი რაოდენობით ელექტრონების ღრუბელს დამატებით რადიაციულ სარტყლებზე. მზის ალები ახშობენ თანამგზავრულ კავშირს, რადარულ კავშირს, ახშობენ მოკლე-ტალღურ რადიოკავშირს, ხშირად იწვევენ თანამგზავრის ორბიტის პარამეტრების ცვლილებას და სხვა შეშფოთებებს [9.
CME არის მაღალ-ენერგეტიკული აირის ღრუბელი, დაბალი ან საშუალო ენერგიების ნაწილაკების პლამა, გარშემორტყმული მაგნიტური ველით. როცა ის ეჯახება დედამიწას ეს ველი და პლაზმა შეიჭრება დედამიწის მაგნიტურ ველში, რაც ქმნის დროებით შეშფოთებას დედამიწის მაგნიტოსფეროში - მაგნიტური შტორმი და დენების ეკვატორულ დინებებს, სხვადასხვა გრადიენტებს და იწვევს დამუხტული ნაწილაკების გადახრას დედამიწის მახლობლობაში. მათი წარმოქმნის ადგილი ხშირად მზის ალების სიახლოვესაა.
გეომაგნიტური შტორმების სიძლიერე და მიკიდებულია დედამიწის მაგნიტური ველის ორიენტაციაზე მზის ველთან დაკავშირებით. თუ სამხრეთ მიმართულია, მაშინ ძლიერია, თუ ჩრდილოეთ მიმართული- სუსტი [4,28].
მზის კორონალურ ამოფრქვევებს CME შეუძლიათ შემდეგი გავლენის მოხდენა: საფრენი აპარატების ელექტრობის შეცვლა, ვან-ალენის რადიაციული სარტყლის წანაცვლება, ყველა სახის კავშირგაბმულობის დარღვევა, კოსმოსური ფრენების

პარამეტრების ცვლილება, გაზ და ნავთობსადენების კოროზია, კომუნიკაციების სისტემის მოშლადა არჭურვილობის დაზიანება, ელექტრული განმუხტვბის საშიშროება, გულ-სისხლძართვთა დაავადებების გამწვავებას, ენერგოსისტემის წყვეტას და სხვ. ეს მოვლენა 1-3 დღე გრძელდება და ვრცელდება მთელ მაგნიტოსფერულ რეგიონზე და იწვევს მაგნიტური ველის მკვეთრ შემცირებას. მაგნეტოსფეროს ქარიშხალი 1-დან 3-დღიანი მოვლენაა და ამ დროს მაგნიტური ველის მკვეთრი შემცირებაა. ქარიშხლისა და ქვე-ქარიშხლების დროს იონოსფეროს მნიშვნელოვანი ჯოული სითბოს რაოდენობა გადაეცემა ენერგეტიკულ ნაწილაკთა მძლავრი ენერგიით. დიდი ენერგია ზრდის იონოსფეროს ტემპერატურას, იწვევს ფართომასშტაბიანი იონების დრეიფს და ნეიტრალურ ქარებს [4,22].

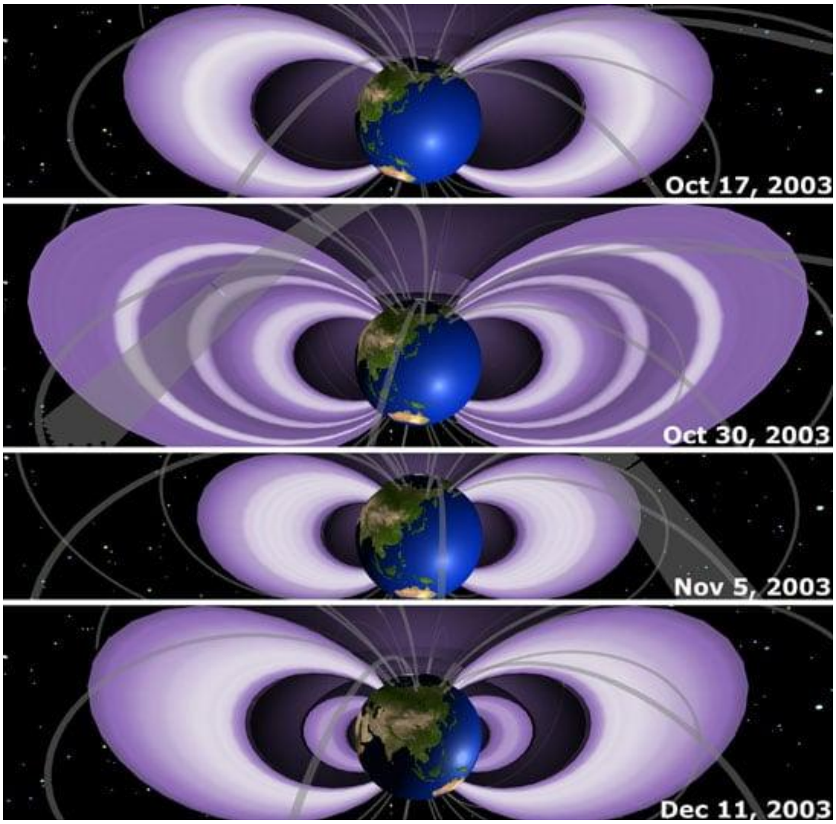
მზე განუწყვეტლივ ასხივებს დედამიწას და მის სპექტრულ სიმკვრივეში მნიშვნელოვანი ცვლილებებია. დაცემული რადიაცია განუწყვეტლივ იცვლება მაგნიტოსფეროში, თერმოსფეროში და იონოსფეროში მიმდინარე მოვლენების გამო. მზის კვაზი-მდგრადი ნაკადებიც ასევე იცვლება მზის ამოფრქვევების გამო, რომლებიც აჩქარებენ დამუხტულ ნაწილაკებს და იწვევენ გომაგნიტურ შტორმებს, თანამდევი ზემოქმედებთ დედამიწაზე დიდი რაოდენობით დაცემული ენერგეტიკული ნაწილაკების საშუალებით.

მზის მოვლენები: მზის ალები, მასიური კორონალური ამოფრქვევები, (CMEs), მზის ენერგეტიკული ნაწილები (SEPs) ფართომასშტაბიანი ამინდის წარმომქმნელებია გეო- სივრცეში. როდესაც პლაზმური გიგანტური ღრუბელი იფრქვევა მზის ტრანზიტული მოვლენებიდან, ის ურთიერთქმედებს დედამიწის მაგნიტურ გარემოსთან. გეომაგნიტური შტორმები (Geomagnetic storms) შეიძლება დახასიათდეს გეომაგნიტური სფეროს H კომპონენტის დეპრესიით. დედამიწის მაგნიტური ველის H კომპონენტის ეს დეპრესია გამოწვეულია წრიული დენებით, რომელიც გარს უვლის დედამიწას დასავლეთის მიმართულებით. დედამიწის იონოსფერო პასუხობს მზისა და მაგნეტოსფეროს ამ მოვლენებს. იონოსფეროს ელექტრონების სიმკვრივის პიკები და მდებარეობა დამოკიდებულია მზის ულტრაიისფერი ნაკადის, რენტგენის სხივების ნაკადის და ნეიტრალური ქარების და ელექტრული ველის დინამიური ეფექტის ცვალებადობაზე. გეომაგნიტური შტორმის დროს, დედამიწის მაგნიტოსფეროს დაწნეხვის გამო მზის ქარით, ელექტრული ველები წარმოიქმნება გეომაგნიტური ველის ძალწირების მთელი სიგრძის გასწვრივ იონოსფეროში. ზოგჯერ, ეს ელექტრული ველი და მაღალი ენერგიის მქონე დამუხტული ნაწილაკები თერმოსფეროს ქვედა განედებზე აღწევენ, ზრდიან იონოსფეროს გამტარებლობას და წარმოქმნიან ავრორას (ციალის) ზონებს. ეს ინტენსიური ელექტრული დენები განაპირობებს მაღალი განედების იონოსფეროსა და მაგნიტოსფეროს შეკავშირებას და აძლიერებს მისთვის ენერგიის მიწოდებას, რაც მნიშვნელოვნად ათბობს იონიზებულ და ნეიტრალურ აირებს. დროის მასშტაბით, არსებობს ორი ტიპის ეფექტი. რომელსაც წარმოქმნის დედამიწაზე

მზის ტრანზიენტები: **სწრაფი და დაგვიანებული.** გეომაგნიტური შტორმული ეფექტები დაგვიანებულია მზიდან ამოტყორცნილი ნაწილაკების გავლენის გამო [4,22,28].
დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ ენერგეტიკული ნაწილაკი გავლენას ახდენს ტალღის გავრცელებაზე, ზონალურ ტემპერატურასა და **ზონალურ ქარებზე ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში ზამთრის პერიოდში**. თუმცა, ის მექანიზმი, რომლითაც ეს ცვლილებები ხდება, ჯერ კიდევ უცნობია. დედამიწის ატმოსფეროში მომხდარი ცვლილებები გამოწვეულია მზის ცვლილებების ან გაზრდილი ანთროპოგენური აქტივობისა და გაზრდილი სათბურის გაზების (GHG) კონცენტრაციის ცვლილების გამო, შედეგად კი დედამიწის ატმოსფეროს ენერგეტიკული ბალანსი იცვლება და ეს გავლენას ახდენს მის დინამიკაზე. ცვლილებები შეიძლება მოხდეს ატმოსფერული გრავიტაციული ტალღების, პლანეტარული ტალღების პროპაგაციაში, რომელიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს შუა ატმოსფეროში ზოგად ცირკულაციაში. თერმოფსფერო-იონოსფეროს სისტემის მექანიზმი, მზის ციკლისა და გეომაგნიტური აქტივობის გამო არსებითად განსხვავდება სიმაღლის, გრძედის, გრძედის, უნივერსალური დროის, სეზონის მიხედვით, რად შედეგად იძლევა კოსმოსურ ამინდს. პირველადი მართვის მექანიზმი მზის რადიაციაა (EUV და UV), მაგრამ ასევე იონოსფერო-თერმოსფერო სისტემაზე მნიშვნელოვანია მაგნიტოსფერული ნაწილაკებისა და მაგნეტოსფეროს ელექტრული ველზე გავლენა. მამოძრავებელი პროცესები განსაზღვრავს ზედა ატმოსფეროს იონიზებულ და ნეიტრალური შემადგენლობის სიმჭიდროვეს, შემადგენლობასა და ტემპერატურას [9].

THEMIS

მოვლენების და მაკრომასშტაბიანი ურთიერთქმედებების დროის ისტორია ქვეშტორმების დროს (THEMIS) მისია არის ხუთ თანამგზავრიანი მკვლევარის მისია, რომლის მთავარი მიზანია მაგნიტოსფერული ქვეშტორმების დაწყებისა და მაკრომასშტაბიანი ევოლუციის გაგება. რაც მთავარია, THEMIS გაიგებს, თუ რომელი მაგნიტოკუდის პროცესია პასუხისმგებელი შტორმის დაწყებაზე: (ა) პლაზმური ფურცლის დენის ლოკალური დარღვევა; ან, (ბ) ამ დენის ურთიერთქმედება პლაზმის სწრაფ შემოდინებასთან, რომელიც წარმოიქმნება წილის ნაკადის განადგურებით ~25Re-ზე. სამი შიდა ზონდი ~10Re-ზე მონიტორინგს გაუწევს მიმდინარე შეფერხების დაწყებას, ხოლო ორი გარე ზონდი, შესაბამისად 20 და 30Re, დისტანციურად მონიტორინგს გაუწევს პლაზმის აჩქარებას წილის ნაკადის გაფანტვის გამო [15].

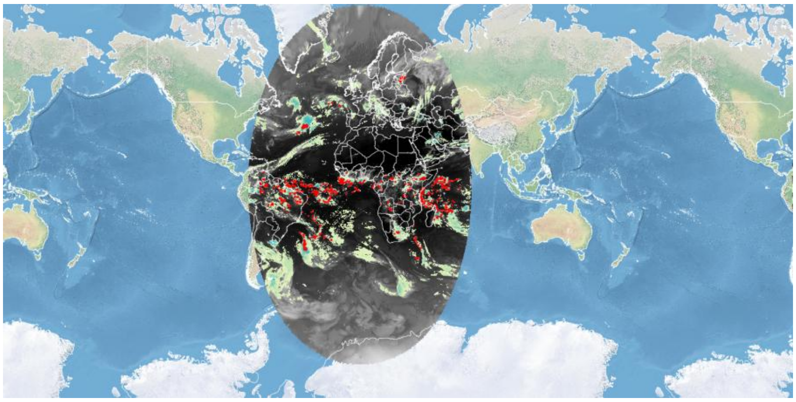


ხუთი პატარა თანამგზავრი ერთად გაუშვეს დელტა II რაკეტაზე და მათ აქვთ ინსტრუმენტების იდენტური ნაკრები, მათ შორის ელექტრული ველის ინსტრუმენტი (EFI), ნაკადის კარიბჭის მაგნიტომეტრი (FGM), საძიებო კოჭის მაგნიტომეტრი (SCM), ელექტროსტატიკური ანალიზატორი, და მყარი მდგომარეობის ტელესკოპები (SST). მისია რამდენიმე ეტაპისგან შედგება. პირველ ფაზაში, კოსმოსური ხომალდი ირგვლივ მჭიდრო გროვის სახით იმავე ორბიტალურ სიბრტყეზე აპოგეით 15,4 დედამიწის რადიუსზე (RE). მეორე ფაზაში, რომელსაც ასევე უწოდებენ ცისკრის ფაზას, თანამგზავრები განთავსდებიან თავიანთ ორბიტაზე და ამ დროის განმავლობაში მათი აპოგეები იქნება მაგნიტოსფეროს გამთენიისას. მესამე ფაზის დროს (ასევე ცნობილია როგორც კუდის ფაზა) აპოგეები იქნება მაგნიტოკუდში. მეოთხე ფაზას ეწოდება შებინდების ფაზა ან რადიაციული სარტყლის სამეცნიერო ფაზა, ყველა აპოგეებით შებინდების მხარეს. მეხუთე და ბოლო ფაზაში აპოგეები გადაინაცვლებენ მზის მხარეს (Dayside Science Phase).

ხუთივე თანამგზავრს ექნება მსგავსი პერიჰელიუმის სიმაღლეები (1.16-1.5 Re), მაგრამ ცვალებადი აპოგეის სიმაღლეები (P1: ~30 RE, P2: ~20 RE, P3 & P4: ~12 RE, P5: ~10RE) შესაბამისი ორბიტული პერიოდებით ~. 4, 2 და 1 დღე, შესაბამისად. ეს იწვევს მრავალპუნქტიან მაგნიტურ შეერთებებს. ყოველ ოთხ დღეში თანამგზავრები დედამიწის მაგნიტური კუდის გასწვრივ რიგდებიან ჩრდილოეთ ამერიკის სექტორში მაგნიტური წერტილებით, რაც საშუალებას იძლევა თვალყური ვადევნოთ შეშფოთებებს სხვადასხვა გეოსკოსმოსურ რეგიონებში კუდიდან მიწამდე.
სატელიტური მონაცემები ერთიანდება ავრორაზე დაკვირვებებთან 20 სახმელეთო ობსერვატორიის ქსელიდან (ყველა ცის გამოსახულება, მაგნიტომეტრი) ჩრდილოეთ ამერიკის კონტინენტზე. გარდა მისი ძირითადი მიზნისა, THEMIS უპასუხებს კრიტიკულ კითხვებს რადიაციული სარტყლის ფიზიკისა და მზის ქარის - მაგნიტოსფეროს ენერგიის დაწყვილების შესახებ. THEMIS ავსებს MMS-ს ამ ორი მისიის მიერ დაკვირვებული ფენომენების დროითი და სივრცითი მასშტაბების თვალსაზრისით. THEMIS-ის ფოკუსი არის მაკრომასშტაბიანი, ხოლო MMS აკვირვება მიკრო/მეზო მასშტაბის მახასიათებლებს [15].
THEMIS-B (THEMIS-P1) და THEMIS-C (THEMIS-P2) 2009 წელს გამოიყენეს მთვარის გარემოს შესასწავლად. 2009 წლის ბოლოს ორივე კოსმოსურ ხომალდში დარჩენილი საწვავი გამოიყენეს L1 და L2 წერტილების ორბიტაზე გასაგზავნად შესაბამისად, მთვარის ახლო და შორი მხარის მოპირდაპირედ. კოსმოსურ ხომალდს ეწოდა ARTEMIS (მთვარის მზესთან ურთიერთქმედების აჩქარება, ხელახალი კავშირი, ტურბულენტობა და ელექტროდინამიკა). ARTEMIS-P1 მიაღწია L2 ლაგრანჟის წერტილს 2010 წლის 25 აგვისტოს, ხოლო ARTEMIS-P2 მიაღწია L1 ლაგრანგის წერტილს 2010 წლის 22 ოქტომბერს. შემდეგ ორივე კოსმოსური ხომალდი გადავიდა მთვარის ეკვატორულ ორბიტაზე. ხელახლა დანიშნულების ARTEMIS მისიის სამეცნიერო მიზნებია იმის შესწავლა, თუ როგორ აჩქარდებიან ნაწილაკები ხელახლა შეერთების ადგილებზე და დარტყმებზე, როგორ ვითარდება ტურბულენტობა დედამიწის მაგნიტოკუდში და მზის ქარში და მთვარის ზემოქმების სტრუქტურა, ფორმირება, შევსება და ქვედა დინების ევოლუცია და მასში ნაწილაკების აჩქარების პროცესები.

სენტინელი

Sentinel-4 და -5 მისიები ეძღვნება ატმოსფეროს შემადგენლობის მონიტორინგს Copernicus Atmosphere Services-ისთვის. ორივე მისია განხორციელდება Eumetsat-ის მიერ ოპერირებად მეტეოროლოგიურ თანამგზავრებზე.
გეოსტაციონარული Meteosat მესამე თაობის თანამგზავრებზე გადასატანად, Sentinel-4 მისია მოიცავს ულტრაიისფერი ხილული ახლო ინფრაწითელი (UVN) სპექტრომეტრს და იძლევა მონაცემებს Eumetsat-ის თერმული ინფრაწითელი Sounder (IRS)-დან, ორივე MTG-Sounder-ზე (MTG-Sounder) სატელიტი. მას შემდეგ, რაც MTG-S თანამგზავრი ორბიტაზე იქნება, Sentinel-4-ის მისია ასევე შეიცავს მონაცემებს Eumetsat-ის მოქნილი კომბინირებული გამოსახულების (FCI)-დან, რომელიც MTG-Imager (MTG-I) თანამგზავრზეა განთავსებული.



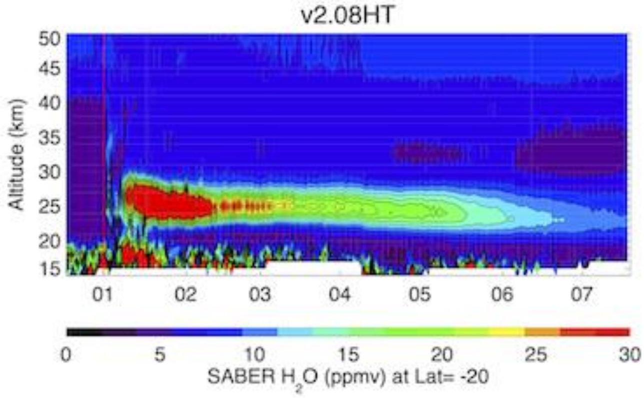
პოლარული ორბიტაზე მოძრავი MetOp მეორე თაობის თანამგზავრზე გადასატანად, Sentinel-5 მისია მოიცავს ულტრაიისფერი ხილული ახლო ინფრაწითელი მოკლეტალღის სპექტრომეტრს (UVNS) და მონაცემებს Eumetsat-ის IRS-დან, Visible Infrared Imager-დან (VII) და მრავალჯერადი ნახვის მულტი არხის მრავალპოლარიზაციის გამოსახულება (3MI).
Sentinel-4 და -5 მისიები მიაწვდიან ინფორმაციას ატმოსფერული ცვლადების შესახებ ევროპული პოლიტიკის მხარდასაჭერად. მომსახურება მოიცავს ჰაერის ხარისხის მონიტორინგს, სტრატოსფეროს ოზონის და მზის რადიაციის და კლიმატის მონიტორინგს.
Sentinel-5 Precursor - ასევე ცნობილი როგორც Sentinel-5P - არის კოპერნიკუსის პირველი მისია, რომელიც ატარებს ატმოსფეროს მონიტორინგს. სატელიტი ატარებს უახლესი ტექნიკის Tropomi ინსტრუმენტს, რათა მოახდინოს მრავალი ისეთი აირის დიგიტალიზაცია, როგორიცაა აზოტის დიოქსიდი, ოზონი, ფორმალდეჰიდი, გოგირდის დიოქსიდი, მეთანი, ნახშირბადის მონოქსიდი და

აეროზოლები - ეს ყველაფერი გავლენას ახდენს ჰაერზე, რომელსაც ვსუნთქავთ და შესაბამისად ჩვენს ჯანმრთელობასა დაკლიმატზე.
2600 კმ სიგანის დაფარვით, ის ყოველდღიურად ასახავს მთელ პლანეტას. ინფორმაცია ამ ახალი მისიიდან გამოიყენება კოპერნიკუსის ატმოსფეროს მონიტორინგის სამსახურის მეშვეობით ჰაერის ხარისხის პროგნოზებისა და გადაწყვეტილების მიღებისთვის.
ტროპომი Tropomi - სპექტრომეტრი - ყოველდღე ასახავს გლობალურ ატმოსფეროს 7 კმ × 3,5 კმ გარჩევადობით. ამ რეზოლუციით შესაძლებელია ქალაქების ჰაერის დაბინძურების დადგენა.
მისია ასევე ხელს უწყობს ისეთ სერვისებს, როგორიცაა ვულკანური ფერფლის მონიტორინგი საავიაციო უსაფრთხოებისთვის და სერვისებისთვის, ასევე, აფრთხილებენ ულტრაიისფერი გამოსხივების მაღალ დონეს, რამაც შეიძლება გამოიწვიოს კანის დაზიანება. გარდა ამისა, მეცნიერები ასევე იყენებენ მონაცემებს ატმოსფეროში მნიშვნელოვანი პროცესების შესახებ ცოდნის გასაუმჯობესებლად, რომლებიც დაკავშირებულია კლიმატთან და ოზონის შრეში ხვრელების წარმოქმნასთან.
Sentinel-5P არის ESA-ს, ევროკომისიის, ნიდერლანდების კოსმოსური ოფისის, ინდუსტრიის, მონაცემთა მომხმარებელთა და მეცნიერთა მჭიდრო თანამშრომლობის შედეგი. მისია დააპროექტა და ააშენა 30 კომპანიის კონსორციუმმა, რომელსაც ხელმძღვანელობს Airbus Defense and Space UK და NL.
Sentinel-5P შეიქმნა მონაცემთა ხარვეზების შესამცირებლად Envisat-ის თანამგზავრს - კერძოდ Sciamachy ინსტრუმენტს - და Sentinel-5-ის გაშვებას შორის, და შეავსოს GOME-2 MetOp-ზე.
სამომავლოდ, როგორც გეოსტაციონარული Sentinel-4, ასევე Polar-Orbing Sentinel-5 მისიები მონიტორინგს გაუწევენ ატმოსფეროს შემადგენლობას Copernicus Atmosphere Services-ისთვის. ორივე მისია განხორციელდება Eumetsat-ის მიერ ოპერირებად მეტეოროლოგიურ თანამგზავრებზე.

SABER საბერი

ატმოსფეროს სკანირება ფართოზოლოვანი ემისიის რადიომეტრიის გამოყენებით (SABER) არის ერთ-ერთი ოთხი ინსტრუმენტიდან, რომლებიც ქმნიან TIMED კოსმოსურ ხომალდს, ნასას მზის კავშირების პროგრამის პირველ მისიას. SABER ინსტრუმენტის მონაცემები შედგება დონის 1B, დონის 2A და დონის 2B მონაცემებისგან. 1B დონის მონაცემები შედგება კალიბრირებული ბზინვარების პროფილებისგან, რომლებიც გარდაიქმნება გასხივოსნების ერთეულებად, ამოღებულია ინსტრუმენტის ეფექტები, გეოლოკაცია და

ბადისებრი კუთხის ერთგვაროვან ინტერვალზე [12]. 2A დონის მონაცემები შედგება კინეტიკური ტემპერატურის, წნევის და სიმკვრივის პროფილებისგან, აზოტის ოქსიდის (NO), ჰიდროქსილის (OH) და ჟანგბადის (O2) ემისიის პროფილებისგან; ოზონის (O3), წყლის ორთქლის (H2O), ნახშირორჟანგის (CO2), ჟანგბადის (O) და წყალბადის (H) შერევის თანაფარდობა. 2B დონის მონაცემები შედგება CO2, O და H შერევის კოეფიციენტების პროფილებისგან. გაგრილების სიჩქარის პროფილები CO2, NO, O3 და H2O-დან; გათბობის სიჩქარის პროფილები O3, O2 და CO2-დან; გათბობის განაკვეთების პროფილები სხვადასხვა რადიონებიდან; ემისიის და გათბობის ეფექტურობის პროფილები OH და O2-დან; და გეოსტროპული ქარის პროფილები [13].



SABER არის NASA-ს Timed (თერმოსფეროს იონოსფეროს მეზოსფეროს ენერგეტიკა და დინამიკა) მისიის ოთხი ინსტრუმენტიდან ერთ-ერთი. იგი აშენდა იუტას სახელმწიფო უნივერსიტეტის კოსმოსური დინამიკის ლაბორატორიის მიერ და იმართება NASA Langley Research Center-ის მიერ.
სამეცნიერო მიზნებისთვის [14,15]
SABER აძლიერებს ცოდნას რადიაციული ბიუჯეტის შესახებ - ბალანსი დედამიწის შემომავალ და გამავალ ენერგიას შორის - დედამიწის ზედა ატმოსფეროში ენერგეტიკული ბალანსის პირველი ყოვლისმომცველი გლობალური გაზომვებით. ის ზომავს ინფრაწითელ გამოსხივებას ან სითბოს, რომელიც გამოიყოფა ატმოსფეროს სიმაღლეზე და სპექტრულ დიაპაზონში ამ რეგიონში. ის ასევე ზუსტად განსაზღვრავს, რამდენად ძლიერად თბება ზედა ატმოსფერო მზის ულტრაიისფერი გამოსხივებით.
SABER ზომავს ოზონის, წყლის ორთქლისა და ნახშირორჟანგის ვერტიკალურ განაწილებას, რომლებიც მნიშვნელოვანი გაზებია, რადგან ათბობენ და აგრილებენ მეზოსფეროს და ქვედა თერმოსფეროს/იონოსფეროს (MLTI) რეგიონს

მზის გამოსხივების შთანთქმის და ინფრაწითელი გამოსხივების (სითბო ენერგია) გამოსხივების გზით.

SABER-ის დაკვირვებები გვაწვდის ახალ ინფორმაციას იმის შესახებ, თუ როგორ იცვლება ტემპერატურა, სიმკვრივე და წნევა სიმაღლესთან ერთად. ისინი ასევე აკონტროლებენ ჰაერის მოძრაობას პოლუსებს შორის, ქვედადან ზედა ატმოსფერულ რეგიონებში, სეზონიდან სეზონამდე და მთელს მსოფლიოში. მისიის განმავლობაში, SABER შექმნის გლობალურ სურათს იმის შესახებ, თუ როგორ იცვლება MLTI რეგიონი დროის განმავლობაში [14].

TIMED პლატფორმა

TIMED მისია სწავლობს მზისა და ადამიანების გავლენას დედამიწის ატმოსფეროს ყველაზე ნაკლებად შესწავლილ რეგიონზე - მეზოსფეროზე და ქვედა თერმოსფერო/იონოსფეროზე (MLTI). MLTI რეგიონი არის კარიბჭე დედამიწის გარემოსა და სივრცეს შორის, სადაც მზის ენერგია პირველად დეპონირდება დედამიწის გარემოში. TIMED აკვირდება იმ ატმოსფერული რეგიონის ნაწილს, რომელიც მდებარეობს ზედაპირიდან დაახლოებით 60-180 კილომეტრის სიმაღლეზე.

TIMED კოსმოსური აპარატი აკვირდება ამ შედარებით შეუსწავლელ საზღვარს დედამიწის გარშემო 625 კილომეტრიანი წრიული ორბიტიდან. დისტანციური ზონდირების ტექნოლოგიაში მიღწეული მიღწევებით, აპარატის ინსტრუმენტების კომპლექტი მუშაობს სახმელეთო სადამკვირვებლო უბნების მსოფლიო ქსელთან, რათა მიიღოს რეგიონის ტემპერატურის, წნევის, ქარის და ქიმიური შემადგენლობის ყოვლისმომცველი გლობალური გაზომვების უპრეცედენტო ნაკრები, მის ენერგეტიკულ წყაროებთან ერთად.

TIMED მისიის მეცნიერული მიზანია გაიგოს MLTI რეგიონის ძირითადი პარამეტრების - წნევა, ტემპერატურა და ქარის სტრუქტურა და სივრცითი და დროითი ცვალებადობა, რომელიც გამოწვეულია ამ რეგიონში და მის გარეთ ენერგიის გადაცემის შედეგად.

SABER-ის გარდა, GUVI (გლობალური ულტრაიისფერი გამომსახველი) სივრცით სკანირებას აწარმოებს შორი ულტრაიისფერი სპექტროგრაფით, რომელიც გლობალურად ზომავს MLTI რეგიონის შემადგენლობას და ტემპერატურულ პროფილებს. SEE (Solar Extreme Ultraviolet Experiment - სპექტრომეტრი და ფოტომეტრების კომპლექტი, რომელიც ზომავს მზის ულტრაიისფერ გამოსხივებას, პირველად ენერგიას დეპონირებულს MLTI ატმოსფერულ რეგიონში, რომელიც მოიცავს მზის რბილ რენტგენს და უკიდურეს ულტრაიისფერ და შორეულ ულტრაიისფერ გამოსხივებას. TIDI (TIMED Doppler Interferometer - ინსტრუმენტი, რომელიც გლობალურად ზომავს MLTI რეგიონის ქარისა და ტემპერატურის პროფილებსგანთავსებულია TIMED-ის ბორტზე.მონაცემთა პროდუქტები ხელმისაწვდომია TIMED-ის ვებსაიტის მეშვეობით (www.timed.jhuapl.edu).

1.4 მანქანური სწავლება

მანქანური სწავლება არის ალგორითმების ერთობლიობა, რომელიც აუმჯობესებს მათ შესრულებას დასახულ დავალებაზე გამოცდილების მეშვეობით. ხშირად ეს მიიღწევა სტატისტიკური მეთოდებისა და რიცხვითი ოპტიმიზაციის კომბინაციით, მანქანური სწავლების სისტემის თანდათანობით გასაუმჯობესებლად და ამოცანის შესასწავლად, რომელიც განზოგადდება იმავე ამოცანის მომავალ ვარიაციებზე. დავალების ეს ცნება ცოტა აბსტრაქტულია, მაგრამ ის პირდაპირ მიგვიყვანს მანქანური სწავლების სხვადასხვა ტიპებში. მანქანური სწავლების ყველაზე ცნობილი სახეობაა ზედამხედველობითი სწავლება. ზედამხედველობის ქვეშ მყოფი სწავლებისას ჩვენ გვაქვს მონაცემთა ნაკრები და ლეიბლები ან გამომავალი მონაცემები ამ მონაცემთა ნაკრებისთვის. შემდეგ ჩვენ ვავარჯიშებთ მანქანური სწავლების მოდელს, რათა ჩვენს მონაცემთა ბაზაში არსებული ნიმუშები შესაბამის ეტიკეტებზე დააფიქსიროს. მანქანური სწავლების ამ ტიპის ამოცანები არის კლასიფიკაციის ამოცანები, როგორიცაა ღრუბლების აღმოჩენა სატელიტური გამოსახულებებით, ან რეგრესიის ამოცანები, როგორიცაა ტემპერატურის პროგნოზირება ამინდის სადგურებზე დაკვირვებით. ML მოდელირება განსხვავდება კლასიკური რიცხვითი მოდელებისგან, რომლებსაც ვქმნით, სადაც გვაქვს მონაცემები და წესები და ვიღებთ პასუხს მოდელისგან. მეთვალყურეობის ქვეშ მყოფი მანქანური სწავლებისას ჩვენ ამ ცნებას ვატრიალებთ და ვაძლევთ მონაცემებსა და პასუხებს წესების გამოსატანად (თუმცა ეს წესები ხშირად ირიბად არის ნათქვამი) [19].

მანქანური სწავლების კიდევ ერთი ტიპი განისაზღვრება ზედამხედველობითი სწავლის საწინააღმდეგოდ: ზედამხედველობის გარეშე სწავლება. ამ ტიპის სწავლება რელევანტურია მონაცემთა დიდი ნაკრებებისთვის, რომლებსაც არ გააჩნიათ ეტიკეტები ან გამომავალი მონაცემები. აქ მანქანური სწავლება შეიძლება გამოყენებულ იქნას მონაცემთა შიდა სტრუქტურის შესასწავლად, ინფორმაციის მისაღებად. უკონტროლო მანქანური სწავლების ტიპიური ამოცანებია მონაცემების დაჯგუფება. ეს ამოცანა შედგება მონაცემთა ნაკრებში ნიმუშების ჯგუფების აგებისგან, რომლებიც მიეკუთვნებიან ერთმანეთს თავად მონაცემების მსგავსებაზე დაყრდნობით. მაგალითი აქ იქნება ამინდის რეჟიმების დაჯგუფება გლობალურად, რათა იპოვოთ მსგავსება რეგიონულ ნიმუშებში. კიდევ ერთი საერთო ამოცანაა მონაცემთა სირთულის შემცირება. ზოგიერთი მონაცემთა ნაკრები შეიცავს მრავალ რთულ გაზომვას, რომელთა დამუშავება შეიძლება რთული იყოს როგორც ადამიანისთვის, ასევე კომპიუტერებისთვისაც კი. მახსენდება ატმოსფერული ქიმია, სადაც მრავალი აეროზოლი და მოლეკულაა ჩაწერილი. ეს ამოცანა, რომელსაც ეწოდება განზომილების შემცირება, წარმოადგენს თავდაპირველ მონაცემებს, რომლებიც

ჯერ კიდევ ისეთივე ექსპრესიულია, მაგრამ უფრო ადვილია ვიზუალიზაცია და შემდგომი პროცესების გაანალიზება. მანქანური სწავლების მომდევნო ტიპმა ახლახან მოიპოვა მეტი ყურადღება-ნახევრად ზედამხედველობითი მანქანური სწავლება. ეს ტიპი ეყრდნობა ნაწილობრივ ეტიკეტირებულ მონაცემთა ნაკრებებს და ეს ხშირად ხდება მონაცემთა უკიდურესად დიდი ნაკრებისთვის, სადაც თითოეული ნიმუშისთვის შესაბამისი შედეგების მინიჭება უბრალოდ ძალიან ძვირი იქნება. შემდეგ ნახევრად ზედამხედველობითი ალგორითმები იყენებენ როგორც მონაცემთა შიდა სტრუქტურას, ასევე ზოგიერთი ნიმუშის მინიჭებულ გამოსავალს, რათა გადასცეს ეს ეტიკეტები მონაცემთა როგორც ეტიკეტირებულ, ისე არაეტიკეტირებულ ნაწილებზე. ამის მაგალითია ღრუბლის ამოცნობა სატელიტურ სურათებში, სადაც გვაქვს დიდი რაოდენობით მონაცემები, თუმცა ღრუბლის ეტიკეტების მინიჭებას მნიშვნელოვანი დრო სჭირდება. მანქანური სწავლების საბოლოო ტიპს ეწოდება განმტკიცების სწავლა. ეს ტიპი ოდნავ განსხვავდება სხვა ტიპებისგან, აქ ჩვენ განვსაზღვრავთ წესებს გარემოში, რომლითაც ალგორითმი უნდა იქნეს შესწავლილი. ამ ტიპის მანქანური სწავლების ყველაზე მარტივი მაგალითია თამაში AI, ისევე როგორც ბოლოდროინდელი მიღწევები კომპიუტერებში, რომლებიც თამაშობენ ჭადრაკსა და Go-ს. სხვა ამოცანები მოიცავს თვითმართველ მანქანებს და ავტონომიურ რობოტებს.

დედამიწის სისტემის მოდელების გამოსაყენებლად ამინდისა და კლიმატის პროგნოზირების შესასრულებლად საჭიროა სუპერკომპიუტერების გამოყენება. მანქანური სწავლება დაგეხმარებათ შეამციროთ გამოთვლების რაოდენობა, რომელიც საჭიროა ჩვეულებრივი მოდელირებისთვის. ამას რამდენიმე მიზეზი აქვს.

1: ჩვეულებრივი მოდელები ძალიან რთულია და მოითხოვს მრავალი განსხვავებული მათემატიკური ალგორითმის და ძალიან დიდი გამოთვლითი კოდების გამოყენებას. ამის საპირისპიროდ, ალგორითმები, რომლებიც გამოიყენება მანქანური სწავლისთვის - და განსაკუთრებით ღრმა სწავლისთვის - ხშირად შედარებით მარტივია. ეს არ ნიშნავს მხოლოდ იმას, რომ გამოყენებული კოდი შეიძლება იყოს ძალიან მოკლე და რომ კოდის მრავალი კომპონენტი შეიძლება გამოყენებულ იქნას რამდენჯერმე, რაც ამცირებს სირთულეს, ეს ასევე ნიშნავს, რომ რიცხვითი ოპერაციები და მონაცემთა სტრუქტურები ძალიან მარტივია ჩვეულებრივ მოდელებთან შედარებით. რაც აადვილებს კოდის ოპტიმიზაციას სხვადასხვა აპარატურაზე, როგორიცაა CPU ან GPU.

2: ღრმა სწავლის მეთოდები ხშირად შეიძლება ეფუძნებოდეს ეგრეთ წოდებულ წრფივ ალგებრას. ეს მოიცავს მარტივ წრფივ კომპონენტებს - როგორიცაა მატრიცა-მატრიცის გამრავლება - რომლებიც საჭიროებენ მრავალ ოპერაციას მონაცემთა ერთეულზე, რომელიც გადატანილია და ინახება. ამის

საპირისპიროდ, ჩვეულებრივი ხელსაწყოები ხშირად გადააქვთ მრავალი მონაცემთა ერთეული და საჭიროებენ ოპერაციების შედარებით მცირე რაოდენობას მონაცემთა ერთეულზე. თუმცა, თანამედროვე აპარატურა შეიძლება გამოყენებულ იქნას ბევრად უფრო ეფექტურად, თუ მრავალი ოპერაცია შესრულდება მონაცემთა ერთეულზე და წრფივი ალგებრის გამოყენება ოპტიმალურია კარგი შესრულების მისაღწევად.

3: რიცხვით მოდელებში კონკრეტული ცვლადები უნდა იყოს წარმოდგენილი ციფრული ბიტების კონკრეტული რაოდენობით. ჩვეულებრივი მოდელები, როგორც წესი, იყენებენ 32 ან 64 ბიტს თითო ცვლადზე, რომელიც ინახება. ამის საპირისპიროდ, ღრმა სწავლის ინსტრუმენტს ხშირად შეუძლია იმუშაოს გაცილებით დაბალი რიცხვითი სიზუსტით – მაგალითად 16, ან 8 ან თუნდაც 4 ციფრული ბიტი. ეს საშუალებას იძლევა მონაცემთა უფრო სწრაფად დამუშავების და გამოთვლითი ხარჯების შემცირებისა.

4: AI-ში პროგრესი ემყარება სუპერკომპიუტერების გამოყენებას. ხელოვნური ინტელექტის გლობალური ბაზარი გიგანტურია ყოველწლიურად ტრილიონ დოლარის ინვესტიციით. ეს ამცირებს ყველა ექვივალენტურ ინვესტიციას სუპერკომპიუტერის სხვა აპლიკაციების სფეროებში. შესაბამისად, ტექნიკის ყველა წამყვანი გამყიდველი ავითარებს გამოთვლით აპარატურას, რომელიც ოპტიმიზებულია ხელოვნური ინტელექტის ან მანქანური სწავლების აპლიკაციებში გამოსაყენებლად, მაგალითად, მორგებული ამაჩქარებლის მეშვეობით, რათა მოხდეს დაბალი რიცხვითი სიზუსტის და წრფივი ალგებრის გამოყენება. მაშინაც კი, თუ მომავლის დედამიწის სისტემის მოდელებში მანქანური სწავლება არ იქნება გამოყენებული, დეველოპერებს მაინც მოუწევთ შეცვალონ მოდელების დიზაინი, რათა დარწმუნდნენ, რომ მათ შეუძლიათ ეფექტურად იმუშაონ მანქანური სწავლების ახალ აპარატურაზე.

5: არსებობს უამრავი ახალი პროგრამული უზრუნველყოფა, რომელიც მეცნიერებს საშუალებას აძლევს სწრაფად მიაღწიონ პროგრესს მანქანური სწავლების ხელსაწყოების შემუშავებისას. არსებობს ბიბლიოთეკები – როგორიცაა PyTorch ან TensorFlow – რომელიც საშუალებას აძლევს დომენის მეცნიერებს, რომლებიც არ არიან მანქანური სწავლების სპეციალისტები, შექმნან მძლავრი მანქანური სწავლების ხელსაწყოები მინიმალური ძალისხმევით. და პროგრამული უზრუნველყოფა არა მხოლოდ მარტივი გამოსაყენებელია, ის ასევე საშუალებას გაძლევთ გაუშვათ ინსტრუმენტები, რომლებიც ეფექტურად არის შემუ ღრმა სწავლებამ რევოლუცია მოახდინა ბევრ სფეროში ბოლო წლებში, მათ შორის გამოსახულების და მეტყველების ამოცნობა, ბუნებრივი ენის დამუშავება და თამაშის თამაშიც კი. და დიდი რაოდენობით მონაცემების ანალიზისა და რთული გადაწყვეტილებების მიღების უნარით, მას აქვს

პოტენციალი გარდაქმნას ამინდისა და კლიმატის პროგნოზირების სფეროც. მაშ, რა არის ღრმა სწავლა? თავის არსში, ღრმა სწავლა არის მანქანური სწავლების ქვეველი, რომელიც იყენებს ალგორითმებს, რომლებიც შთაგონებულია ტვინის სტრუქტურითა და ფუნქციით, კონკრეტულად ნეირონებით, რომლებიც ქმნიან ტვინს. ეს ალგორითმები, რომლებიც ცნობილია როგორც ხელოვნური ნერვული ქსელები, შექმნილია იმისთვის, რომ ამოიცნონ შაბლონები და მიიღონ გადაწყვეტილებები შეყვანის მონაცემებზე დაყრდნობით. მაგრამ როგორ მუშაობს ღრმა სწავლა? ხელოვნური ნერვული ქსელი შედგება ურთიერთდაკავშირებული „ნეირონების" ფენებისგან, რომლებიც ასრულებენ მარტივ გამოთვლებს მის შეყვანაზე და შედეგს გადასცემს შემდეგ ფენას. შეყვანის მონაცემები იკვებება ქსელის მეშვეობით, ფენა-ფენა, სანამ არ მიაღწევს გამომავალ ფენას, სადაც მიიღება საბოლოო გადაწყვეტილება ან პროგნოზი. სინამდვილეში, ამას ღრმა სწავლა ჰქვია, რადგან ჩვენ დავიწყეთ ერთი ფენით და იმის გარკვევა, თუ როგორ უნდა გადავწყვიტოთ მათემატიკურად ამ ქსელების უფრო ღრმად დაწყობა, მნიშვნელოვანი ნაბიჯი იყო 1980-იან წლებში. სინამდვილეში, ორ ფენიან ნერვულ ქსელს შეუძლია ნებისმიერი მათემატიკური ფუნქციის მიახლოება. დღესდღეობით ჩვენ ვაწყობთ ასობით ფენას რეალურ სამყაროში არსებული მონაცემების აღრიცხვისთვის, რადგან ყველაფერი არ შეიძლება კარგად იყოს აღწერილი მათემატიკური ფუნქციით.შავებული სუპერკომპიუტერებზე მრავალი სხვადასხვა აპარატურის კონფიგურაციით.

ღრმა სწავლის ერთ-ერთი მთავარი მახასიათებელია მონაცემების სწავლის უნარი. ტრენინგის პროცესში ქსელი წარმოდგენილია ეტიკეტირებული მაგალითების დიდი ნაკრებით და აკეთებს პროგნოზებს ამ მაგალითებზე დაყრდნობით. როდესაც პროგნოზები არასწორია, ქსელი არეგულირებს მის შიდა წონას და მიკერძოებას, რათა უკეთ მოერგოს მონაცემებს. ეს პროცესი მეორდება უსასრულოდ, სანამ ქსელს არ შეუძლია ზუსტად განსაზღვროს სწორი გამომავალი მოცემული შეყვანისთვის. მაგრამ ჩემი გამოცდილებით, ყველაზე სასარგებლო ნაწილი ნერვული ქსელების შესახებ არის მისი მრავალფეროვნება. ბევრი სხვადასხვა დისციპლინა მუშაობს მათი უნიკალური პრობლემების გადაწყვეტაზე, რომლებიც ხშირად ემთხვევა ამინდისა და კლიმატის პროგნოზს. მაგალითად, მედიცინის სფერო მუშაობს გამოსახულების და თარჯიმნის მიკერძოებულობაზე, ხოლო ეკონომიკის სფერო მნიშვნელოვან რესურსებს აყენებს მოთხოვნის პროგნოზირების სისტემების უკან. ღრმა სწავლის შავი ყუთის ბუნებიდან გამომდინარე, ჩვენ შეგვიძლია მივითვისოთ ეს შეხედულებები ჩვენი პრობლემებისთვის და გავაერთიანოთ ისინი შესაბამის გადაწყვეტილებებში. თითქმის ისევე როგორც Lego-სთან თამაში. რატომ არის ღრმა სწავლება განსაკუთრებით კარგად ამინდისა და კლიმატის

პროგნოზირებისთვის? ამინდი და კლიმატი მოიცავს კომპლექსურ სისტემებს მრავალი ურთიერთქმედების ცვლადით, სადაც კლასიკური ფიზიკური სისტემები ხშირად ძვირია ან უხდებათ მიახლოებების გამოყენება. ღრმა სწავლა შეიძლება გამოყენებულ იქნას დიდი რაოდენობის ცვლადების გასაანალიზებლად და მათი ურთიერთქმედების გასაანალიზებლად, რათა უფრო ზუსტი პროგნოზები გააკეთოთ. გარდა ამისა, ამინდისა და კლიმატის პროგნოზირებისთვის ხელმისაწვდომი მონაცემების დიდი რაოდენობა მას იდეალურ ველად აქცევს ღრმა სწავლისთვის. თანამედროვე ამინდის პროგნოზი ეყრდნობა თანამგზავრების, ამინდის სადგურების და სხვა წყაროების მონაცემებს და ამ მონაცემების მოცულობა მხოლოდ იზრდება. ღრმა სწავლის ალგორითმებს შეუძლიათ გაუმკლავდნენ ამ დიდი რაოდენობით მონაცემებს და საერთო სიბრძნე ის არის, რომ მეტი ვარჯიშის დროს მონაცემები უკეთეს პროგნოზებს იძლევა. დაბოლოს, ღრმა სწავლის ალგორითმები შეიძლება გაუმჯობესდეს, რადგან ისინი ექვემდებარებიან უფრო მეტ მონაცემს. ეს ნიშნავს, რომ როდესაც ჩვენ ვაგრძელებთ დედამიწის ამინდისა და კლიმატის შესახებ მეტი ინფორმაციის შეგროვებას, ჩვენი პროგნოზირების შესაძლებლობები გაუმჯობესდება მხოლოდ იმ შემთხვევაში, თუ სწორად გავაკეთებთ.

მეორე მიდგომა არის მანქანური სწავლების მეთოდების გამოყენება ანსამბლის გენერირებისთვის **გენერაციული მოდელირების** ტექნიკის გამოყენებით. გენერაციული მოდელირება ხშირად განისაზღვრება, როგორც მონაცემების შექმნა ხმაურისგან. ძირითადი იდეა ისაა, რომ უცნობი განაწილებიდან სასწავლო მონაცემების გათვალისწინებით, ჩვენ შეგვიძლია მოვამზადოთ პარამეტრული მოდელი (როგორც ღრმა ნერვული ქსელი თეტა პარამეტრებით), რომელსაც შეუძლია ნიმუშების გენერირება მონაცემთა უცნობი განაწილებიდან. ამგვარად, გენერაციული მოდელირება შეიძლება გამოვიყენოთ ისეთი აპლიკაციებისთვის, როგორიცაა დროის სერიების პროგნოზირება, გამოკვეთის ამოცნობა და რაც მთავარია ჩვენთვის ამ მოდულში, დაკარგული მონაცემების ან ხელოვნური ნიმუშების გენერირებისთვის გარკვეული მახასიათებლებით. განსაკუთრებით მარტივი გენერაციული მოდელის მეთოდი გამოიყენება ათწლეულების განმავლობაში ამინდის ცენტრებში შემდგომი დამუშავებისთვის. ანსამბლის მოდელის გამომავალი სტატისტიკა (ან EMOS) განიხილავს წარსული მოდელის შედეგებისა და დაკვირვებების სტატისტიკას ანსამბლის პროგნოზების შემდგომი დამუშავების განაწილების შესაქმნელად. ბევრი პროგნოზირებადი ალბათ არ თვლის ამას, როგორც გენერაციულ მოდელს, მაგრამ ეს ერგება გენერაციული მოდელირების განსაზღვრებას, რომელიც ჩვენ ახლახან განვსაზღვრეთ. არსებობს გენერაციული მოდელების

ორი ძირითადი ტიპი: ისეთები, რომლებისთვისაც ჩვენ ვიღებთ განაწილების ფორმას ან ზუსტად ან დაახლოებით, და ისეთები, რომლებისთვისაც არა. EMOS მეთოდი მიეკუთვნება პირველ შემთხვევაში, ისევე როგორც უფრო დახვეწილი გენერაციული მოდელის ტექნიკა, რომელიც ცნობილია როგორც Variational Autoencoders. გენერაციული მოდელები, სადაც ჩვენ არ ვიღებთ განაწილების ფორმას, მოიცავს დიფუზიურ მოდელებს და გენერაციულ საპირისპირო ქსელებს (ან GAN-ებს).

თავი 2. კლიმატური რისკების მართვა

მოსალოდნელია, რომ ჰიდრომეტეოროლოგიური საფრთხეები, როგორიცაა ძლიერი წყალდიდობა, ქარიშხალი, მეწყერი, ზვავი, სეტყვა, ქარიშხალი, გვალვა და ა.შ. უფრო ხშირი და მძიმე გახდება კლიმატის ცვლილების, ეკოსისტემის დეგრადაციის, მოსახლეობის ზრდისა და ურბანიზაციის გამო[3]. მსოფლიოში ეკონომიკური და სხვა ზარალი სტიქიური უბედურებების შედეგად იზრდება. კატასტროფების საერთაშორისო მონაცემთა ბაზის (EM-DAT) მიხედვით, ბოლო 70 წლის განმავლობაში, ჰიდრომეტეოროლოგიურმა კატასტროფებმა აჩვენა ყველაზე მაღალი ზრდის ტემპი ნებისმიერი ტიპის სტიქიურ უბედურებებთან შედარებით. პარალელურად, სწრაფად განვითარდა ტექნოლოგიური შესაძლებლობები მსგავს კატასტროფებთან გამკლავებისთვის. NBS-ის გამოყენება ჰიდრომეტეოროლოგიური რისკების შესარბილებლად და კლიმატისადმი მდგრადი ლანდშაფტების შესაქმნელად იძლევა შესაძლებლობას თავიდან ავიცილოთ ტრადიციული პრაქტიკები და ხელახლა დავუკავშიროთ ჩვენი მიწის მართვისა და განვითარების პრაქტიკა ბუნებასთან, რათა მივიღოთ მრავალი სარგებელი ეკოსისტემის სერვისებისა და ეკოსისტემის ფუნქციებისთვის.

გლობალური დათბობისა და ზოგადად კლიმატის ცვლილების გამო, პროგნოზირებულია კლიმატთან დაკავშირებული რისკების ხანგრძლივობა, სიდიდე, სიდიდე და სიხშირე, რომელიც გაიზრდება და გაუარესდება [10,11,23]. კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული HMR მოიცავს ექსტრემალურ ტემპერატურას, ქარს, გვალვას, ძლიერ ნალექს, ჭექა-ქუხილს, სეტყვას, წყალდიდობას და მეწყერს; მათი სიხშირე და მასშტაბები მომავალში მოსალოდნელია გაიზრდება. ბუნებრივი გადაწყვეტილებები (NBS) დადასტურდა, რომ ეფექტურია HMR-ის მართვაში (კალანტარი და სხვ., 2018). NBS არსებითად იყენებს ბუნებისგან მიღებულ გაკვეთილებს HMH-ით გამოწვეული ზიანის შესამცირებლად (კალანტარი და სხვ., 2019). NBS შედარებით ახალი კონცეფციაა და გვთავაზობს მნიშვნელოვან ხარჯ-ეფექტურ მეთოდებს სტრუქტურული ჩარევების აცილებისთვის (მაგ. ბეტონის შენობები). თუმცა, გამოწვევად რჩება NBS-ის ეფექტურობის შესახებ სანდო სამეცნიერო მონაცემების მოპოვება კონკრეტულ სივრცულ და დროულ მასშტაბებში. NBS-ის კონცეფცია მჭიდრო კავშირშია მდგრად, ჰარმონიულ და ეკოლოგიურად განვითარებასთან, რესურსების რაციონალურ გამოყენებასთან, ადამიანისა და გარემოს ერთობლიობასთან, ასევე გარემოს დაცვის პრიორიტეტთან.

კლიმატის ცვლილების შერბილება და წარმატებული ადაპტაცია მოითხოვს კლიმატის ცვლილების ეფექტურ სტრატეგიულ დაგეგმვას მსოფლიოს ქვეყნების მიერ, რომელთა გადაწყვეტილების მიღება მოითხოვს კომპლექსურ მოდელებსა და ინფორმაციის წყაროებს. Big Data ინსტრუმენტები საშუალებას

გამლევთ სისტემატიზაცია მოახდინოთ, დაამუშავოთ და შეაფასოთ ჰეტეროგენული მონაცემები და ინფორმაციის წყაროები, რაც შეუძლებელია ტრადიციული დისციპლინური ანალიზის ინსტრუმენტებით [9]. კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული მუდმივად მზარდი სამეცნიერო ცოდნისა და მონაცემთა მრავალფეროვანი წყაროების ჰარმონიზაცია შეიძლება იყოს ერთ-ერთი ყველაზე აქტუალური გამოწვევა მკვლევრებისთვის მომავალში.

კლიმატის ცვლილების შედეგები დღეს უკვე იგრძნობა: უახლესი კლიმატის პროგნოზების მიხედვით, ექსტრემალური ამინდის მოვლენები მომავალში გაიზრდება სიხშირითა და მასშტაბებით. ეს მოვლენები, როგორიცაა ქარიშხალი/ციკლონები და წყალდიდობა, ნელი ცვლილებებით, როგორიცაა ზღვის დონის აწევა და გაუდაბნოება და შედეგად მიღებული სოციალურ-ეკონომიკური ასპექტები, მზარდ რისკს უქმნის ყველა ქვეყნის მდგრად განვითარებას და შეიძლება გამოიწვიოს ეკონომიკური და არაეკონომიკური. დანაკარგები და ზარალი. ნაკლებად განვითარებული ქვეყნები (LDC) და პატარა კუნძულოვანი განვითარების ქვეყნები (SIDS) განსაკუთრებით დაუცველები არიან ასეთი რისკების მიმართ, რაც იმას ნიშნავს, რომ მათი ბუნებრივი და სოციალური სისტემები უფრო ექვემდებარება კლიმატის ცვლილების ნეგატიურ ზემოქმედებას და ნაკლებად შეუძლია მათთან გამკლავება. შერბილებისა და ადაპტაციისთვის მიმდინარე მცდელობების მიუხედავად, კლიმატის ცვლილების უარყოფითი ზემოქმედების ნარჩენი რისკები რჩება. რისკების შეფასება და მართვა ზარალისა და დაზიანების თავიდან აცილების, მინიმიზაციისა და აღმოფხვრის მიზნით ცენტრალური მნიშვნელობისაა.

კლიმატის ცვლილება 21-ე საუკუნის ერთ-ერთი განმსაზღვრელი გამოწვევაა. ამ ფენომენის ზემოქმედება დამანგრეველი და შორსმიმავალია, რაც გავლენას ახდენს გარემოსა და კაცობრიობის ყველა ასპექტზე. დასკვნები ვარაუდობენ, რომ კლიმატის ცვლილების რისკების შესამცირებლად, ერთ-ერთი ყველაზე ეფექტური ინსტრუმენტია კლიმატის რისკის მართვისა და ESG პრაქტიკის გამოყენება.

ბოლო კვლევებმა აჩვენა, რომ კლიმატის ცვლილებას აქვს ეკონომიკური და ფინანსური გავლენა, რამაც შეიძლება მნიშვნელოვნად იმოქმედოს საინვესტიციო ლანდშაფტზე. ზღვის დონის ამაღლებამ და გლობალური დათბობით გამოწვეულმა ექსტრემალურმა სტიქიურმა კატასტროფებმა შეიძლება შეაფერხოს ფირმის წარმოება. კომპანიების აქტივები, რომლებიც დიდად არიან დამოკიდებულნი წიაღისეულ საწვავზე, შეიძლება დაექვემდებაროს მათი ღირებულების უმეტესი ნაწილის დაკარგვის რისკს, თუ ოჯახები, მთავრობები და ფირმები გაბედულ და სწრაფ ნაბიჯებს გადადგამენ მდგრადი ვარიანტებისკენ.

ზოგადად, კლიმატის რისკი არის შედეგების, ალბათობისა და რეაგირების ოფიციალური შეფასება კლიმატის ცვლილების შედეგებზე და იმაზე, თუ როგორ აყალიბებს საზოგადოების შეზღუდვები ადაპტაციის არჩევანს.

ფინანსურ სივრცეში, აქტივების კლიმატის რისკები შეიძლება დაიყოს სამ ნაწილად: მარეგულირებელი ან გარდამავალი რისკი, სასამართლო დავის რისკი და ფიზიკური რისკი.

გარდამავალი რისკი მოიცავს კლიმატის პოლიტიკასა და რეგულაციას, რომლებიც ამჟამად რესტრუქტურიზაციას განიცდის, რათა გლობალური ეკონომიკა წიაღისეული საწვავისაგან გადაიტანოს. ნახშირბადის ემისიების შესამცირებლად შემოღებულმა პოლიტიკურმა ინიციატივებმა შეიძლება აიძულოს წიაღისეული საწვავის ექსპლუატაციაზე დაფუძნებული ბიზნეს მოდელები დაკარგავენ ეკონომიკური ღირებულების დიდი ნაწილს. თუ ფინანსური ინვესტიციები არ გააერთიანებს ამ შესაძლებლობას, ამან შეიძლება გამოიწვიოს ნახშირბადის გადაფასება - რაც ძირითადად ნიშნავს, რომ წიაღისეულ საწვავზე დამოკიდებული კომპანიები შეიძლება გადაჭარბებულადაც იყვნენ.

ეს რისკი თეორიულისგან შორს არის: პარიზის შეთანხმება, რომელიც 2016 წელს 195 ქვეყანამ მოაწერა, ავალდებულებს ამ მთავრობებს შეზღუდონ ტემპერატურის მატება 1,5-მდე პრეინდუსტრიულ დონემდე [3]. ამ შეთანხმების ზოგიერთი ნაწილის შესრულების მცდელობისას, სახელმწიფოები იწყებენ ეკოლოგიურად სუფთა რეგულაციების შესრულებას, რომლებიც გავლენას ახდენენ კორპორატიული ფულადი სახსრების მიმდინარე ნაკადებზე.

კლიმატის რისკის ყოვლისმომცველი მენეჯმენტი (CRM) არის სისტემური ჩარჩო, რომელიც ცდილობს განჭვრიტოს, თავიდან აიცილოს და თავიდან აიცილოს ყველა სახის კლიმატური რისკი, ასევე აითვისოს ექსტრემალური ამინდის მოვლენებისა და ნელი ცვლილებებისგან დარჩენილი ზემოქმედება. ამრიგად, იგი აერთიანებს კლიმატის ცვლილების ადაპტაციის (CCA) და კატასტროფების რისკის შემცირების (DRR) კვლევის ორ მიმართულებას მდგრადი განვითარების ჩარჩოში.

კლიმატის რისკების ყოვლისმომცველი მენეჯმენტი მიზნად ისახავს კლიმატის ცვლილების ნეგატიური შედეგების მოგვარებას და შემცირებას კლიმატის რისკების თავიდან აცილებით სათბურის გაზების ემისიების შემცირებით, კლიმატის რისკების მინიმიზაციის გზით ადაპტაციის გზით და რისკების მართვის ან ნარჩენი კლიმატის რისკების მართვის ინსტრუმენტების საშუალებით, როგორიცაა კლიმატის რისკის დაფინანსება ან ტრანსფორმაციული. ზომები

როგორც საჯარო და პოლიტიკის საკითხი, კლიმატის ცვლილება ოთხ ძირითად საკითხად იშლება: 1) კლიმატი იცვლება; 2) ადამიანები იწვევენ კლიმატის ცვლილებას; 3) კლიმატის ცვლილების სოციალური შედეგები ძალზე გაურკვეველია, მაგრამ მოიცავს სერიოზული ზემოქმედების პოტენციალს; და 4) კლიმატის ცვლილების რისკის მართვის მრავალი პოლიტიკის ვარიანტი არსებობს, რომელთა უმეტესობა კარგად არის დახასიათებული (ანუ ცნობილია ძლიერი და სუსტი მხარეები). ეს ოთხი დასკვნა ეფუძნება მეცნიერული გაგების

ყოვლისმომცველ შეფასებას და თითოეული არის მრავალი დამოუკიდებელი მტკიცებულების შედეგი.
კლიმატის ცვლილების რისკის მართვის მიდგომები, როგორც წესი, იყოფა ოთხ ფართო კატეგორიად: 1) შერბილება - მალისხმევა სათბურის გაზების ემისიების შესამცირებლად; 2) ადაპტაცია - საზოგადოების შესაძლებლობების გაზრდა კლიმატის ცვლილებებთან გამკლავებისთვის; 3) გეოინჟინერია ან კლიმატის ინჟინერია-დედამიწის სისტემის დამატებითი, მიზანმიმართული მანიპულირება, რომელიც გამიზნულია სათბურის გაზების გამონაბოლქვის ზოგიერთი ზემოქმედების წინააღმდეგ მაინც; და 4) ცოდნის ბაზის გაფართოება - კლიმატის სისტემის შესახებ მეტის შესწავლისა და გაგების მცდელობები, რაც ხელს შეუწყობს რისკის პროაქტიული მართვის მხარდაჭერას.
ემისიების შემცირებით, შერბილება ამცირებს საზოგადოების სამომავლო წვლილს ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციაში. საბოლოო ჯამში, ეს ხელს შეუწყობს კლიმატის ცვლილების ოდენობის შემცირებას და ამით გაზრდის პოტენციალს, რომ საზოგადოების ზემოქმედება დარჩეს მართვადი. ემისიების შემცირების მიდგომები რამდენიმე კატეგორიად იყოფა. ეს მოიცავს 1) რეგულაციას; 2) ახალი ტექნოლოგიების კვლევა, განვითარება და დანერგვა; 3) კონსერვაცია; 4) საზოგადოების ცნობიერების ამაღლების მალისხმევა; 5) პოზიტიური სტიმულები წაახალისოს არჩევანი, რომელიც ამცირებს ემისიებს; და 6) სათბურის გაზების ემისიებზე ფასის დამატება, რაც ქმნის სტიმულს ემისიების ფართოდ შემცირებისთვის.
ადაპტაცია გულისხმობს კლიმატზე ზემოქმედების დაგეგმვას, ამ ზემოქმედებისადმი მდგრადობის გაზრდას და საზოგადოების რეაგირებისა და აღდგენის შესაძლებლობების გაუმჯობესებას. ეს ხელს შეუწყობს კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული ზიანის და შეფერხებების შემცირებას. ადაპტაციის პოლიტიკა შეიძლება მოიცავდეს რეგულირებას მოწყვლადობის შესამცირებლად (მაგ., მიწათსარგებლობის დაგეგმვისა და სამშენებლო კოდების მეშვეობით); რეაგირების დაგეგმვა; კატასტროფის აღდგენა; კრიტიკული სისტემებისა და რესურსების ზემოქმედების შეფასება (მაგ. წყალი, ჯანმრთელობა, ბიოლოგიური სისტემები, სოფლის მეურნეობა და ინფრასტრუქტურა); დაკვირვება და მონიტორინგი; და მალისხმევა შემცირდეს ისეთი სტრესები, როგორიცაა ჰაერის ტრადიციული დაბინძურება, ჰაბიტატის დაკარგვა და დეგრადაცია, ინვაზიური სახეობები და აზოტის დეპონირება.
გეოინჟინერია გულისხმობს კლიმატის სისტემის მიზანმიმართულ, ხშირად გლობალური მასშტაბის მანიპულაციებს. გეოინჟინერიის ორი კატეგორია ყველაზე გავრცელებულია სამეცნიერო და პოლიტიკის დისკუსიებში: მზის რადიაციის მენეჯმენტი (სათბურის გაზების გამოსხივების გამო ადამიანის მიერ გამოწვეული დათბობის კომპენსირება კოსმოსში შემომავალი მზის შუქის ასახვით) და ნახშირბადის მოცილება და სეკვესტრი (ნახშირორჟანგის ამოღება ჰაერიდან და მისი შენახვა). მიწის ან ოკეანის სიღრმეში).

გეოინჟინერიას შეუძლია ხელი შეუწყოს ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციის შემცირებას, სათბურის გაზების კონცენტრაციის გაზრდის დათბობის გავლენის წინააღმდეგ ბრძოლას, კლიმატის ცვლილების სპეციფიკურ ზემოქმედებას, ან შესთავაზოს სასოწარკვეთის სტრატეგიები იმ შემთხვევაში, თუ მოულოდნელი, კატასტროფული ან სხვაგვარად მიუღებელი კლიმატის ცვლილების ზემოქმედება გახდება აშკარა. გეოინჟინერიას ასევე შეუძლია შექმნას რისკის ახალი წყაროები, რადგან დედამიწის სისტემის ფართომასშტაბიანი ინჟინერიის მცდელობამ შეიძლება გამოიწვიოს არასასურველი და უარყოფითი შედეგები.

კვლევებმა, დაკვირვებებმა, სამეცნიერო შეფასებებმა და ტექნოლოგიების განვითარებამ შეიძლება ხელი შეუწყოს კლიმატის სისტემასთან დაკავშირებული რისკებისა და შესაძლებლობების გამოვლენას და ხელი შეუწყოს გადაწყვეტილების მიღებას კლიმატის ცვლილების რისკის მართვასთან დაკავშირებით. ცოდნის ბაზის გაფართოება პოლიტიკის შემქმნელებს საშუალებას აძლევს გაიგონ, შეარჩიონ და დახვეწონ რისკის მართვის კონკრეტული სტრატეგიები და ამით გაზარდონ რისკის მართვის ძალისხმევის ეფექტურობა. ცოდნის ბაზის გაფართოებამ, ზოგიერთ შემთხვევაში, ასევე შეიძლება გამოავლინოს სრულიად ახალი შესაძლებლობები კლიმატის სისტემის დასაცავად ან კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების რისკების შესამცირებლად. შედეგად, ცოდნის ბაზის გაფართოების პოლიტიკამ შეიძლება მხარი დაუჭიროს და მხარი დაუჭიროს ზემოთ აღწერილ რისკების მართვის პროაქტიულ სტრატეგიებს (შერბილება, ადაპტაცია და გეოინჟინერია).

რისკის მართვის არც ერთი ვარიანტი არ არის ურთიერთგამომრიცხავი. მართლაც, კლიმატის ცვლილების რისკის ყოვლისმომცველი მართვა თითქმის რა თქმა უნდა მოიცავს პოლიტიკის პასუხების კომბინაციას. თუმცა, პოლიტიკის არჩევანი აუცილებლად აერთიანებს როგორც ობიექტურ ინფორმაციას კლიმატის სისტემის შესახებ და ჩვენი ურთიერთობის შესახებ, ასევე სუბიექტური ღირებულებითი განსჯები, როგორიცაა კლიმატის ცვლილებების რისკების ან პოლიტიკის პასუხების მიმართ, თუ როგორ ვაფასებთ სამართლიანობის საკითხებს. ერები და ხალხები და ყურადღება, რომელსაც ჩვენ ვაქცევთ კულტურულ მემკვიდრეობას ან არაადამიანურ სახეობებს. ეს ქმნის რისკის მართვის რთულ და ხშირად სადავო გამოწვევას.

შერბილება გლობალურ დონეზე:

კლიმატის ცვლილების უარყოფითი ზემოქმედების სიდიდე დიდწილად დამოკიდებულია გლობალური ემისიების გზაზე მომდევნო წლებში და ათწლეულებში. თუნდაც ყველაზე ამბიციური ადაპტაციის ქმედებებით, ჩვენ მოგვიწევს კლიმატის ნარჩენი ზემოქმედების წინაშე. კლიმატის ცვლილების მართვადი შესანარჩუნებლად, კლიმატის ცვლილების შერბილება, შესაბამისად, უმნიშვნელოვანესია. ამბიციური ზომების მიღება გლობალური დათბობის შესანარჩუნებლად 2°C-ზე დაბლა პრეინდუსტრიულ დონეებთან შედარებით და

მისი 1,5°C-მდე შეზღუდვის მიზნით, ამგვარად მნიშვნელოვანი ნაბიჯია კლიმატთან დაკავშირებული რისკის მართვისთვის და, ალბათ, ადაპტაციის საუკეთესო ფორმა.

მდგრადი განვითარება ყველა დონეზე:

მდგრადი განვითარება მიზნად ისახავს მიმდინარე და მომავალი თაობების მოთხოვნილებების დაკმაყოფილებას სიცოცხლის შენარჩუნების დედამიწის შესაძლებლობის გადაჭარბების გარეშე და სოციალურად სამართლიანი გზით. ამრიგად, მდგრადი განვითარება მოიცავს ეკონომიკურ, სოციალურ და გარემოსდაცვით მოსაზრებებს. ეს მიდგომა მოიცავს, მათ შორის, განახლებადი ენერგიის გამოყენებას ან დაბალ ნახშირბადის ტრანსპორტირებასა და ცხოვრების წესზე გადასვლას. მდგრადი განვითარების გზები გვთავაზობს მრავალ სარგებელს, როგორიცაა ჰაერის უკეთესი ხარისხი და სუფთა ენერგიაზე წვდომა. ადაპტაციის ღონისძიებები, როგორიცაა მანგროს ტყის გაშენება და აგროტყეობა, ხშირად იწვევს თანასასარგებლო სარგებელს, როგორიცაა ქარიშხლის წყალდიდობისგან ან ექსტრემალური სიცხისგან დაცვა, მაშინ როცა კლიმატისთვის ჭკვიანი სოფლის მეურნეობა აუცილებელია მომავალი სასურსათო უსაფრთხოებისთვის.
ადაპტაციისა და კატასტროფის რისკის შესამცირებლად უკვე გამოყენებული დადასტურებული ინსტრუმენტების ჭკვიანი კომბინაცია:
ხელსაწყოები, რომლებიც უკვე გამოიყენება კლიმატის ცვლილების ადაპტაციის სფეროში, როგორიცაა გვალვაგამძლე კულტურები, კლიმატის მდგრადი ქალაქები და ინფრასტრუქტურა ან ეკოსისტემაზე დაფუძნებული ადაპტაცია, კომბინირებულია კატასტროფების რისკის შემცირების ინსტრუმენტებთან, მაგ. საგანგებო სიტუაციების დაგეგმვა და ადრეული გაფრთხილების სისტემები. ადაპტაციასა და კატასტროფების რისკის შემცირების ზომებს შორის სინერგიების კაპიტალიზაციას აქვს დიდი პოტენციალი, რათა თავიდან აიცილოს ძალისხმევის გაორმაგება და ამგვარად გამოიყენოს შეზღუდული ფინანსური და ადამიანური რესურსები, არა მხოლოდ კატასტროფებზე უკეთ მზადყოფნაში და რეაგირებაში, არამედ ზიანის შეზღუდვით ან შემცირებით. პირველ რიგში.
ინოვაციური ადაპტაციის ინსტრუმენტები, მაგ. რისკის დაფინანსება და დაზღვევა, ასევე ტრანსფორმაციული მიდგომები:
ნარჩენი რისკების განხილვა, რომელთა თავიდან აცილება შეუძლებელია შერბილებისა და ადაპტაციის ვარიანტებით, არის ყოვლისმომცველი CRM-ის კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი საყრდენი. რისკის დაფინანსების მექანიზმებს, როგორიცაა კლიმატის რისკის დაზღვევა, საგანგებო ფონდები და სოციალური დაცვის სქემები, შეუძლია ხელი შეუწყოს კლიმატის ცვლილებისადმი მდგრადობას სხვადასხვა აქტორებზე, გეოგრაფიებსა და დროში რისკების გავრცელებით. ეს მექანიზმები ასევე იძენს მნიშვნელობას ნარჩენი რისკების მოსაგვარებლად. დარჩენილი რისკების უწყვეტი მართვისთვის, არსებობს ორი

ვარიანტი: რისკის გადაცემა ან ნარჩენი რისკის ხელახალი შესვლა რისკის მართვის ციკლში.

L&D მიმართვის ინსტრუმენტები არ არის მხოლოდ დამატებითი ხასიათისა. გარდა ამისა, საჭიროა ტრანსფორმაციული მიდგომები, როგორიცაა საარსებო საშუალებების დივერსიფიკაცია და ადაპტირებული მენეჯმენტი ცვლილებებისადმი ადაპტაციისა და დანაკარგებისა და ზიანის რისკის შესამცირებლად. გარდა ამისა, ადამიანთა მობილურობა იყო და იქნება განვითარების მნიშვნელოვანი ნაწილი – კლიმატის ცვლილებასთან ერთად ან მის გარეშე. ის უკვე ფართოდ გამოიყენება კლიმატის ცვალებადობის მქონე რეგიონებში, მაგ. სეზონური შრომითი მიგრაცია. მიგრაცია და დაგეგმილი გადაადგილება, როგორც უკანასკნელი საშუალება, შეუძლია შეამციროს დანაკარგების და ზიანის რისკი.

რისკის გადაცემის მექანიზმები:

დაბოლოს, ნარჩენი რისკის დასაძლევად, რისკის გადაცემის მექანიზმებმა, როგორიცაა კლიმატის რისკის დაზღვევა და სოციალური დაცვის სქემები, შეიძლება ხელი შეუწყოს კლიმატის ცვლილებისადმი მდგრადობას სხვადასხვა აქტორებზე, გეოგრაფიებსა და დროში რისკების გავრცელებით. გარდა ამისა, კატასტროფის შემდგომ სიტუაციებში ელასტიური აღდგენა ხელს უწყობს „უკეთესად აღდგენას" და მომავალი კლიმატის რისკებისთვის მომზადებას.

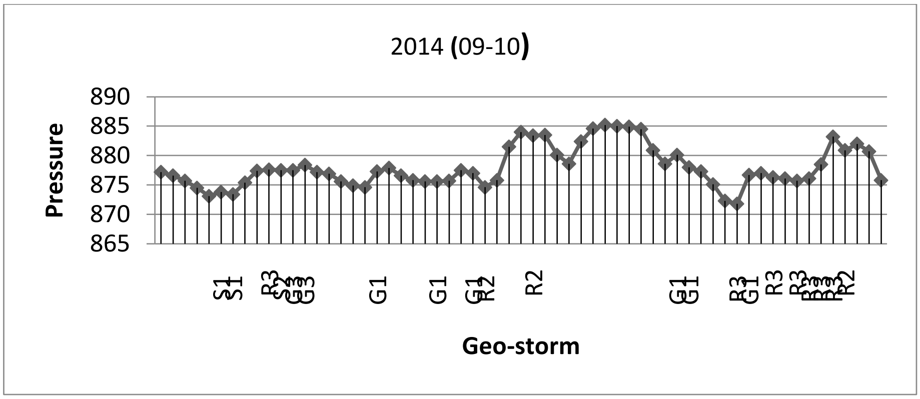
კლიმატის ცვლილების გამო, პროგნოზირებულია კლიმატთან დაკავშირებული რისკების ხანგრძლივობა, სიდიდე, სიდიდე და სიხშირე გაიზრდება და გაუარესდება [22]. კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული HMR მოიცავს ექსტრემალურ ტემპერატურას, ქარს, გვალვას, ძლიერ ნალექს, ჭექა-ქუხილს, სეტყვას, წყალდიდობას და მეწყერს; მათი სიხშირე და მასშტაბები მომავალში მოსალოდნელია, რომ გაიზრდება. კლიმატური რისკების და კატასტროფების რისკის შემცირებისთვის, აუცილებელია ამ კატასტროფებზე მაქსიმალური რაოდენობის ინფორმაციის შეგროვება და ანალიზი [20,21]. ასევე მნიშვნელოვანია სტიქიური მოვლენების გამომწვევი მიზეზების იდენტიფიცირება და შესაძლო პროგნოზის გაკეთება .ჩატარებულმა კვლევებმა გამოავლინა ერთ-ერთი ასეთი გამომწვევი მიზეზი-გეო-შტორმი. ეს მოვლენა წინა თავებშია განხილული, ამ თავში კი წარმოდგენილია მისი გავლენა მეტეოროლოგიურ პარამეტრებზე.

კვლევები

კვლევის ჩასატარებლად გამოყენებულია **kp** გეო-მაგნიტური ინდექსი და შემდეგი მეტეოპარამეტრების: **ტემპერატურა, ნალექი, წნევა, ქარი** მონაცემები 2014-19წ-თვის. კვლევა ჩატარდა საქართველოს ტერიტორიაზე განთავსებული ყველა მეტეოსაგურისთვის, რომლებისთვისაც გარემოს ეროვნულ სააგენტოს ჰქონდა დაკვირვების უწყვეტი რიგი. გამოყენებულია ყველა მახასიათებელი

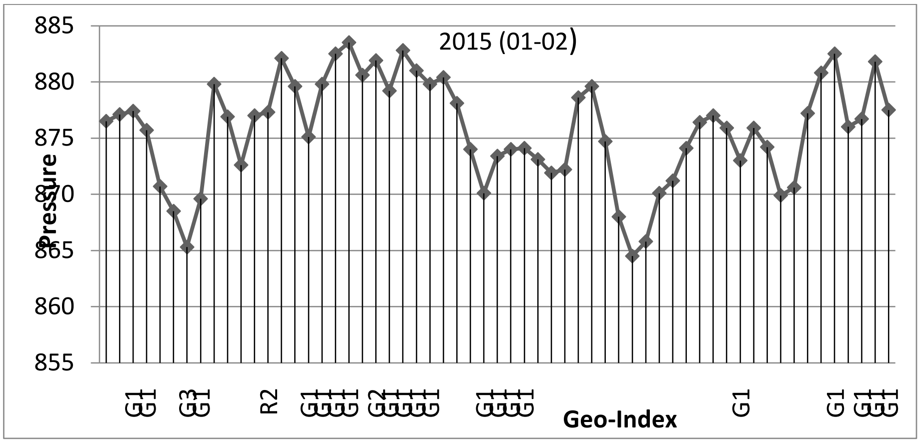
სადგურის მონაცემი, რომლებმაც სრულად მოიცვა საქართველოს ტერიტორია. განსაკუთრებით აღსანიშნავია მაღალმთიანი სადგური, რადგან კვლევისთვის მისი მონაცემი მნიშვნელოვანია. წნევის, ტემპერატურის და ქარის დინამიურობიდან გამომდინარე გეო-შეშფოთებებზე ისინი დაგვიანების გარეშე რეაგირებენ: უმეტესად იზრდება მათი სიდიდე და ინტენსივობა [9,2225,26,27,28].

ქვემოთ მოყვანილია ატმოსფერული წნევის ცვალებადობის გრაფიკები გეო-შტორმებზე დამოკიდებულებით მთა-საბუეთის მაგალითზე



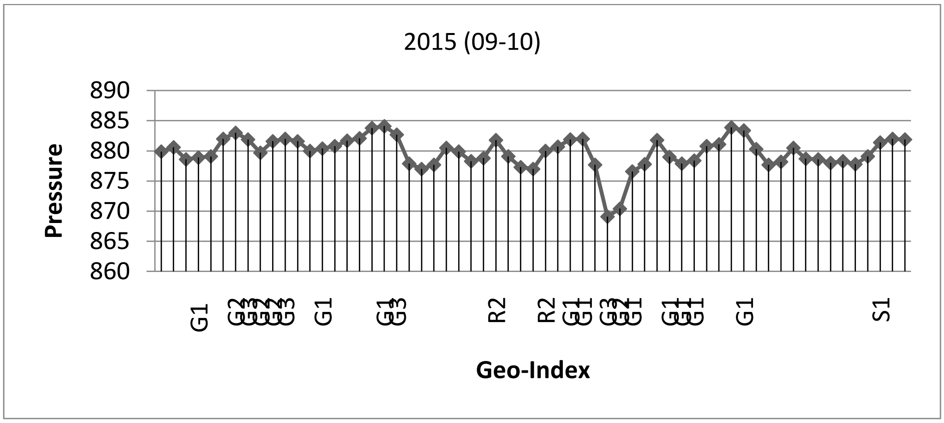
ნახ.2.1. წნევის დამოკიდებულება **kp** გეო-მაგნიტური ინდექსზე მთა-საბუეთისთვის 2014წ.

Fig. 2.1. Variation of pressure depending on the kp geo-magnetic index for Mta-Sabueti in 2014



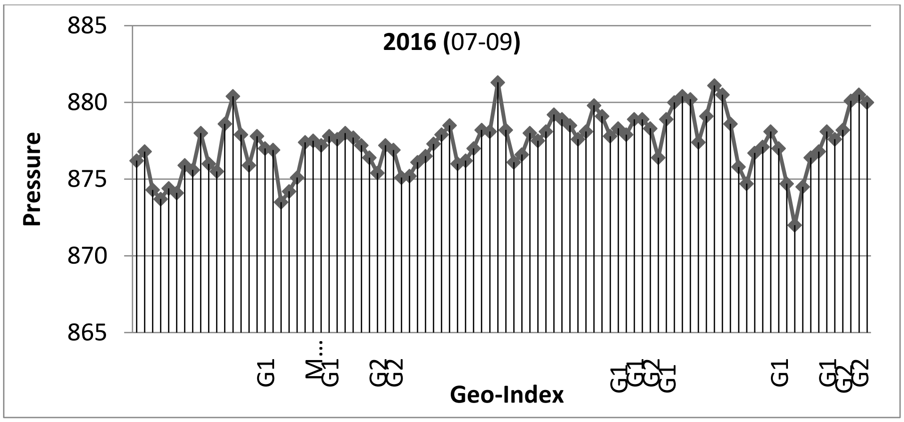
ნახ.2.2. წნევის დამოკიდებულება **kp** გეო-მაგნიტური ინდექსზე მთა-საბუეთისთვის 2015წ

Fig. 2.2. Variation of pressure depending on the kp geo-magnetic index for Mta-Sabueti in 2015



ნახ.2.3. წნევის დამოკიდებულება **kp** გეო-მაგნიტური ინდექსზე მთა-საბუეთისთვის 2015წ

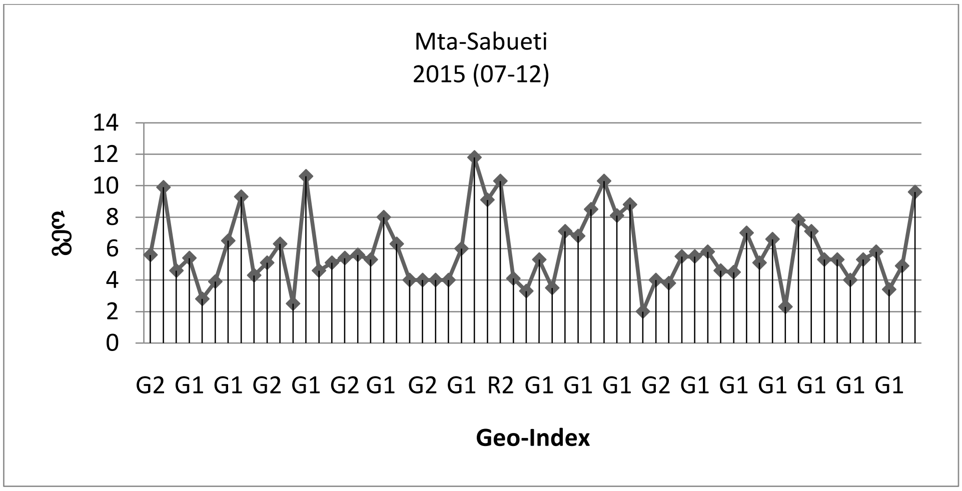
Fig. 2.3. Variation of pressure depending on the kp geo-magnetic index for Mta-Sabueti in 2015



ნახ.2.4. წნევის დამოკიდებულება **kp** გეო-მაგნიტური ინდექსზე მთა-საბუეთისთვის 2016წ

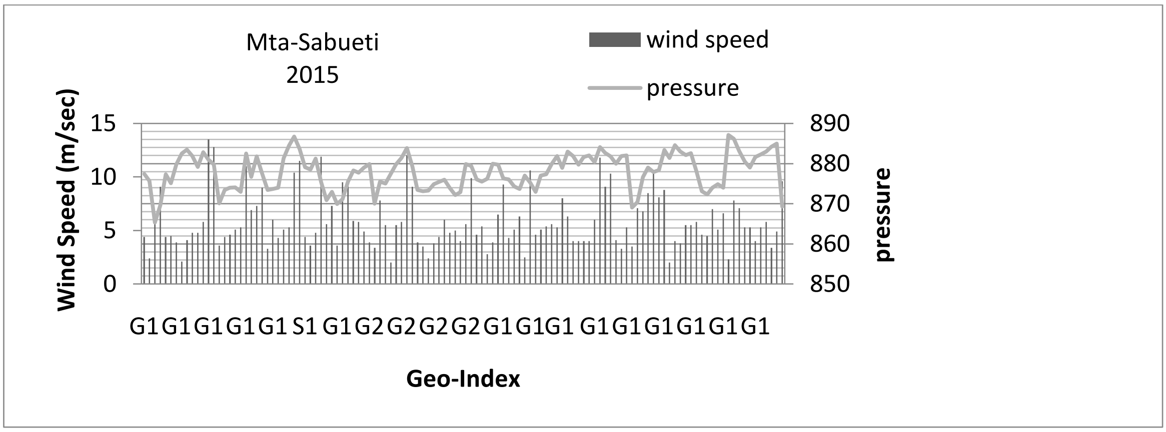
Fig. 2.4. Variation of pressure depending on the kp geo-magnetic index for Mta-Sabueti in 2016

ასევე მოყვანილია ქარის სიჩქარის დამოკიდებულება გეო-ინდექსებზე.



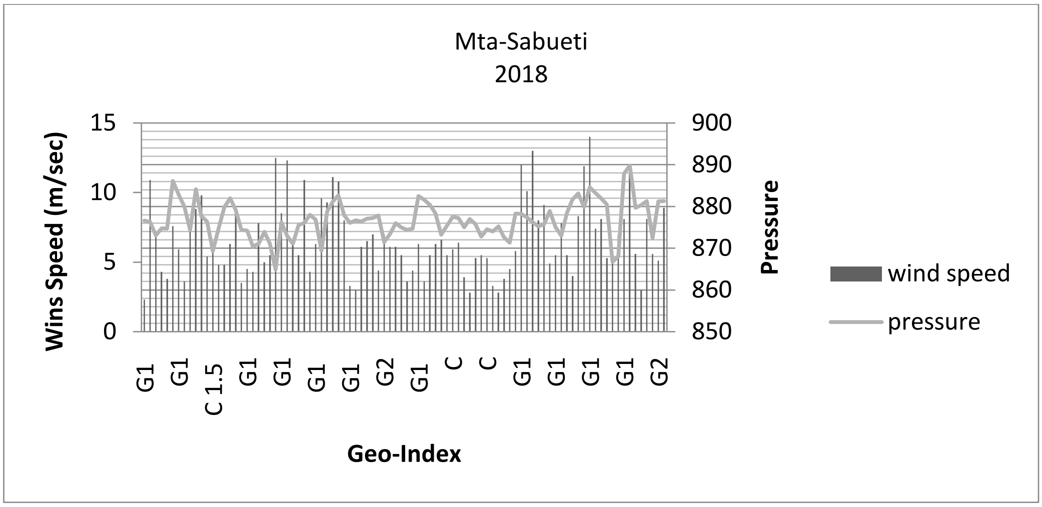
ნახ.2.5. ქარის სიჩქარის ცვალებადობა **kp** გეო-მაგნიტური ინდექსზე დამოკიდებულებით მთა-საბუეთისთვის 2015წ

Fig. 2.5. Variation of wind speed depending on the kp geo-magnetic index for Mta-Sabueti in 2015



ნახ.2.6. ქარის სიჩქარის და წნევის ცვალებადობის **kp** გეო-მაგნიტური ინდექსზე დამოკიდებულებით მთა-საბუეთისთვის 2015წ

Fig. 2.6. Variation of wind speed and pressure depending on kp geo-magnetic index for Mta-Sabueti 2015



ნახ.2.7. ქარის სიჩქარის და წნევის ცვალებადობის **kp** გეო-მაგნიტური ინდექსზე დამოკიდებულებით მთა-საბუეთისთვის 2018წ

Fig. 2.7. Variation of wind speed and pressure depending on kp geo-magnetic index for Mta-Sabueti 2018

რაც შეეხება ნალექს-მას დროში დაგვიანება ახასიათებს, რადგან ნალექის წარმოქმნა და გამოყოფა დროში გაწელილი პროცესია.
ნალექების გაზრდა გამოწვეულია მზის ნაწილაკების შემოსვლით ატმოსფეროს დაბალ ფენებში, რომლებიც ამავდროულად ახშობს კოსმოსურ სხივებს, რაც ამცირებს ღრუბლის საფარს. თუმცა მიუხედავად ამისა. იმდენად ბევრი ნაწილაკი შემოიჭრებამზიდან, რომ ამ დანაკლისს აკომპენსირებს და ეს ნაწილაკები მოქმედებენ, როგორც კონდენსაციის ან კრიტალიზაციის ბირთვები. ასევე, გასათვალისწინებელია მათი ურთიერთქმედება ატმოსფეროში სხვადასხვა მოლეკულებთან, როდესაც მოხდება ამ მოლეკულებით მათი ჩაჭერა და წარმოიმქნება დიდი რაოდენობით ახალი ნაერთები. თან ამ ნაწილაკების დედამიწის მაგნიტური ველის გავლენა მათ აჩქარება/შენელებას გამოიწვევს, რაც ამ ურთიერთქმედებებს კიდევ უფრო გაართულებს [25,26,]. 27,28]
კვლევის შედეგები მნიშვნელოვანია ამინდის პროგნოზისთვის და შეიძლება გამოყენებულ იქნეს, როგორც პრედიქტორი, პროგნოზის შედგენამდე, მისი დაზუსტებისთვის.

გვალვა

გვალვა აგრეთვე საშიშ და ხშირად სტიქიურ მოვლენას წარმოადგენს. მას დიდი ზარალი მოაქვს ქვეყნის ეკონომიკისათვის და მოსახლეობისათვის კახეთის ტერიტორიაზე მკაცრი გვალვები ყველაზე ხშირია მდინარე იორის ქვემო წელში და ივრის ზეგანი უკიდურეს სამხრეთში, სადაც მისი განმეორადობა 30-40%-ია და ზოგ ადგილებში უფრო მეტიც. Eეს იმას ნიშნავს, რომ აღნიშნულ რაიონებში მკაცრი გვალვები საშუალოდ 2 წელიწადში ერთხელაა. ივრის ზეგანის დანარჩენ ტერიტორიაზე, აგრეთვე საგარეჯოს და გურჯაანის რაიონების მნიშვნელოვან ტერიტორიებზე მკაცრი გვალვების განმეორადობა 20-30%-ს, ხოლო დანარჩენ ტერიტორიაზე 10-20%-ს შეადგენს.

აღმოსავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე გვალვიან თვეთა საშუალო რიცხვი სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში მერყეობს 0-დან 5-მდე ფარგლებში [19]. მისი უმცირესი მნიშვნელობები შეესაბამება კავკასიონის მაღალმთიან ზონას, ხოლო თვეთა უდიდესი რაოდენობა ფიქსირდება ქვემო ქართლის მნიშვნელოვან ნაწილზე [210]. კავკასიონის მაღალმთიან ზონაში გვალვიან თვეთა რიცხვი სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში არსად არ აღემატება 1-ს. მდინარე ალაზნის აუზის ქვემო წელში და გომბორის ქედზე ეს მაჩვენებელი აღემატება 2-ს და არ აღწევს 3-ს. მდინარე ივრის აუზის ქვედა წელში გვალვიან თვეთა საშუალო ხანგრძლივობა სავეგეტაციო პერიოდის განმავლობაში შეადგენს 3-4-ს. ცხრილში 2.2.1 წარმოდგენილია გვალვების განმეორებადობა თვეების მიხედვით კახეთის ძირითად პუნქტებში. ცხრილი საშუალებას გვაძლევს ვიმსჯელოთ იმაზე, თუ რა ხასიათის სეზონური სვლა გააჩნია გვალვების განმეორადობას ამა თუ იმ პუნქტში, ან ამა თუ იმ რაიონში. ცხრილის განხილვიდან აშკარაა, რომ გვალვიანობის განმეორადობის შიდასეზონურ სვლაში მაქსიმუმები ყველგან სავეგეტაციო პერიოდის მეორე ნახევარში აღინიშნება. ამავე დროს, აბსოლუტური მაქსიმუმი, სხვადასხვა პუნქტში და სხვადასხვა გეოგრაფიულ რაიონში განსხვავებულ თვეებზე მოდის.

გვალვის მაქსიმუმი სხვადასხვა გეოგრაფიულ პუნქტში სხვადასხვა თვეებზე მოდის: საგარეჯოში და ახმეტაში ეს თვეები ივლისი-აგვისტოა, ხოლო ლაგოდეხში, შირაქში, ყვარელში და თელავში – აგვისტო-სექტემბერია.

გვალვის განმეორადობის მინიმუმი სავეგეტაციო პერიოდის პირველ ნახევარზე მოდის, უმთავრესად ეს აპრილი და მაისია.

უამრავი კლიმატოლოგიური, მეტეოროლოგიური ან ჰიდროლოგიური ინდექსები გამოიყენება გვალვის დასადგენად, რაც საკმაოდ რთული პროცესია. გვალვის ინდექსებს შეუძლია ნათლად განსაზღვროს გვალვის გაჩენა და მშრალი პირობების განვითარება. გვალვის მაჩვენებლები მნიშვნელოვანია გვალვის პირობების დაწყების გამოვლენის თვალსაზრისით, გვალვის ინციდენტების გაზომვის და მონიტორინგის და გვალვის სტიქიის მასშტაბების განსაზღვრისთვის [19].

რეგიონისთვის შესაფერისი გვალვის ინდექსი შეიძლება შეირჩეს გეომორფოლოგიური, კლიმატოლოგიური, ჰიდროლოგიური, ეკოლოგიური და

რეგიონის ნიადაგის მახასიათებლების და გვალვის ტიპების (მეტეოროლოგიური, ჰიდროლოგიური, სოფლის მეურნეობა, სოციალურ-ეკონომიკური) მიხედვით.ზოგიერთი ინდექსები უფრო შესაფერისია მონიტორინგისთვის და ზოგი უფრო შესაფერისია გვალვის ისტორიული მოვლენების გასაანალიზებლად. ამ მიზეზით, რამდენიმე ინდექსის ან ინდიკატორის გამოყენება უფრო სასარგებლოა გვალვის კვალიფიკაციისა და შედარებისთვის. წარმოდგენილ ნაშრომში, SPI standardized precipitation index და SPEI standardized precipitation evapotranspiration index გვალვის ინდექსებია გამოყენებული, რომლებიც მიღებულია ეროვნულ და საერთაშორისო დონეზე სამეცნიერო კვლევებში. SPI ერთ-ერთი ყველაზე პოპულარული მეტეოროლოგიური გვალვის მაჩვენებელია, რომელში გვალვის იდენტიფიცირება და მონიტორინგი ხდება ყოველთვიური ნალექების მონაცემების გრძელვადიანი პერიოდის გამოყენებით. SPEI გამოთვლა ემყარება ტემპერატურის რყევებით გამოწვეული აორთქლების ცვლილებებს და იყენებს აკუმულირებული წყლის ბალანსს და SPI– ის ჯერადი პერიოდის მახასიათებლების ერთობლიობას.

სტანდარტიზებული ინდექსები SPI და SPEI ახდენს ნალექების და წყლის ბალანსის ანომალიების კლასიფიკაციას გრძელვადიან ჩანაწერებთან მიმართებაში [19]. ინდექსის მნიშვნელობები პირდაპირ მიუთითებს, თუ რამდენად ხშირია არსებული ვითარება მოსალოდნელ ადგილას და სეზონზე გრძელვადიანი დაკვირვების გათვალისწინებით.

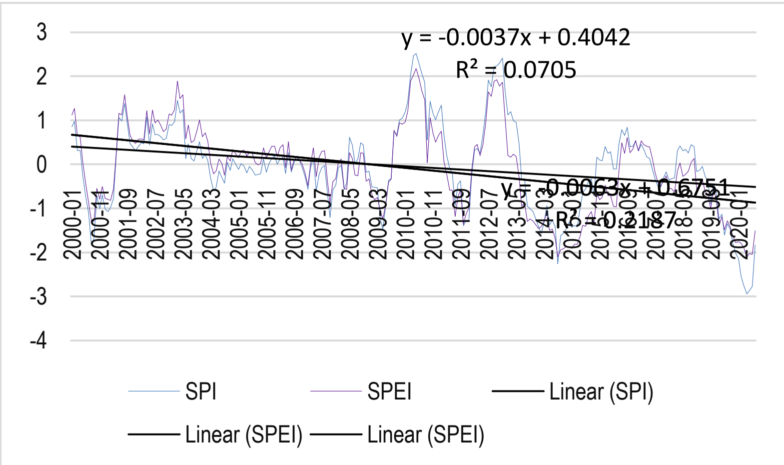
ქვემოთ მოყვანილ ცხრილში მოემულია ამ ინდესების მნიშნელობების აღწერა და განმეორადობა.

ცხრ. 2.1 გვალვის ინდექსების აღწერა
Table 2.1 Description of drought indices

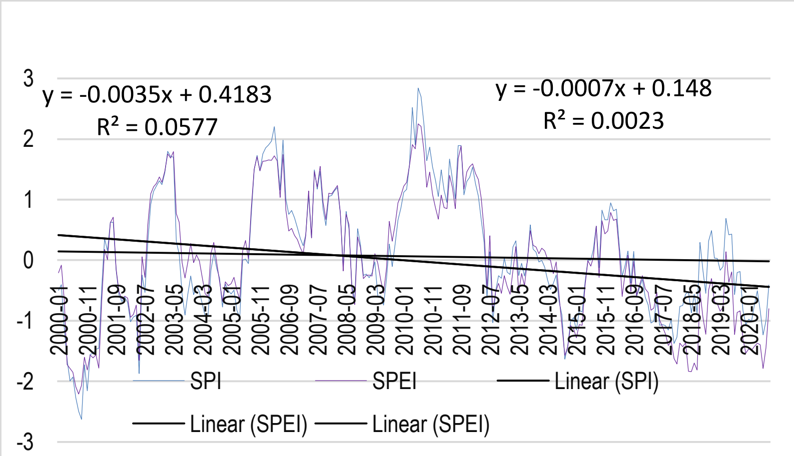
ინდექსის სიდიდე	აღწერა	სიხშირე (წწ.)
> 2	გამორჩეულად ნოტიო	1 ყოველ 50წ. ან ნაკლებ
1.6 bis 1.99	ესტრემალურად ნოტიო	1-2 – 40წ.
1.3 bis 1.59	ძლიერ ნოტიო	1-2 -x 20წ.
0.8 bis 1.29	ზომიერად ნოტიო	1-2- 10წ.
0.5 bis 0.79	მცირედ ნოტიო	1-2 -5 წ.

0.49 bis -0.49	ნორმალური	
-0.5 bis -0.79	მცირედ მშრალი	1-2- 5 წ.
-0.8 bis -1.29	ზომიერი გვალვა	1-2 – 10წ.
-1.3 bis -1.59	ძლიერი გვალვა	1-2 – 20წ.
-1.6 bis -1.99	ექსტრემალური გვალვა	1-2- 40 წ.
< - 2	გამორჩეული გვალვა	1 – 50წ. ან ნაკლებში

კვლევა ჩატარდა დედოფლისწყაროს, ხაშურის, თბილისის, საჩხერის, ზესტაფონის, წალკის, გორის და თელავის მეტეოროლოგიური სადგურების მონაცემების გამოყენებით 2000-2020წ. პერიოდისთვის (ნახ. 2.8-2.9)



ნახ. 2.8 გვალვის 12თვიანი ინდექსები SPI, SPEI დედოფლისწყაროსთვის 2000-2020წ. პერიოდისთვის
Fig. 2.8.-month drought indices SPI, SPEI for Dedoplistskaro for the 2000-2020 period



ნახ..2,9. გვალვის 12 თვიანი ინდექსები SPI, SPEI თელავისთვის 2000-2020წ. პერიოდისთვის.

Fig.2.9. 12-month drought indices SPI, SPEI for Telavi for the 2000-2020 period.

სტატისტიკაში კორელაციის ყველაზე გავრცელებული საზომია პირსონის კორელაციის კოეფიციენტი (PCC). იგი აჩვენებს,რომ SPI-SPEI-ს შორის წრფივი კავშირი საკმაოდ მაღალია, RMSE (SPI-SPEI) დაბალია განსაკუთრებით ხაშური და თელავისთვის [19];

PCC SPI-SPEI-სთვის მაღალია. R^2 დაბალია ყველა სადგურისთვის. RMSE (SPI-SPEI) დაბალია, რაც ნიშნავს სრულყოფილ თანხვედრას, (ცხრ.2.2).

ცხრილი 2.2 არჩეული სადგურების სტატისტიკური პარამეტრები (SPI-SPEI)-ს მიხედვით

Table 2.2 Statistical parameters of selected stations according to (SPI-SPEI).

სადგური	correll	covar	kurt	pearson	r2-spi	r2-spei	rmse
ზესტაფონი	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0027	0.0188	0.025909
წალკა	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0695	0.0695	0.009268
თელავი	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0013	0.0263	0.015006
თბილისი	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0058	0.0347	0.017471
საჩხერე	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0241	0.0016	0.021206
ხაშური	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0064	0.0918	0.009364
გორი	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0034	0.0315	0.000938
დედოფლისწყარო	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0233	0.0785	0.016065
ბოლნისი	0.942305	0.857534	-0.49676	0.942305	0.0006	0.0102	0.010778

მიღებული შედეგები შეიძლება გამოყენებულ იქნას ჰიდრომეტეოროლოგიური კატასტროფების მოდელირებაში პროგნოზირების სისტემის განვითარებისათვის საქართველოში

თავი 3. კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა აგრარულ სექტორში

სოფლის მეურნეობის წარმოებისთვის, პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს აგროკლიმატური რესურსების მეცნიერულ საფუძველზე შეფასებას და მის უნარიან გამოყენებას. აღნიშნულის გათვალისწინება სოფლის მეურნეობის მუშაკებს და ფერმერებს ხელსუწყობს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გარანტირებული მოსავლის მიღებაში და მოსახლეობის სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებით უზრუნველყოფაში. მთიან და მაღალმთიან რეგიონებში სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგის მდგრადი განვითარებისთვის, განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია აგროკლიმატური პირობების მაქსიმალურად რაციონალური გამოყენება, ვინაიდან მრავალი სახის სასოფლო-სამეურენეო კულტურის გავრცელებას აფერხებს მათი ზრდა-განვითარებისათვის საჭირო ტემპერატურის, თუ სხვა აგროკლიმატური ფაქტორის შეზღუდვა. ამიტომ რეგიონებისთვის შერჩეული უნდა იქნას ისეთი პერსპექტიული სასოფლო-სამეურნეო კულტურები, რომლებიც კარგად ვითარდებიან შესაბამის აგროკლიმატურ პირობებში და იძლევიან მაღალხარისხიან მოსავალს. ასევე, ხასიათდებიან მაღალი რენტაბელობით და დამაკმაყოფილებლად იტანენ არახელსაყრელი მეტეოროლოგიური მოვლენების (წაყინვები, გვალვა, ძლიერი ქარები, სეტყვა და სხვა) ზეგავლენას.

კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული მაღალი ტემპერატურა უარყოფითად მოქმედებს სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობაზე, აზიანებს საარსებო გარემოს და ამცირებს სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციის წარმოებას. სტიქიური მოვლენების სიხშირემ გააძლიერა ნიადაგების დეგრადაცია, გამოიწვია მათი ეროზია და გამოფიტვა. ტემპერატურული და ნალექების რეჟიმის ცვლილებამ, სეზონების წანაცვლებამ და ამ სეზონებისთვის დამახასიათებელმა ვეგეტაციის პერიოდების, ევაპოტრანსპირაციის, ნიადაგის ტენიანობის ცვლილებებმა საგრძნობლად შეამცირა ტრადიციული მეთოდით სოფლის მეურნეობის დარგებში მოსავლის რაოდენობა და პროდუქციის წარმოება.

ცნობილია, რომ სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის წესს განსაზღვრავს კონკრეტული არეალისთვის დამახასიათებელი კლიმატი, რომლის ცვლილებასთან ერთად იცვლება სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკაც. ახლო მომავალში, კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შედეგად მაღალი ალბათობით შეიცვლება მცენარეული კულტურების პროდუქტიულობა. აღნიშნულთან დაკავშირებით, 2010 წელს ქ. ჰააგაში გაეროს სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციის ეგიდით გამართულ კონფერენციაზე წარმოდგენილი იქნა სოფლის მეურნეობის დარგის განვითარების ახლებური მიდგომა. რაც გულისხმობს დარგის გარდაქმნას იმგვარად, რომ გაიზარდოს მისი ეფექტურად მართვისა და მდგრადი განვითარების შესაძლებლობები. ეს ახალი მიდგომა ფორმულირებული იქნა, როგორც კლიმატგონივრული სოფლის

მეურნეობა, რომელიც პასუხობს კონკრეტული არეალისათვის დამახასიათებელ კლიმატის ცვლილების გამოწვევებს [1]. ამრიგად, კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა არის გაუმჯობესებული სამეცნიერო მიდგომებისა და ტექნოლოგიების ერთობლიობა, რომელიც უზრუნველყოფს სოფლის მეურნეობის დარგის მდგარად განვითარებას. იგი ითვალისწინებს რა კლიმატური პარამეტრების მოსალოდნელ ცვლილებას ხელს უწყობს ისეთი ფერმერული მიდგომების დანერგვას, რომელიც შეცვლილ პირობებს შეესაბამება და ზრდის მოსავალს. კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის მნიშვნელოვანი ძირითადი მიმართულებებია: სოფლის მეურნეობის დარგის პროდუქტიულობის ზრდა და კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია. რაც წარმოადგენს სოფლის მეურნეობის სფეროში რისკების იმგვარი მართვის საშუალებას, რომელიც ითვალისწინებს კონკრეტულ არეალში კლიმატის ცვლილების თავისებურებებს. მოსალოდნელი კლიმატის ცვლილების ადაპტაციისას რეკომენდებულია ნიადაგის მართვის ისეთი საშუალებების გამოყენება, რაც კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული ნეგატიური შედეგებისგან ანუ მისი დეგრადაციისა და არიდაციისაგან დაიცავს ნიადაგს. ასევე, მნიშვნელოვანია კლიმატური პარამეტრების ცვლილებით გამოწვეული უარყოფითი ზეგავლენის შემცირება. მაგალითად, გვალვაგამძლე კულტურების მოყვანა, სარწყავი წლის რაციონალური მოხმარება, რესურსების კონსერვაცია და ეფექტური მართვა, კულტურების დივერსიფიკაცია, მავნებლებთან ბრძოლა თანამდეროვე საშუალებებით, ამინდის გაუმჯობესებული პროგნოზი და ა.შ.
ზემოაღნიშნულ საკითხებს მიეძღვნა არაერთი სამეცნიერო ღონისძიება. კერძოდ, საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიაში ჩატარებული საერთაშორისი სამეცნიერო კონფერენცია: ,,კლიმატის ცვლილება და მისი გავლენა სოფლის მეურნეობის მდგრად და უსაფრთხო განვითარებაზე". კონფერენციაზე შემუშავდა მნიშვნელოვანი რეკომენდაციები და დებულებები, მათ შორის: სოფლის მეურნეობის სექტორში კლიმატის გლობალური ცვლილების ერთერთ პრიორიტეტულ მიმართულებად წარმოჩენა და კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული საკითხების ჩართვა სოფლის მეურნეობის ცალკეულ მიმართულებებში; სოფლის მეურნეობის სექტორში ერთიანი კლიმატის ცვლილების პოლიტიკის ჩამოყალიბება, რაც გააერთიანებდა სხვადასხვა მიმართულებით წარმოებულ საქმიანობას და უზრუნველყოფდა სამუშაოთა კოორდინაციას; კლიმატის ცვლილების პრობლემის შემეცნების დონის ასამაღლებლად სათანადო სისტემატური კურსების შემოღება, ხოლო სასწავლო პროგრამებში მათი აქტიურად ჩართვა.
CENN-ის მიერ ჩატარდა კონფერენცია ,,კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა საქართველოში'', რომლის მიზანს წარმოადგენდა კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის პრინციპების დანერგვა რეკომენდებული და პრიორიტეტული ქმედებებით. კერძოდ, კლიმატის ცვლილების ზეგავლენის შესწავლა სოფლის მეურნეობასა და საკვების

წარმოებაში, სოფლის მეურნეობის აგრომეტეოროლოგიური მომსახურების გაუმჯობესება, აგროკლიმატური მონიტორინგის გაძლიერება, საუკეთესო კლიმატგონივრული პრაქტიკის დანერგვა, კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობაზე ხელმისაწვდომი საინფორმაციო პლატფორმის განვითარება, სასწავლო მასალების გავრცელება, ტრენინგ პროგრამების განხორციელება და ა.შ.
მნიშვნელოვანია საქართველოს გარემოს დაცვისა და სოფლის მეურნეობის სამინისტროს სსიპ გარემოსდაცვითი ინფორმაციისა და განათლების ცენტრის ბაზაზე პროექტის საქართველოს სოფლის მეურნეობაში პროფესიული განათლებისა და ექსტენციის მოდერნიზების მიზნით, გაეროს განვითარების პროგრამისა (UNDP) და შვეიცარიის განვითარებისა და თანამშრომლობის სააგენტოს (SDC) პროექტის ,,საქართველოს სოფლის მეურნეობასთან დაკავშირებული პროფესიული განათლების მოდერნიზება (მეორე ფაზა),,-ის ფარგლებში მომზადებული დამხმარე სახელმძღვანელო ,,კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა''. სახელმძღვანელოში განხილულია სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის ტრადიციული და პრიორიტეტული მიმართულებების ანალიზი; კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის როლი სოფლის მეურნეობის სფეროში; სასოფლო სამეურნეო საქმიანობაში კლიმატის ცვლილებით გამოწვეული რისკების შეფასება და აღნიშნული რისკების შემამცირებელი, საადაპტაციო ღონისძიებები; კლიმატის ცვლილების გამომწვევი აირების გაფრქვევების შეფასება და მათი შემამცირებელი ტექნოლოგიები.
ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია საქართველოს მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური მახასიათებლების შეფასება, რათა რეგიონალურ და მუნიციპალიტეტების დონეზე იქნას განსაზღვრული სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის ტრადიციული და პერსპექტიული მიმართულებები.

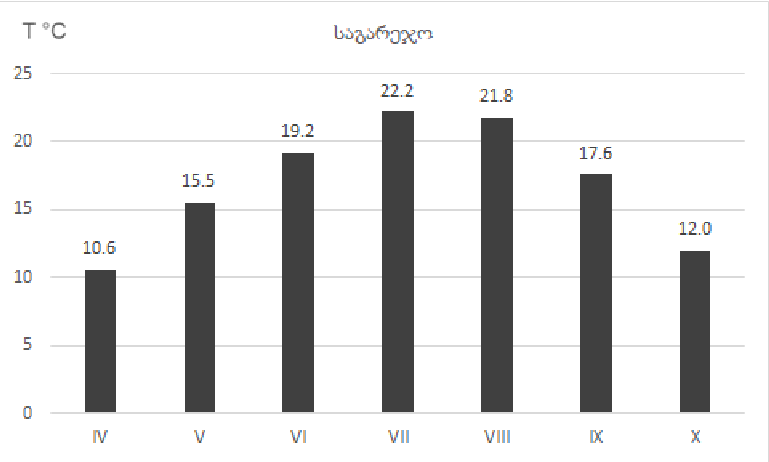
3.1 საქართველოს მთიანეთის ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლების რეგიონალური ასპექტები

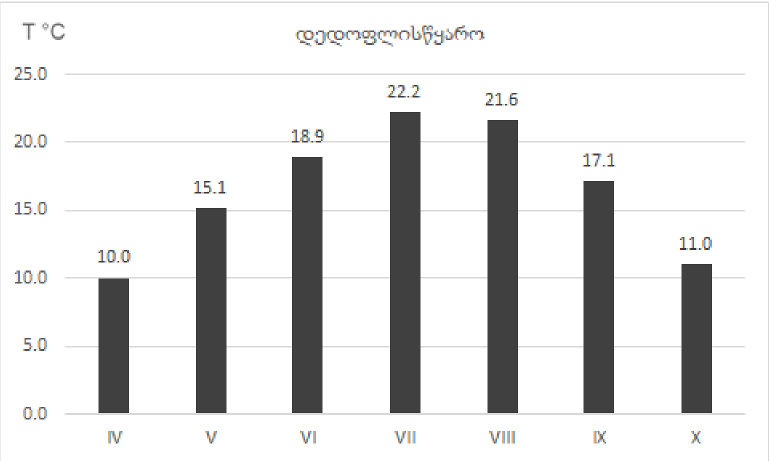
კახეთის რეგიონი

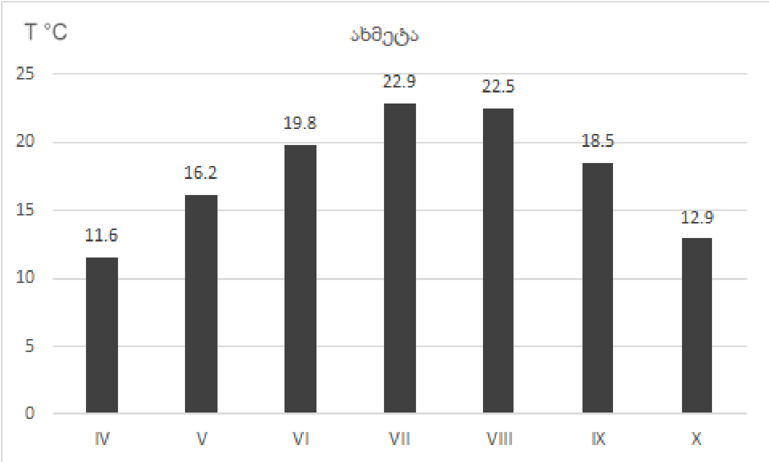
სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. კახეთი წარმოადგენს საქართველოს აღმოსავლეთ საზღვრისპირა რეგიონს. იგი მთიან რელიეფურ პირობებში ზღ.დონიდან 1900 მ და მეტ სიმაღლეზე მდებარეობს. სოფლის მეურნეობის პროდუქციის წარმოებიდან გამომდინარე, რეგიონი უაღრესად მნიშვნელოვანია.

სითბო, სასოფლო-სამერნეო კულტურების ზრდა-განვითარების და პროდუქტიულობის განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორია. ტერიტორიაზე, სადაც სითბური რეჟიმი ნაკლებია, შედარებით სითბოსმოყვარული კულტურები ნორმალურად ვერ ვითარდებიან, მათი მოსავალი და ხარისხი

დაბალია. აქედან გამომდინარე სასურველია კახეთის რეგიონის მთიან რაიონებში, ჰაერის ტემპერატურის ჯამების (≥10°C) ცოდნა, რომლის პირობებშიც შესაძლებელი იქნება აგროფერმერულ და სხვა კერძო სექტორის მიწათმოქმედთა მეურნეობებში, სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურის ზრდა-განვითარება [2, 3]. ნახაზზე 4.1.1 მოყვანილია სავეგეტაციო პერიოდში (თვეების მიხედვით) ჰაერის საშუალო ტემპერატურები.







ნახ. 3.1.1 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები

Fig. 3.1.1 Average air temperatures

სავეგეტაციო პერიოდში თერმული პირობების შეფასებისათვის გამოიყენება აქტიური ტემპერატურის ჯამები (≥10°C). ეს უკანასკნელი ცალკეულ წლებში არსებითად განსხვავდება საშუალო მრავალწლიური ჯამისაგან (300-400°C-ით და მეტით). იმის დასადგენათ, მოცემულ რაიონში სითბოთი უზრუნველყოფილია თუ არა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები აქტიურ ტემპერატურათა ჯამებით, შედგენილია რეგრესიის განტოლებები:

საგარეჯო $\sum T=-9.7n+3904$

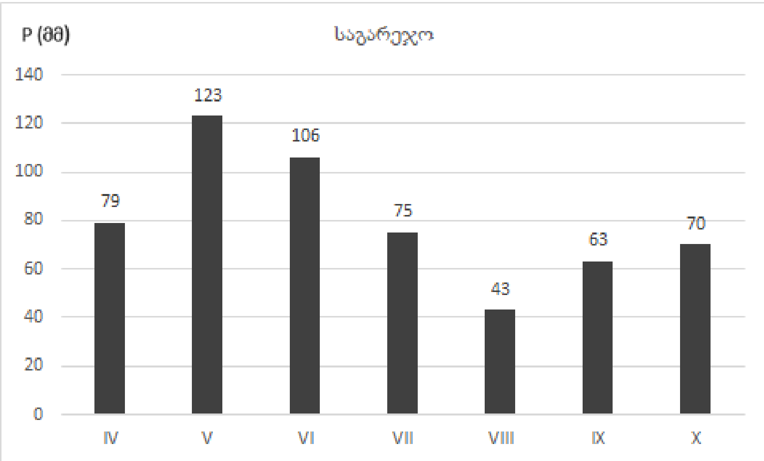
დედოფლისწყარო $\sum T=-8.9n+3648$

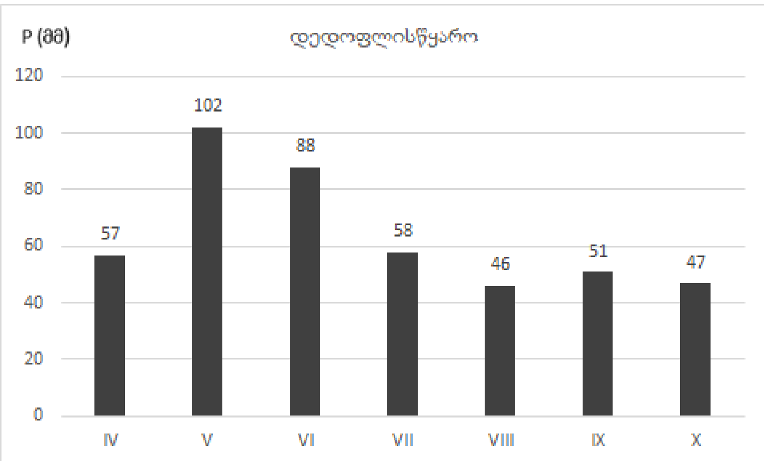
მოცემულ განტოლებებში $\sum T$ - საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამია ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან, n - დღეთა რიცხვი 1 მარტიდან ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე (ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენის წესი იხ. მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის სითბოთი უზრუნველყოფის ქვეთავში).

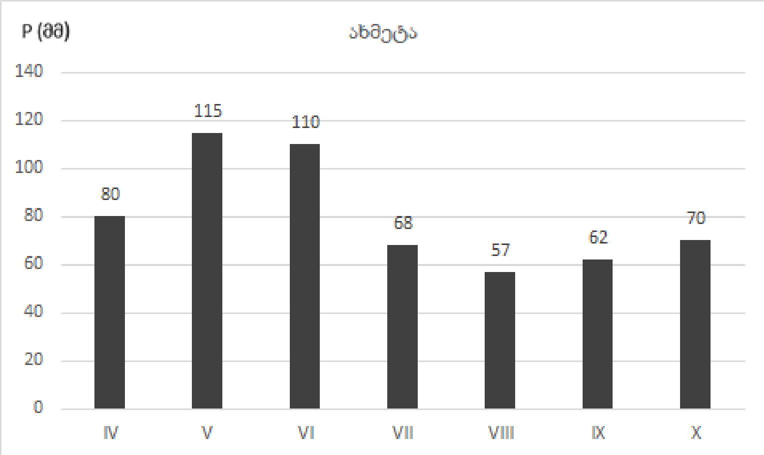
მოცემული განტოლებებით, შეიძლება შეფასდეს მიმდინარე წელს ტემპერატურის ჯამით უზრუნველყოფა. მაგალითად, საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამი, თუ აღმოჩნდა 300-400°C-ით მეტი, რაიონის საშუალო მრავალწლიურ ტემპერატურის ჯამზე (ნიადაგის ტენის საკმარისი რაოდენობის შემთხვევაში), ასეთ პირობებში უნდა ველოდოთ ხარისხიან, მაღალ მოსავალს

და პირიქით. უნდა აღინიშნოს, რომ ვაზის საგვიანო ჯიში - რქაწითელი, მოითხოვს სრული სიმწიფის უზრუნველყოფის ტემპერატურის ჯამს 3400°C და მეტს. გამოირკვა, რომ საგარეჯოში აღნიშნული ვაზის სრული სიმწიფე უზრუნველყოფილია 90%-ით ყოველ ათ და მეტ წელში. დედოფლისწყაროში მოცემული ჯიშის სრული სიმწიფე უზრუნველყოფილია 60% [4, 5].

რეგიონში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებისა და მაღალი პროდუქტიულობისათვის, სითბოს უზრუნველყოფასთან ერთად მნიშვნელოვანი როლი ენიჭება ატმოსფერული ნალექების რაოდენობას და მის განაწილებას (ნახაზი 3.1.2).







ნახ. 3.1.2 ატმოსფერული ნალექები (მმ)

Fig. 3.1.2 Atmospheric precipitation (mm)

ცხადია, ნალექების შემცირება რამდენადმე აისახება, განსაკუთრებით ერთწლიანი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნორმალურ პროდუქტიულობაზე, მით უფრო თუ გვალვები აღინიშნა. ამიტომ, აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში აუცილებელია მცენარეების ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფა (ნიადაგის ზედაპირის კულტივაცია-გაფხვიერება, მორწყვა). განსაზღვრულია, რომ 600 მმ ნალექების ჯამები სავეგეტაციო პერიოდში კარგად უზრუნველყოფს კახეთის მთიანი რაიონების ერთწლიანი და მრავალწლიანი კულტურების ზრდა-განვითარებას და პროდუქტიულობას. 600 მმ ატმოსფერული ნალექებით საგარეჯოს და ახმეტის რაიონები უზრუნველყოფილი იქნება 3-ჯერ, ყოველ ათ წელიწადში, ხოლო დედოფლისწყარო ერთხელ. ცხრილში 3.1.1 მოცემულია ატმოსფერული ნალექების უზრუნველყოფა (მმ) 10% და 90%-ით.

ცხრილი 3.1.1 ატმოსფერული ნალექების (მმ) 10% და 90%-ით უზრუნველყოფა

Table 3.1.1 10% and 90% provision of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	10%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
საგარეჯო	152	208	200	144	98	124	149
დედოფლიწყარო	104	178	167	113	98	92	99

ახმეტა	152	119	200	128	115	108	132
90%-ით							
საგარეჯო	35	60	49	24	11	20	26
დედოფლიწყარო	21	48	39	15	11	11	12
ახმეტა	35	55	49	20	16	16	20

აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში - ზაფხულში, განსაკუთრებით ივლის-აგვისტოს თვეებში ხშირია შემთხვევები, როცა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები განიცდიან ნიადაგის ტენის ნაკლებობას. გამომდინარე აქედან, კულტურების გავრცელებისა და მოსავლის უდანაკარგოდ მიღებისათვის, ფერმერებმა აუცილებლად უნდა გაითვალისწინონ, განსაკუთრებით აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (ივლის-აგვისტო), აღნიშნული ნალექების უზრუნველყოფები. რისთვისაც საჭიროა აგროტექნიკური ღონისძიებების გამოყენება [6]. კახეთის მთიანი რაიონების აგროკლიმატური რესურსების შეფასებისათვის ცხრილში 3.1.2 მოყვანილია თბილ პერიოდში აგროკლიმატური მახასიათებლები.

ცხრილი 3.1.2 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში

Table 3.1.2 Main agroclimatic characteristics in the warm period

(IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
საგარეჯო	3420	550	68	1.6
დედოფლის-წყარო	3230	490	72	1.5
ახმეტა	3660	560	68	1.5

ცხრილის ანალიზიდან გამომდინარე, მოყვანილი აგროკლიმატური მახასიათებლები მაქსიმალურად და ეფექტურად უნდა იქნას გამოყენებული კახეთის მთიანი რაიონების ტერიტორიაზე სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ხარისხიანი და უხვი მოსავლის მისაღებად. აღნიშნული მახასიათებლები ძირითადად ხელსაყრელია სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგის განვითარებისათვის.

აგროკლიმატური ზონირება. სოფლის მეურნეობის სხვადასხვა დარგის რაცინალურად განლაგებას და მათ განვითარებას ძირითადად განსაზღვრავს აგროკლიმატური რესურსები. რაიონებში, მეურნეობების რენტაბელობისათვის საჭიროა სასოფლო-სამეურნეო კულტურები განლაგებული იქნას აგროკლიმატური ფაქტორების მოთხოვნილების მიხედვით, ძირითადად სითბურ რეჟიმზე მათი დამოკიდებულების შესაბამისად. აგროკლიმატური მახასიათებლებიდან გამომდინარე, ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის (≥10°C) და ატმოსფერული ნალექების ჯამების მიხედვით, გამოყოფილია კახეთის რეგიონის მთიანი ტერიტორიის აგროკლიმატური ზონები [7, 8].

I - ზონა მოიცავს შედარებით მცირე ტერიტორიას. მდებარეობს ზღ.დონიდან 500-დან 900 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2000°C-ზე მეტს. ატმოსფერული ნალექების ჯამი შეადგენს 650-750 მმ, თბილ პერიოდში - 550-650 მმ. ბოლო წაყინვები მოცემულ ზონაში დაიკვირვება საშუალოდ 6.IV-17.IV, პირველი წაყინვები დაიკვირვება საშუალოდ 23.X-30.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 222 დღეს. ზონის აგროკლიმატური პირობები ხელსაყრელია მემარცვლეობის (საშემოდგომო ხორბალი, ქერი, ჭვავი, შვრია) მევენახეობის (საადრეო ჯიშები), მეხილეობის, მებოსტნეობის, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების, სათიბ-საძოვრების განვითარებისათვის.

II - ზონა მოიცავს კიდევ უფრო მცირე ტერიტორიას. ზონა მდებარეობს ზღ. დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 1000°C-ზე მეტია. ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამი შეადგენს 750-950 მმ, ხოლო თბილ პერიოდში 650-700 მმ. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 9.IV-20.IV, პირველი წაყინვები 21.X-29.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 221-183 დღეს. მოცემული ზონის აგროკლიმატურ პირობებში, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის სიმცირის გამო, შესაძლებელია მხოლოდ მეხილეობის (საადრეო ჯიშები), მებოსტნეობის, მარცვლოვანებიდან შვრიის, ქერის წარმოება. აგრეთვე შესაძლებელია მეთამბაქოეობის, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების, სათიბ-საძოვრების განვითარება.

III - ზონა მოიცავს შედარებით დიდ ტერიტორიას. იგი 2000 მ სიმაღლემდე (ზღ. დონიდან). აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 1000°C-ზე ნაკლებია. ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამი 800-1000 მმ შეადგენს.

ზონის თბილ პერიოდში ნალექების ჯამი 700 მმ-მდეა (ომალო), ხოლო ყვარელის და ლაგოდეხის ჩრდილოეთი 800 მმ და მეტი. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 14.V (ომალო), პირველი წაყინვები 5.X (ომალო). უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 143 დღეს (ომალო). მოცემულ ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის მაჩვენებლები აშკარად მცირეა, მრავალი სახის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებისათვის. თუმცა, ამ ზონაში შესაძლებელია ბოსტნეული კულტურების საკმაოდ მაღალი პროდუქტიულობა, ასევე მეცხოველეობის საკვები ძირხვენა კულტურების, სათიბ-საძოვრების განვითარება.

მცხეთა-მთიანეთის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. მცხეთა-მთიანეთის მთიანი რეგიონი ხასიათდება საკმაოდ რთული რელიეფური პირობებით. იგი მდებარეობს ზღ. დონიდან 2000 მ და მეტ სიმაღლემდე. აქ აწარმოებენ მარცვლეულს, ვაზს (800-1000 მ სიმაღლემდე), ხეხილოვანებს, ბოსტნეულ კულტურებს და სხვა. რეგიონში სოფლის მეურნეობის შემდგომი განვითარებისათვის მეცნიერულად დასაბუთებული აგროკლიმატური რესურსების შეფასება და მათი ეფექტურად გამოყენება, გამოავლენს ზემოხსენებული კულტურების მოსავლის მეტ შესაძლებლობას. ცხრილში 3.1.3 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში [2].

ცხრილი 3.1.3 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Table 3.1.3 Average air temperatures

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი, °C					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ყაზბეგი	4.4	9.1	11.0	14.6	14.4	11.0	6.2
კობი	2.7	8.1	11.6	13.8	13.9	9.8	5.2
გუდაური	0.9	5.9	9.4	12.5	12.5	8.5	3.9
ქვეშეთი	5.9	11.4	14.6	17.6	17.4	13.2	8.3
წინხადუ	3.1	8.3	11.8	14.2	15.0	11.2	6.2
ფასანაური	7.9	11.5	15.6	18.6	18.2	14.4	9.2
დუშეთი	9.5	13.9	17.3	20.3	20.2	16.4	10.9
თიანეთი	7.5	12.4	15.7	18.6	18.2	14.3	9.1

სიონი	6.9	12.0	15.2	18.3	18.5	14.4	9.3

ცხრილის მიხედვით, ზაფხულში, აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII) ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მახასიათებლები 1000 მ სიმაღლემდე დამაკმაყოფილებელია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების (ვაზი, ხეხილოვანი, მარცვლეული, ბოსტნეული და სხვა) გარანტირებული მოსავლის მისაღებად. მოცემული სიმაღლის ზევით (2200 მ და ცოტა მეტი) ჰაერის საშუალო ტემპერატურები აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში შედარებით დაბალია. თუმცა, იგი აკმაყოფილებს მარცვლეული, ხილკენკროვანი, ბოსტნეული, კარტოფილის კულტურის ზრდა-განვითარების პირობებს. Aასევე, შესაძლებელია მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების და სათიბ-საძოვრების განვითარება [55, 56].

სავეგეტაციო პერიოდში მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის მთიანი რაიონებისათვის ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით ტემპერატურათა ჯამის განსაზღვრისათვის შედგენილია რეგრესიის განტოლებები:

დუშეთი $\sum T= -11.9n+3692$

თიანეთი $\sum T=-14.8n+2942$

ყაზბეგი $\sum T=-12.6n+2110$

განტოლებებში ∑T - ტემპერატურის ჯამია 10°C-ის ზევით თარიღის დადგომიდან, n - დღეთა რიცხვი 1 - მარტიდან დუშეთის და თიანეთის რაიონებისათვის, 1 - მაისიდან ყაზბეგის რაიონისათვის, ტემპერატურის 10°-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე.

მაგალითისათვის, განვსაზღვროთ მოსალოდნელი ტემპერატურათა ჯამი დუშეთის მთიანი რაიონისათვის. დაუშვათ, ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით დადგომის თარიღი აღინიშნა 10 აპრილს. ამ შემთხვევაში დღეთა რიცხვი 1 მარტიდან 10 აპრილამდე იქნება - 41 დღე, რომელის ჩასმით შესაბამის განტოლებაში მივიღებთ:

$\sum T= -11.9\times41+3692$

ე.ი. სავეგეტაციო პერიოდისათვის ტემპერატურათა ჯამია 3204°C. მოცემულ შემთხვევაში, მიღებული ტემპერატურის ჯამი დუშეთის რაიონის საშუალო ტემპერატურის ჯამთან შედარებით 200°C-მდე მეტია. აქედან გამომდინარე, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარება სავეგეტაციო პერიოდში უკეთესად იქნება სითბოთი უზრუნველყოფილი.

რეგიონის ტერიტორიაზე 1000 მ სიმაღლეზე და ზევით ატმოსფერული ნალექები, სავეგეტაციო პერიოდში ზოგჯერ ვერ უზრუნველყოფს სასოფლო-

სამეურნეო კულტურების ნორმალურ განვითარებას. 2000 მ და ზევით იგი დამაკმაყოფილებელია მარცვლეული, ბოსტნეული და ხილ-კენკროვანი კულტურებისათვის. იმ ტერიტორიაზე, სადაც სავეგეტაციო პერიოდში ატმოსფერული ნალექების ჯამი არ აღემატება 400-500 მმ და არათანაბრადაა განაწილებული, განსაკუთრებით მარცვლეული, ბოსტნეული და ბაღჩეული კულტურები გარანტირებული მოსავლის შენარჩუნებისათვის საჭიროებენ ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფას. ცხრილში 3.1.4 მოცემულია მთიანი რაიონების ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ).

ცხრილი 3.1.4 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Table 3.1.4 Sums of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ყაზბეგი	73	105	99	87	85	68	51
კობი	101	139	135	122	98	91	77
გუდაური	142	192	171	139	118	106	105
ქვეშეთი	117	158	141	114	97	87	86
წინხადუ	118	158	141	114	97	88	86
ფასანაური	94	136	128	97	79	73	64
დუშეთი	71	114	98	59	49	47	53
თიანეთი	80	127	113	79	62	66	58
სიონი	71	112	99	69	55	58	51

დუშეთის რაიონი 600 მმ ატმოსფერული ნალექებით უზრუნველყოფილია 2-ჯერ ყოველ ათ წელში, ყაზბეგის და თიანეთის რაიონები 5-ჯერ. ამიტომ, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გარანტირებული მოსავლის მიღებისათვის ყაზბეგში და თიანეთში სასურველია ნიადაგის მორწყვა 1-2-ჯერ, ხოლო დუშეთში და 3-4-ჯერ.

მოცემული რეგიონის მთიანი ტერიტორიისათვის, რაიონების მიხედვით მოცემულია თბილ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების 10% და 90%-ით უზრუნველყოფები. რაც, ასახავს ტერიტორიაზე წლის განმავლობაში და სეზონურად, თუ რამდენი მილიმეტრითაა ნალექები უზრუნველყოფილი ამა თუ იმ რაოდენობით (ცხრილი 3.1.5).

ცხრილი 3.1.5 ატმოსფერული ნალექების (მმ) 10% და 90%-ით უზრუნველყოფა
Table 3.1.5 10% and 90% provision of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	10%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
დუშეთი	112	203	168	108	98	101	112
ყაზბეგი	122	161	150	134	150	122	107
თიანეთი	121	200	192	138	126	122	108
90%-ით							
დუშეთი	33	44	38	16	4	18	10
ყაზბეგი	33	52	50	43	29	26	10
თიანეთი	38	52	40	30	15	20	13

ცხრილის ანალიზიდან ჩანს, რომ ატმოსფერული ნალექებით სავეგეტაციო პერიოდში შედარებით უკეთ არის უზრუნველყოფილი ყაზბეგის და თიანეთის რაიონები, დუშეთის რაიონი - მაის-ივნისში. აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში ნალექები ყველა რაიონში მცირდება. ამიტომ ნიადაგში ტენი აღდგენილი უნდა იქნას მორწყვით (2-3-ჯერ), წინააღმდეგ შემთხვევაში შესაძლებელია მოსავლის შემცირება. მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის მთიანი რაიონებისათვის გამოთვლილია [2] ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები (ცხრილი 3.1.6).

ცხრილი 3.1.6 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)
Table 3.1.6 Main agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
დუშეთი	3050	500	70	1.6

წინხადუ	1570	800	-	5.0
ქვეშეთი	2280	800	73	3.5
ფასანაური	2570	670	73	2.6
გუდაური	1140	970	75	8.5
ყაზბეგი	1520	570	71	3.7
კობი	1370	760	72	5.5
თიანეთი	2560	580	76	2.2
სიონი	2490	520	77	2.1

ცხრილში მოცემული აგროკლიმატური მახასიათებლების პირობებში 1000 მ სიმაღლეზე და ცოტა ზევით, შესაძლებელია მარცვლეულის, ბოსტნეულის და ხეხილოვანების საკმაოდ მაღალი მოსავლის მიღება. 2000 მ სიმაღლემდე და ზევით სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებისათვის (კენკროვანები, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენები) ნიადაგი საკმაოდ უზრუნველყოფილია საჭირო წყლის ბალანსით და ჰთკ შეადგენს 3.5-5.5 და მეტს. ამ უკანასკნელზე მეტი ჰთკ-ის მაჩვენებელი შეიძლება არახელსაყრელი აღმოჩნდეს მცენარეების პროდუქტიულობისათვის.

აგროკლიმატური ზონირება. მცხეთა-მთიანეთის რეგიონისათვის ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის 10°C-ის ზევით და ატმოსფერული ნალექების ჯამის (თბილ პერიოდში) საფუძველზე, გამოყოფილია აგროკლიმატური ზონები [7].

I - ზონაში ტემპერატურის ჯამი 4000°-დან 3000°C-მდეა. იგი მდებარეობს ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე. ტემპერატურის ჯამი 10°C-ის ზევით ზონის სიმაღლის მატებასთან ერთად მცირდება და 1000 მ სიმაღლეზე აღწევს 3000°C და მეტს. აღნიშნულ ზონაში ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა ცივ პერიოდში (XI-III) საშუალოდ 120-180 მმ შეადგენს, თბილ პერიოდში (IV-X) - 390-500 მმ. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება საშუალოდ 13.IV - 23.IV, ზღ.დონიდან 500-1000 მ სიმაღლეებზე, შესაბამისად. პირველი წაყინვები აღინიშნება იგივე სიმაღლეების მიხედვით 27.X-დან 3.XI-მდე. ზონაში წარმატებით შეიძლება განვითარდეს მარცვლეულის, ბოსტნეულის, ბაღჩეულის, ვაზის (საადრეო, საშუალო სიმწიფის და საგვიანო ჯიშების) ხეხილოვანი და სხვა კულტურების წარმოება. სავეგეტაციო პერიოდში (IV-X), ატმოსფერული ნალექებით ზონა არ არის უზრუნველყოფილი, ამიტომ აღნიშნული კულტურების მაღალი და გარანტირებული მოსავლის მისაღებად, განსაკუთრებით აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII), საჭიროა ძირითადად ერთწლიანი კულტურების მორწყვა

(2-3-ჯერ), ნიადაგის გაფხვიერება. გახანგრძლივებული გვალვებისას აღნიშნული ღონიძიებების ჩატარების ინტენსიობა უნდა გაიზარდოს 1-2-ჯერ. ამავე რაოდენობით იქნება საჭირო მრავალწლიური კულტურების მორწყვა.

II - ზონა მდებარეობს ზღ. დონიდან 1200 მ სიმაღლემდე. ტემპერატურათა ჯამი 10°C-ის ზევით შეადგენს 3000°-დან 2000°C-მდე და ცოტა მეტს. ატმოსფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში საშუალოდ შეადგენს 150-300 მმ, თბილ პერიოდში - 400-700 მმ. ბოლო წაყინვების შეწყვეტა აღინიშნება საშუალოდ 13.IV-23.IV, 550-1200 მ სიმაღლემდე, შესაბამისად. პირველი წაყინვები ზონაში მოსალოდნელია საშუალოდ 22.X-დან 3.XI-მდე, იგივე სიმაღლეებზე, შესაბამისად. ზონაში შეიძლება მარცვლეული, ვაზი (საადრეო საშუალო სიმწიფის ჯიში), ბოსტნეული კულტურების წარმოება. ამ ზონაში ცალკეულ წლებში, განსაკუთრებით VI-VIII თვეებში სასურველია ნიადაგის მორწყვა (1-2-ჯერ) ან გაფხვიერება.

III - ზონა მდებარეობს ზღ. დონიდან 1000-1800 მ სიმაღლემდე, ტემპერატურათა ჯამი 10°C-ის ზევით შეადგენს 2000°-დან 1000°C-მდე. ატმოსფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში საშუალოდ შეადგენს 400-500 მმ, თბილ პერიოდში 600-800 მმ. ბოლო წაყინვების შეწყვეტა მოსალოდნელია საშუალოდ 28.IV-დან 12.V-მდე, ზღ.დონიდან სიმაღლის მატების შესაბამისად. პირველი წაყინვები აღინიშნება საშუალოდ 15.X-დან 3.X–მდე. ზონაში რამდენადმე შეზღუდულია კონტინენტალური ხეხილოვანების წარმოება, მაგრამ საადრეო ჯიშების გაშენება ხელსაყრელია. აქ შესაძლებელია ქერის, ჭვავის, შვრიის, ბოსტნეულის, კარტოფილის, სურნელოვან-არომატული კულტურების წარმოების განვითარება. ზონა ასევე, ხელსაყრელია მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების და სათიბ-საძოვრების განვითარებისათვის.

IV - ზონა მდებარეობს 1200 მ-დან 2000 მ სიმაღლემდე და ცოტა მაღლა ზღ.დონიდან. ტემპერატურის ჯამი 10°C-ის ზევით 1000°C-ზე ნაკლებია. ატმოსფერული ნალექები ცივ პერიოდში შეადგენს 300-500 მმ, თბილ პერიოდში - 800-1000 მმ. ბოლო წაყინვების შეწყვეტა მოსალოდნელია 28.IV-დან 9.VI-მდე. პირველი წაყინვები მოსალოდნელია 3.X-დან 21.X-მდე, გუდაურში 11.IX. ზონაში შეიძლება კარტოფილის, ბოსტნეულის, ყვავილოვანი და საადრეო კომბოსტოს წარმოება. Aასევე, შესაძლებელია კენკროვანების (შავი მოცხარი, ქაცვი, არონია), მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების წარმოება და სათიბ-საძოვრების განვითარება.

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. სამცხე-ჯავახეთის მთიანი რეგიონი ზღ.დონიდან მდებარეობს დაახლებით 800-დან 2200 მ და მეტ სიმაღლემდე (გადადის სუბალპურ ზონაში). მისი აგროკლიმატური პირობები 800-დან 1300 მ

სიმაღლემდე ხელს უწყობს მარცვლეულის, ხეხილოვანების, ბოსტნეულის, საადრეო ვაზის ჯიშის და სხვა კულტურების განვითარებას. მაღალმთიან პირობებში (1400-2000 მ და მეტ სიმაღლეზე) მათი წარმოება ძალზე შეზღუდულია, ტემპერატურის ჯამზე მოთხოვნილების ნაკლებობის გამო. აღნიშნულ პირობებში დამაკმაყოფილბლად ვითარდება ნაკლებად სითბოსმოყვარული კულტურები: საგაზაფხულო ხორბალი, ქერი, შვრია, კომბოსტო, კარტოფილი, ზოგიერთი ბოსტნეული კულტურა, ხილ-კენკროვანები. ცხრილში 3.1.7 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში [2, 9, 10].

ცხრილი 3.1.7 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Table 3.1.7 Average air temperatures

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი, °C					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
აბასთუმანი	6.0	11.0	14.1	17.2	17.1	13.1	7.7
ადიგენი	7.6	12.5	15.8	18.7	19.0	15.0	9.8
ახალციხე	9.2	13.8	17.0	20.3	20.1	16.0	9.9
ასპინძა	9.2	13.7	16.9	20.0	19.8	15.7	9.9
ბორჯომი	8.7	13.5	16.9	20.0	19.9	15.7	10.0
ბაკურიანი	4.1	8.9	12.0	14.7	14.5	10.7	5.8
ახალქალაქი	5.0	9.8	12.7	15.7	15.8	12.0	6.7
ეფემოვკა	0.9	7.2	10.0	13.1	13.3	9.6	4.6
ნინოწმინდა	4.9	10.1	13.2	16.1	15.9	12.2	7.7

რეგიონის მთიან და მაღალმთიან პირობებში აღნიშნული ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურები თბილ პერიოდში, ნიადაგის სათანადო ტენიანობისას არ არის მცენარეთა (მარცვლეულის, ბოსტნეულის, ვაზის (საადრეო, 1200 მ სიმაღლემდე), ხეხილოვანების (1300-1400 მ სიმაღლემდე), კენკროვანების, კარტოფილის, მეცხოველეობის ძირხვენების) ვეგეტაციის შემაფერხებელი.

სამცხე-ჯავახეთის მთიან და მაღალმთიან რაიონებში სავეგეტაციო პერიოდის სითბოთი უზრუნველყოფის შეფასებისათვის, რომელიც საჭიროა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებისა და მოსავლის

ფორმირებისათვის, მოცემული რეგრესიის განტოლებებით განისაზღვრება სავეგეტაციო პერიოდისათვის საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამი.

ადიგენი $\sum T=-12.4n+3010$,

ახალციხე $\sum T=-10.7n+3244$,

აბასთუმანი $\sum T=-9.8n+2582$,

ახალქალაქი $\sum T=-11.7n+1984$,

ნინოწმინდა $\sum T=-8.6n+1372$,

განტოლებებში $\sum T$ - საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამია, ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან, n - დღეთა რიცხვი 1 აპრილიდან ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე იმ რაიონებისათვის, რომლებიც მდებარეობენ ზღ.დონიდან 800-1300 მ სიმაღლემდე, ხოლო 1 მაისიდან 2000 მ-მდე და ზევით მდებარე რაიონებისათვის (ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენის წესი იხ. მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის სითბოთი უზრუნველყოფის ქვეთავში). ცხრილში 3.1.8 მოყვანილია სამცხე-ჯავახეთის მთიან და მაღალმთიან ზონებში ატმოსფერული ნალექების განაწილების ხასიათი თბილ პერიოდში, რაიონების მიხედვით.

ცხრილი 3.1.8 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Table 3.1.8 Sums of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
აბასთუმანი	6.0	11.0	14.1	17.2	17.1	13.1	7.7
ადიგენი	7.6	12.5	15.8	18.7	19.0	15.0	9.8
ახალციხე	9.2	13.8	17.0	20.3	20.1	16.0	9.9
ასპინძა	9.2	13.7	16.9	20.0	19.8	15.7	9.9
ბორჯომი	8.7	13.5	16.9	20.0	19.9	15.7	10.0
ბაკურიანი	4.1	8.9	12.0	14.7	14.5	10.7	5.8
ახალქალაქი	5.0	9.8	12.7	15.7	15.8	12.0	6.7

ეფემოვკა	0.9	7.2	10.0	13.1	13.3	9.6	4.6
ნინოწმინდა	4.9	10.1	13.2	16.1	15.9	12.2	7.7

ზაფხულის აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VII-VIII) ატმოსფერული ნალექები მაღალმთიან ზონაში, მთიან ზონასთან შედარებით მეტია. ამიტომ, მოცემულ პერიოდში მოსავლის შენარჩუნებისათვის ზოგჯერ საჭიროა ნიადაგის მორწყვა 2-3-ჯერ, სადაც ეს შესაძლებელია. იმავე პერიოდში, სასურველია მორწყვა (1-2-ჯერ) მაღალმთიან ზონაშიც. ცხრილში 3.1.9 მოცემულია რეგიონის მთიანი ტერიტორიისათვის, რაიონების მიხედვით თბილ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების 10% და 90%-იანი უზრუნველყოფა.

ცხრილი 3.1.9 ატმოსფერული ნალექების (მმ) 10% და 90%-იანი უზრუნველყოფა
Table 3.1.9 10% and 90% provision of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	10%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
აბასთუმანი	82	140	155	124	95	91	98
ადიგენი	67	109	127	108	95	76	81
ახალციხე	82	109	127	93	95	76	98
ასპინძა	67	124	127	108	95	76	81
ბორჯომი	98	124	142	108	95	91	114
ბაკურიანი	144	184	183	140	123	106	130
ახალქალაქი	98	176	142	124	95	91	81
ეფრემოვკა	113	140	176	140	112	137	98
90%-ით							
აბასთუმანი	19	42	48	25	13	16	13
ადიგენი	15	32	36	20	13	12	9
ახალციხე	19	32	36	16	13	12	13

ასპინძა	15	37	36	20	13	12	9
ბორჯომი	23	37	42	20	13	16	17
ბაკურიანი	27	59	59	29	22	20	22
ახალქალაქი	23	42	42	25	13	12	9
ეფრემოვკა	28	42	53	29	18	16	13

ცხრილის ანალიზიდან გამომდინარე, სამცხე-ჯავახეთის მთიან და მაღალმთიან რაიონებში, მაის-ივნისის თვეებში, განსაკუთრებით ერთწლიანი კულტურები არ საჭიროებენ დამატებით წყლის მიწოდებას, ხოლო ივლის-აგვისტოს თვეებში გარანტირებული მოსავლის მიღებისათვის, საჭიროა 1-2-ჯერ მორწყვითი ღონისძიებების ჩატარება. ცხრილში 3.1.10 მოყვანილი ძირითადი აგროკლიმატური მაჩვენებლები აკმაყოფილებს სამცხე-ჯავახეთის მთიან და მაღალმთიან რაიონებში, ისეთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებას, როგორიცაა მარცვლეული, ბოსტნეული, კარტოფილი და ზოგიერთი ხილ-კენკროვანი კულტურა.

ცხრილი 3.1.10 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)
Table 3.1.10 Main agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
ახალციხე	3030	360	66	1.2
ადიგენი	2640	360	66	1.3
ახალქალაქი	1980	400	71	2.0
ბაკურიანი	1400	570	77	4.0
აბასთუმანი	2130	440	74	2.0
ასპინძა	3000	350	64	1.1
ბორჯომი	2670	420	76	1.5

ეფრემოვკა	1190	450	75	3.7

აგროკლიმატური ზონირება. I - ზონა მდებარეობს 800 მ-დან 1000 მ სიმაღლემდე, ზღ.დონიდან. ტემპერატურის ჯამი 10°C-ის ზევით შეადგენს 3000°C და მეტს. მრავალწლიური ატმოსფერული ნალექების ჯამი საშუალოდ შეადგენს 500-550 მმ, თბილ პერიოდში - 400-500 მმ. ბოლო წაყინვები საშუალოდ დაიკვირვება 20.IV-23.IV, პირველი წაყინვები - 18.X-20.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა საშუალოდ შეადგენს 179-187 დღეს. ზონაში შეიძლება მარცვლეულის, ვაზის (საადრეო და საშუალო სიმწიფის ჯიშები), ხეხილოვანების, კენკროვანების, ბოსტნეულის, სუფრის ჭარხლის, სურნელოვან არომატულის (უცხო სუნელი, ცერეცო, ქინძი, ქონდარი), კარტოფილის, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების და სხვა კულტურების წარმოება [7].

II - ზონა ზღ.დონიდან მდებარეობს 900 მ-დან 1300 მ სიმაღლემდე ზღ.დონიდან. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2000°C და მეტს. ატმოსფერული ნალექების ჯამი (მმ) საშუალოდ - 500-600 მმ, თბილ პერიოდში - 450-550 მმ. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა 176-180 დღეა. ბოლო წაყინვები საშუალოდ დაიკვირვება 20.IV-24.IV. ზონაში შეიძლება მარცვლეულის, ვაზის (საადრეო), ხილ-კენკროვანების, ბოსტნეულის (თითქმის ყველა სახეობის), მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების წარმოება.

III - ზონა საკმაოდ ვრცელია და მდებარეობს ზღ.დონიდან 1400-2000 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 1000°C და მეტს. ატმოსფერული ნალექების საშუალო მრავალწლიური შეადგენს 550-650 მმ, თბილ პერიოდში - 500-600 მმ. ბოლო წაყინვები საშუალოდ დაიკვირვება 1.V-17.V, პირველი წაყინვები 14.X-3.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 165-137 დღეს. ზონაში ტემპერატურის ჯამი შემცირებულია და შეადგენს 1000°C და მეტს. ტემპერატურის (მალიმიტირებელი ფაქტორის) ასეთ პირობებში ზოგიერთი მრავალწლიანი კულტურის წარმოება შეზღუდულია. შესაძლებელია, მხოლოდ საადრეო ხეხილოვანების, კენკროვანების, მარცვლეულის, ბოსტნეულის, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების განვითარება.

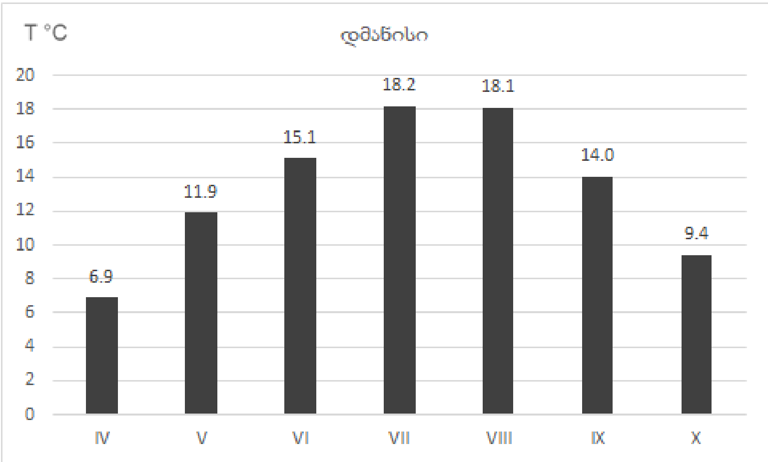
IV - ზონა მდებარეობს ზღ.დონიდან 2100-2200 მ სიმაღლეზე. აქტიური ტემპერატურის ჯამი საგრძნობლად შემცირებულია და შეადგენს 1000°C ნაკლებს. ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ჯამია 600-700 მმ, თბილ პერიოდში - 550-650 მმ. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 20.V-22.V, პირველი წაყინვები - 29.IX-1.X. უყინვო პერიოდის დღეთა რიცხვი შეადგენს 132-128 დღეს. ზონაში აქტიური ტემპერატურის სიმცირის გამო, მარცვლეული კულტურებიდან შეიძლება მხოლოდ ქერის, შვრიის, ხორბლის (საადრეო ჯიში), ბოსტნეულის, კარტოფილის, სუფრის ჭარხლის, ყვავილოვანი კომბოსტოს,

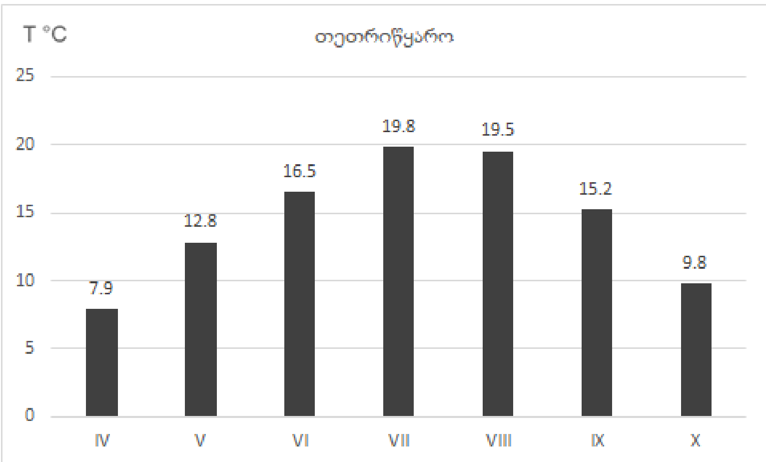
კომბოსტოს (საადრეო), მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების წარმოება, აგრეთვე სათიბ-საძოვრების განვითარება.

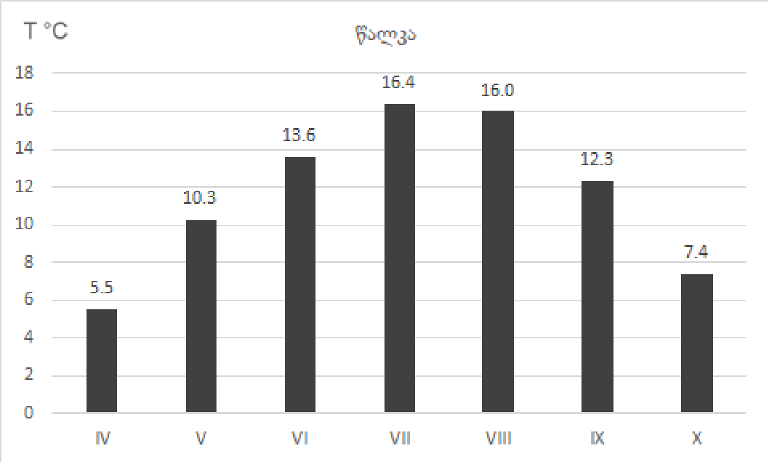
ქვემო ქართლის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. ქვემო ქართლის რეგიონი ნაწილობრივ მთიან პირობებში იმყოფება, ზღვის დონიდან 1400 მ და მეტ სიმაღლემდე.

მის ტერიტორიაზე აწარმოებენ სხვადასხვა სახის სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს - მარცვლეულს, ბოსტნეულს, ბაღჩეულს, ვაზს, ხეხილოვანებს, ეთერზეთოვან ტექნიკურ, მშრალ სუბტროპიკულ და სხვ. ნახაზზე 3.1.3 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში [2].







ნახ. 3.1.3 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Fig. 3.1.3 Average air temperatures

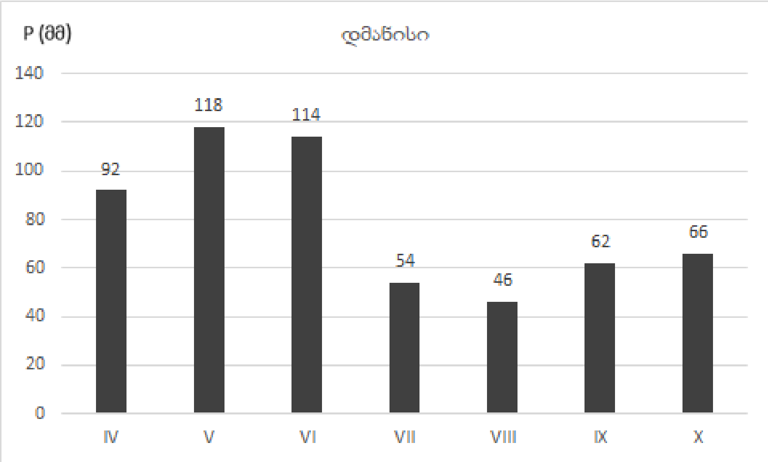
ჰაერის საშუალო ტემპერატურის მაღალი მაჩვენებლები აღინიშნება ზაფხულის აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (ივნის-აგვისტოში). მოცემული აქტიური ვეგატაციის პერიოდში, აღნიშნული ჰაერის საშუალო ტემპერატურები ხელშემწყობია მარცვლეულის, ბოსტნეულის, ბაღჩეულის, ვაზის, ხეხილოვანების და სხვა კულტურებისათვის, ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფის შემთხვევაში.
რეგიონის რაიონებისათვის სავეგეტაციო პერიოდში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სითბოს უზრუნველყოფის განსაზღვრის მიზნით, შედგენილია რეგრესიის განტოლებები:

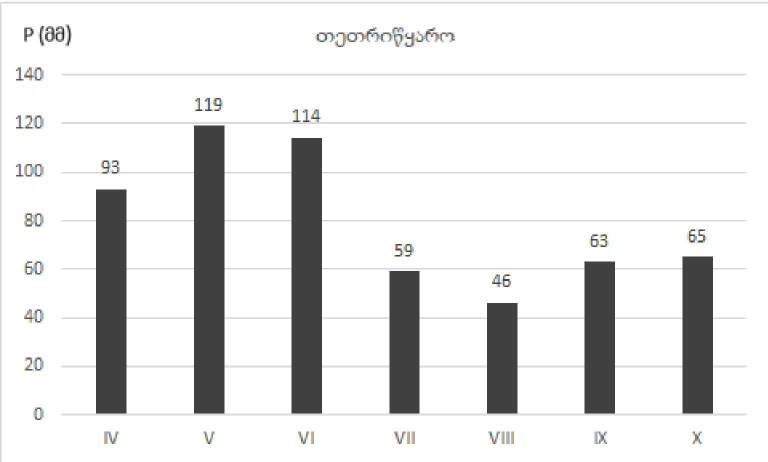
დმანისი $\sum T=-16.7n+3018$,

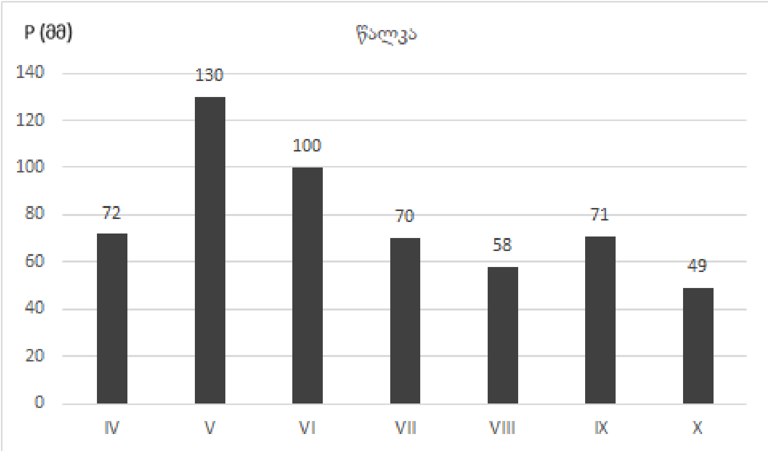
წალკა $\sum T=-8.9n+2325$,

განტოლებებში $\sum T$ - საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამია, ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან, n - დღეთა რიცხვი 1 მარტიდან ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე, რაიონებისათვის, რომლებიც მდებარეობენ ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე, ხოლო 1 აპრილიდან 1500 მ-მდე და ცოტა ზევით მდებარე რაიონებისათვის (ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენის წესი იხ. მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის სითბოთი

უზრუნველყოფის ქვეთავში). ნახაზზე 3.1.4 მოცემულია ქვემო ქართლის მთიან რაიონებში ატმოსფერული ნალექების განაწილება თბილ პერიოდში.







ნახ. 3.1.4 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Fig. 3.1.4 Sums of atmospheric precipitation (mm)

გაზაფხულზე ატმოსფერული ნალექები მატულობს, ხოლო ზაფხულის პერიოდში შედარებით მცირდება 1000 მ სიმაღლემდე. ნალექების შემცირებამ ზაფხულის აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში, შეიძლება გარკვეული გავლენა მოახდინოს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების პროდუქტიულობაზე, განსაკუთრებით ერთწლიანებზე (მარცვლეული, ბოსტნეული, ბაღჩეული). ამიტომ აღნიშნულ პერიოდში კულტურები უნდა იქნას უზრუნველყოფილი ნიადაგის სათანადო ტენით (ნიადაგის კულტივაცია გაფხვიერება, მორწყვა 1-2-ჯერ). ცხრილში 3.1.11 მოცემულია რეგიონის მთიანი რაიონების თბილ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების 10% და 90%-იანი უზრუნველყოფა.

ცხრილი 3.1.11 ატმოსფერული ნალექების (მმ) 10% და 90%-იანი უზრუნველყოფა
Table 3.1.11 10% and 90% provision of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	10%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
დმანისი	118	208	182	125	124	107	102
თეთრიწყარო	144	184	170	108	95	106	130
წალკა	113	199	170	124	112	121	98
90%-ით							
დმანისი	33	46	60	22	12	29	14

თეთრიწყარო	37	59	53	20	13	20	22
წალკა	28	64	53	25	18	25	13

რეგიონში 10%-ით აღნიშნული ნალექების რაოდენობა არ არის დამაკმაყოფილებელი, განსაკუთრებით ზაფხულის აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში, როცა ჰაერის ტემპერატურა მაღალია. რაც შეეხება 90%-ით ატმოსფერული ნალექებით უზრუნველყოფას მცირდება, განსაკუთრებით VII-VIII თვეებში. გამომდინარე აქედან, ფერმერულ და კერძო მიწათმოქმედთა მეურნეობებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურები უნდა იყოს ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფილი, რათა შენარჩუნებული იქნას მოსავალი. ცხრილში 3.1.12 მოყვანილია ძირითადი აგროკლიმატური მაჩვენებლები ქვემო ქართლის მთიანი რაიონებისათვის.

ცხრილი 3.1.12 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)

Table 3.1.12 Main agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
დმანისი	2470	550	74	2.2
თეთრიწყარო	3230	560	69	1.7
წალკა	1920	560	74	2.9

ცხრილში მოცემული აგროკლიმატური მახასიათებლები, ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე რამდენადმე დამაკმაყოფილებელია ფერმერულ მეურნეობებში სხვადასხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოებისათვის. მხოლოდ ვაზის კულტურის (საგვიანო ჯიში) წარმოებაა შეზღუდული, საჭირო ტემპერატურათა ჯამის ნაკლებობის გამო (თეთრიწყარო, დმანისი, წალკა). აღნიშნულ სიმაღლემდე ჰთკ ვერ უზრუნველყოფს კულტურების ნორმალურ ზრდა-განვითარებას. ამიტომ, იქმნება ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფის საჭიროება გარდაბნის, მარნეულის და ბოლნისის რაიონებში.

აგროკლიმატური ზონირება. I - მთიანი ზონა ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე მდებარეობს. ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 3000°C და მეტია. ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ჯამი 500-600 მმ შეადგენს. ბოლო

წაყინვები დაიკვირვება საშუალოდ 1.IV-5.IV, პირველი წაყინვები - 3.XI-13.XI. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 215-224 დღეს. აღნიშნულ ზონაში 800-900 მ სიმაღლემდე შესაძლებელია ვაზის ყველა ჯიშის, აგრეთვე ხეხილოვანების, მარცვლეულის, ბოსტნეულის და სხვა კულტურების წარმოება. სასოფლო-სამეურნეო კულტურები საჭიროებენ 1-2-ჯერ მორწყვას, ცალკეულ შემთხვევებში 3-ჯერ, მაღალი მოსავლის შენარჩუნების მიზნით [7, 57].

II - ზონა მდებარეობს ზღვის დონიდან 1100-1400 მ სიმაღლემდე. მოცემულ ზონაში ტემპერატურის ჯამი 2000°C და მეტია. მრავალწლიური ატმოსფერული ნალექები შეადგენს 600-700 მმ, თბილ პერიოდში - 500-600 მმ. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 15.IV-20.IV, პირველი წაყინვები - 22.X-1.XI, უყინვო პერიოდი 199-184 დღეა. ზონაში არსებული ტემპერატურის ჯამი არ იძლევა ზოგიერთი მრავალწლიანი, სითბოსმოყვარული კულტურების (ატამი, გარგარი და სხვა) ნორმალური ზრდა-განვითარების შესაძლებლობას. ზონა ხელსაყრელია მარცვლეული, ზოგიერთი კონტინენტალური ხეხილოვანი, ბოსტნეული კულტურების და სათიბ-საძოვრებისათვის.

III - ზონა 1200-დან 1500 მ სიმაღლმდე ვრცელდება. ზონაში ტემპერატურის ჯამი მცირეა (1000°C). ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური ჯამი წალკის რაიონისაკენ შედარებით მცირეა - 600-650 მმ. თბილ პერიოდში ნალექები 550-600 მმ-მდეა. ბოლო წაყინვები საშუალოდ დაიკვირვება 20.IV-2.V, პირველი წაყინვები 10.X-22.X. უყინვო პერიოდი 174-162 დღეა. მოცემულ ზონაში შესაძლებელია მარცვლეულის (საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბალი, ქერი, ჭვავი, შვრია), ზოგიერთი საადრეო ხეხილოვანების და მებოსტნეობის წარმოება. პერსპექტიულია მეცხოველეობის საკვები ძირხვენოვანი კულტურების წარმოება და სათიბ-საძოვრების განვითარება.

IV - ზონა ზღ.დონიდან მდებარეობს 1500-2000 მ და მეტ სიმაღლემდე. ტემპერატურის ჯამი აშკარად მცირეა, 1000°C-ზე ნაკლები. ატმოსფერული ნალექების წლიური ჯამი შეადგენს 800-850 მმ (დმანისი), ხოლო წალკის რაიონის ტერიტორიისკენ მცირდება და შეადგენს 600-700 მმ. თბილ პერიოდში 500-700 მმ აღწევს. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 3.V-13.V, პირველი წაყინვები - 3.X-12.X. უყინვო პერიოდის დღეთა რიცხვია 160-137 დღე. ზონაში არსებული ტემპერატურათა ჯამის სიმცირის გამო ფერმერულ მეურნეობებში მრავალწლიანი ხეხილოვანი კულტურების წარმოება არარენტაბელურია. აღნიშნულ ზონაში პერსპექტიულია ზოგიერთი ბოსტნეული კულტურის მაღალი მოსავლის მიღება. Aასევე, შესაძლებელია მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების წარმოება და სათიბ-საძოვრების განვითარება.

შიდა ქართლის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. შიდა ქართლის რეგიონის მთიანი ტერიტორია მდებარეობს ზღ.დონიდან 2000 მ და მეტ სიმაღლემდე. მოცემულ რეგიონში სოფლის მეურნეობის პროდუქტების წარმოების შემდგომი ამაღლებისა და აგროფერმერული მეურნეობების რენტაბელობისათვის, საჭიროა მეცნიერულად დასაბუთებული აგროკლიმატური რესურსების შეფასება და მათი ეფექტურად გამოყენება, რაც არსებითად გაზრდის მარცვლეული, ხეხილოვანი, ბოსტნეული და ბაღჩეული კულტურების წარმოებას [2, 11]. ცხრილში 3.1.13 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში.

ცხრილი 3.1.13 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Table 3.1.13 Average air temperatures

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი, °C						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ახალგორი	9.5	14.2	17.6	20.5	20.2	16.4	10.8
ერმანი	1.0	5.9	9.3	12.5	12.1	8.3	3.5
როკა	2.0	7.7	11.0	13.8	13.7	10.0	5.7
ცხინვალი	8.7	13.9	17.3	12.3	20.5	16.3	11.1
ჯავა	7.8	12.3	15.4	18.4	18.3	14.4	9.0

ჰაერის საშუალო ტემპერატურა გაზაფხულზე მატულობს 1000 მ სიმაღლემდე. აქ ნიადაგის სათანადო ტენიანობისას, შესაძლებელია კარტოფილის და კენკროვანი კულტურების წარმოება, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების და სათიბ-საძოვრების განვითარება. სასოფლო-სამეურნეო კულტურები - ვაზი, ტექნიკური ეთერზეთოვანი და სხვა, ვეგეტაციას იწყებენ ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის 10°C-ის ზევით თარიღის დადგომიდან. აღნიშნულ ტემპერატურაზე შესაძლებელია ზოგიერთი ბოსტნეული კულტურის ჩითილების გადარგვა ღია გრუნტში. შიდა ქართლის მთიანი რაიონებისათვის, პრაქტიკული გამოყენების მიზნით, შედგენილია რეგრესიის განტოლებები:

ახალგორი $\sum T=-12.4n+3682$

ერმანი $\sum T=-8.9n+1359$

ცხინვალი $\sum T=-12.4n+3682$

ჯავა $\sum T=-14.9n+2945$

განტოლებებში ∑T - საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამია, ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან, n - დღეთა რიცხვი 1 მარტიდან ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე, იმ რაიონებისათვის, რომლებიც ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდეა, 1 აპრილიდან 2000 მ სიმაღლემდე, ხოლო 1 მაისიდან - 2400 მ-მდე (ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენის წესი იხ. მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის სითბოთი უზრუნველყოფის ქვეთავში). მოცემული წლის სავეგეტაციო პერიოდში, ტემპერატურის ჯამმა შეიძლება საშუალო სიდიდიდან გადაიხაროს ±400-500°C-ით და მეტით. დადებითი ანომალიისას (საშუალოზე მეტი ტემპერატურა), მცენარეები უკეთ იქნებიან უზრუნველყოფილი სითბოთი, რაც გაზრდის მათ პროდუქტიულობას, ჰაერის და ნიადაგის ტენიანობის შესაბამისი რაოდენობის შემთხვევაში. უარყოფითი ანომალური პირობებისას ადგილი ექნება საპირისპირო შემთხვევას. ცხრილში 3.1.14 მოყვანილია შიდა ქართლის მთიან რაიონებში ატმოსფერული ნალექების განაწილება თბილ პერიოდში [12].

ცხრილი 3.1.14 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Table 3.1.14 Sums of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ახალგორი	58	77	88	50	42	52	59
ერმანი	104	139	124	100	/86	77	76
როკა	96	128	110	83	70	86	99
ცხინვალი	53	72	61	46	39	48	55
ჯავა	86	115	99	74	63	77	89

ცხრილის ანალიზის მიხედვით, ნალექების ჯამი ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე ნაკლებია, ვიდრე აღნიშნული სიმაღლის ზევით, 2000 მ და ცოტა მაღლა. გაზაფხულიდან მატულობს და მაქსიმუმს აღწევს ივლისის დასაწყისამდე, ივლის-აგვისტოში იკლებს. ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII), როცა ჰაერის ტემპერატურა მაღალია, ნალექები ზოგჯერ ვერ უზრუნველყოფს მცენარეების ნორმალურ ზრდა-განვითარებას და დამაკმაყოფილებელ პროდუქტიულობას, განსაკუთრებით ერთწლიანი - მარცვლეული, ბოსტნეული და ბაღჩეული კულტურების შემთხვევაში. ამიტომ, საჭირო ხდება ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფა (მორწყვა 2-3-ჯერ, კულტივაცია). 1000 მ სიმაღლის ზევით ნალექები რამდენადმე დამაკმაყოფილებელია მაისიდან აგვისტოს ჩათვლით სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის. ცალკეულ წლებში საჭირო იქნება აღნიშნული

აგროტექნიკური ღონისძიებების გატარება. ცხრილში 3.1.15 მოცემულია რეგიონის მთიანი რაიონების თბილ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების 10% და 90%-იანი უზრუნველყოფა.

ცხრილი 3.1.15 ატმოსფერული ნალექების (მმ) 10% და 90%-იანი უზრუნველყოფა
Table 3.1.15 10% and 90% provision of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	10%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ახალგორი	110	152	138	106	89	92	105
ცხინვალი	93	120	104	89	87	88	116
ჯავა	144	176	194	139	146	128	177
90%-ით							
ახალგორი	26	36	29	14	15	14	19
ცხინვალი	17	29	21	8	5	14	12
ჯავა	27	58	35	22	18	25	30

ცხრილიდან გამომდინარე, ფერმერულ და კერძო მიწათმოქმედთა მეურნეობებში, განსაკუთრებით ზაფხულში, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნორმალური პროდუქტიულობისათვის ყურადღება უნდა მიექცეს ნიადაგში ტენის უზრუნველყოფას. ცხრილში 3.1.16 მოყვანილია ძირითადი აგროკლიმატური მაჩვენებლები შიდა ქართლის მთიანი რაიონებისათვის.

ცხრილი 3.1.16 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)
Table 3.1.16 Main agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ

ახალგორი	3500	400	71	1.1
ერმანი	890	700	71	7.8
როკა	1210	670	76	5.5
ცხინვალი	3040	370	67	1.2
ჯავა	2490	600	72	2.4

ცხრილში მოყვანილი მახასიათებლები კონტინენტალური კლიმატური ზონისათვის არის დამახასიათებელი. აღნიშნული პირობებში დამაკმაყოფილებლად შეიძლება ჩაითვალოს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების წარმოება 1400-1500 მ სიმაღლემდე. მოცემული სიმაღლეების ზევით შესაძლებელია შედარებით ნაკლებად სითბოსმოყვარული კულტურების განვითარება. 900-1000 მ სიმაღლემდე ჰთკ შედარებით დამაკმაყოფილებელია მარცვლეული, ვაზის, კონტინენტალური ხეხილოვანი კულტურებისათვის. გარანტირებული მოსავლის მისაღებად სასურველია ჰთკ იყოს 1.5-1.8, რომელიც მცენარეებს შეუქმნის ნორმლური განვითარების პირობებს. ამიტომ, ნიადაგში უნდა გაიზარდოს ტენის მარაგი.

აგროკლიმატური ზონირება. I - ზონა მდებარეობს ზღ.დონიდან 900-1100 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 3000°-დან 2000°C-მდეა. ატმოსფერული ნალექების ჯამი შეადგენს საშუალოდ 600-900 მმ, თბილ პერიოდში - 450-550 მმ. ბოლო წაყინვები მოსალოდნელია საშუალოდ 17.IV-22.IV აღნიშნულ სიმაღლეებზე, შესაბამისად. პირველი წაყინვები მოსალოდნელია 22.X-19.X, უყინვო პერიოდი შეადგენს 195-188 დღეს, იმავე სიმაღლეებზე. მოცემულ ზონაში შეიძლება წარმატებით განვითარდეს მარცვლეული, ხეხილოვანი, ბოსტნეული, ვაზის საშუალო და საადრეო მწიფადი ჯიშები და სხვა კულტურები. ხსენებული კულტურების გარანტირებული მოსავლისათვის, სასურველია 1-2-ჯერ ნიადაგის მორწყვა [7, 13].

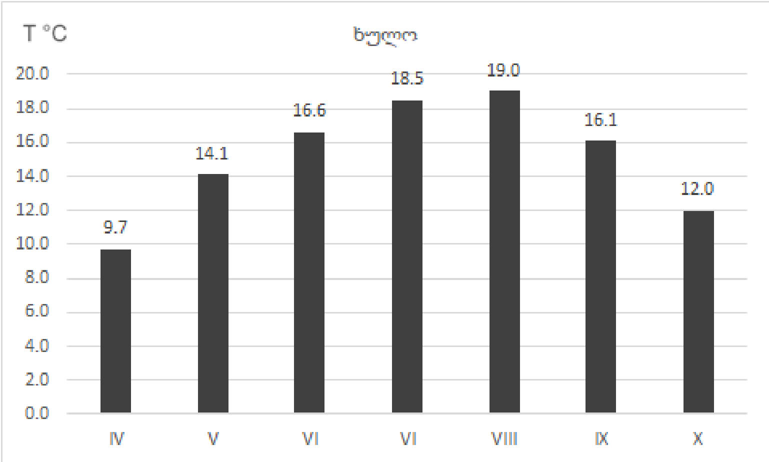
II - ზონა ვრცელდება ზღ.დონიდან 1100-1300 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2000-1000°C. მრავალწლიური ატმოსფერული ნალექების ჯამია 650-970 მმ, თბილ პერიოდში 500-650 მმ. ბოლო წაყინვები აღინიშნება საშუალოდ 18.IV- 28.IV მითითებული სიმაღლეების შესაბამისად. პირველი წაყინვები მოსალოდნელია 21.X-15.X, უყინვო პერიოდის დღეთა რიცხვი შეადგენს 194-179 დღეს. ზონაში შესაძლებელია ზოგიერთი კონტინენტალური საადრეო ჯიშის ხეხილოვანების და კენკროვანების გავრცელება. ნორმალურად შეიძლება განვითარდეს ხორბალი, ჭვავი, ქერი, შვრია, ბოსტნეული, კარტოფილი, სურნელოვან არომატული კულტურები. ხელსაყრელი პირობებია მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების და სათიბ-

სამოვრების განვითარებისათვის. გვალვების შემთხვევაში სასურველია ნიადაგის მორწყვა 1-2-ჯერ.

III - ზონა მდებარეობს ზღ.დონიდან 1400-2000 მ და ცოტა მეტ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი აშკარად შემცირებულია და შეადგენს 1000°C-ზე ნაკლებს, ატმოსფერული ნალექები შეადგენს 950-1100 მმ, თბილ პერიოდში - 600-700 მმ. ბოლო წაყინვები ძალზე გვიან წყდება 1.V-16.V, აღნიშნული სიმაღლეების შესაბამისად. პირველი წაყინვები საშუალოდ მოსალოდნელია 13.X-2.X. ზონა ხელსაყრელია კენკროვანი კულტურების განვითარებისათვის, ასევე შეიძლება საადრეო კარტოფილის, კომბოსტოს, ყვავილოვანი კომბოსტოს და სხვა ბოსტნეული კულტურების წარმოება. ზონაში ხელსაყრელი პირობებია სათიბ-საძოვრების განვითარებისათვის. ნიადაგის მორწყვა საჭიროა, მხოლოდ გვალვების შემთხვევაში.

აჭარის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. აჭარის მთიანი ტერიტორია გეომორფოლოგიური თვალსაზრისით საკმაოდ რთული რელიეფითაა წარმოდგენილი - საშუალო და მაღალი მთებით. საშუალო მთიანი ზონა 1000 მ სიმაღლემდეა, მაღალმთიანი 2000 მ და მეტ სიმაღლემდე. მთებსა და მთისწინებს უკავია 77.1%. იგი ზომიერ და კონტინენტალურ კლიმატურ პირობებშია. ამიტომ, აქ აგროკულტურების სხვადასხვა დარგია განვითარებული. კერძოდ, მეჩაიეობა, მეციტრუსეობა, მესიმინდეობა, ტექნიკური კულტურებიდან - მეთამბაქოეობა, ტუნგის წარმოება და სხვა. აჭარის მთიან ტერიტორიაზე, როგორც საკმაოდ რთულ რელიეფურ პირობებში მყოფი რეგიონისათვის, საჭიროა აგროკლიმატური რესურსების ეფქტურად გამოყენება ზემოღნიშნული კულტურების რაციონალურად განლაგებისა და ფერმერული მეურნეობების რენტაბელობისათვის [14]. ნახაზზე 3.1.5 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში.



ნახ. 3.1.5 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Fig. 3.1.5 Average air temperatures

აჭარის რეგიონში ჰაერის ტემპერატურის რეჟიმს ძირითადად განსაზღვრავს შავი ზღვის გავლენა, ოროგრაფიული თავისებურება, ატმოსფეროს ცირკულაცია და სხვა. ვერტიკალური ზონალობის მიხედვით ტემპერატურა იცვლება 1000 მეტრამდე, რაც ახასიათებს ზომიერ კლიმატურ პირობებს. ხოლო 1000 მეტრის ზევით ტემპერატურა კონტინენტალური ტიპის კლიმატის დამახასიათებელია.

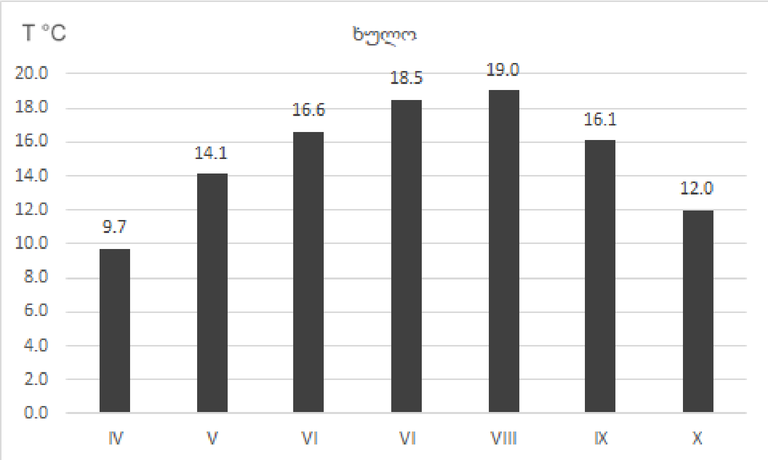
აჭარის მთიან ტერიტორიაზე, აგროკულტურების სითბოთი უზრუნველყოფილის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას სითბოთი უზრუნველყოფის საპროგნოზო რეგრესიის განტოლება:

ხულო $\sum T=-12.7n+3748$

განტოლებებში $\sum T$ - საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამია დღეღამური ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან, n - დღეთა რიცხვი 1 - თებერვლიდან ტემპერატურის 10°-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე.

სავეგეტაციო პერიოდში მოცემული სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზის მეთოდს საფუძვლად უდევს კავშირი, რომელიც არსებობს დღეღამური ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღსა და ვეგეტაციის საერთო სითბოს რაოდენობას შორის (ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენის წესი იხ. გურიის რეგიონის სითბოთი უზრუნველყოფის ქვეთავში). აღნიშნული პროგნოზის მეთოდს პრაქტიკული მნიშვნელობა აქვს. რადგან იგი იძლევა სხვადასხვა აგროკულტურის სითბოთი უზრუნველყოფის მოსალოდნელი პირობების შეფასების საშუალებას. მაგალითად, მიმდინარე წელს პროგნოზით

ტემპერატურის ჯამი, თუ საშუალოზე მეტი აღმოჩნდება, ამასთან ნიადაგისა და ჰაერის ტენიანობა შესაბამისი იქნება, ასეთი პირობები კულტურების ზრდა-განვითარებას და პროდუქტიულობას უფრო გააუმჯობესებს და პირიქით. ნახაზზე 3.1.6 მოყვანილია ატმოსფერული ნალექების განაწილება თბილ პერიოდში.



ნახ. 3.1.6 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Fig. 3.1.6 Sums of atmospheric precipitation (mm)
მთიანი აჭარის ტერიტორიაზე ატმოსფერული ნალექების გაანალიზებისა და შეფასებიდან გამომდინარე შეიძლება ითქვას, რომ იგი სრულიად აკმაყოფილებს აგროკულტურების ზრდა-განვითარებას. თუმცა ცალკეულ წლებში, აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII) ხულოს რაიონში ატმოსფერული ნალექების კიდევ უფრო შემცირებისას (50-40 მმ) შეიძლება ჩატარდეს სხვადასხვა კულტურის ქვეშ ნიადაგის გაფხვიერება ან მორწყვა მოსავლის შენარჩუნებისათვის. ცხრილში 3.1.17 მოცემულია რეგიონის მთიანი ტერიტორიის თბილ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების 10% და 90%-იანი უზრუნველყოფა.

ცხრილი 3.1.17 ატმოსფერული ნალექების (მმ) 90%-იანი უზრუნველყოფა
Table 3.1.17 90% provision of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	90%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ხულო	26	31	29	20	16	34	55

ცხრილის ანალიზიდან გამომდინარე, ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე და ზევით, მარცვლეული და ბოსტნეული კულტურების ნორმალური პროდუქტიულობისათვის, საჭიროა აგროტექნიკური ღონისძიებების გატარება აგროკულტურებისათვის ტენის მარაგის შენარჩუნების მიზნით. ცხრილში 3.1.18 მოყვანილია ძირითადი აგროკლიმატური მაჩვენებლები [15].

ცხრილი 3.1.18 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)
Table 3.1.18 Main agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
ხულო	3110	630	71	2.0

ცხრილში მოცემული დაკვირვებათა მონაცემები ასახავს მთიან ტერიტორიაზე არსებულ ძირითად აგროკლიმატურ მახასიათებლებს, რომლებიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებენ აგროკულტურების ზრდა-განვითარებასა და პროდუქტიულობაში. 1000 მ სიმაღლემდე და ზევით სავეგეტაციო პერიოდში დამაკმაყოფილებელი პირობებია კონტინენტალური (ვაშლი, მსხალი) თხილის, თამბაქოს და ბოსტნეული კულტურებისათვის. თუმცა, ცალკეულ წლებში, შეიძლება საჭირო გახდეს ნიადაგის დამატებით დატენიანება.

აგროკლიმატური ზონირება. I - ზონა მოქცეულია რეგიონის შუა ნაწილში ზღ.დონიდან 500 მ-დან 1000 მ სიმაღლემდე და მოიცავს შუახევისა და ხულოს რაიონების ტერიტორიებს. ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2000-3000°C. ცივ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების ჯამია 700-750 მმ, თბილ პერიოდში (IV-X) - 750-800 მმ. მოცემულ ზონაში ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 30.III-15.IV, პირველი წაყინვები - 11.XI-1.XII. უყინვო პერიოდის დღეთა რიცხვი შეადგენს 202-247 დღეს. ზონაში პერსპექტიულია მარცვლეული, პარკოსანი, ბოსტნეული, ვაზის (საშუალო და საადრეო ჯიშის), ხეხილოვანი, თხილის, კენკროვანი და სხვა კულტურების წარმოების განვითარება. ზონა ასევე, ხელსაყრელია მეცხოველების საკვები ძირხვენების და სათიბ-საძოვრებისათვის [58].

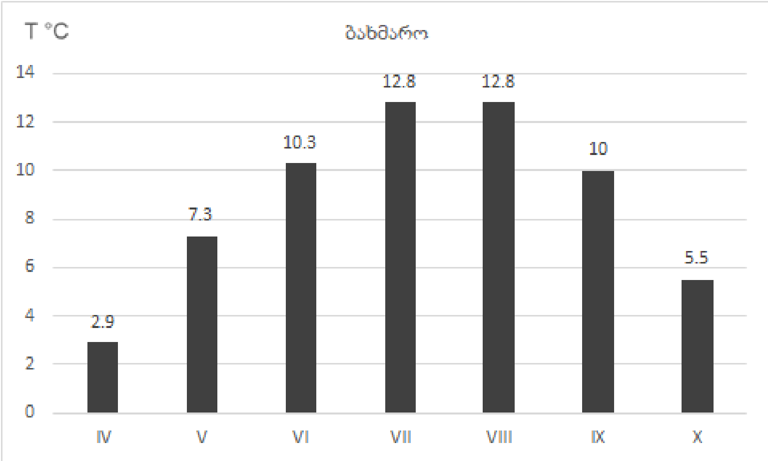
II - ზონა მდებარეობს ზღ.დონიდან 1000-1500 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შემცირებულია 2000°-დან 1000°C-მდე. ატმოსფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში 700 მმ-მდეა, ხოლო თბილ პერიოდში 800 მმ-მდე. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 18.IV-8.V (სიმაღლის შესაბამისად),

პირველი წაყინვები - 14.X-7.XI. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 158-202 დღეს. აღნიშნულ ზონაში შესაძლებელია ხორბლის, ქერის, შვრიის, სამარცვლე სიმინდის (1000-1100 მ სიმაღლემდე), კარტოფილის, ბოსტნეულის, ხეხილოვანი და კენკროვანი კულტურების წარმოება. შესაძლებელია მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების, სათიბ-საძოვრების განვითარება.

III - ზონა ზღ.დონიდან 1500-2000 მ სიმაღლეზე მდებარეობს. ზონა სავეგეტაციო პერიოდში აშკარად მოკლებულია სითბოს. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 1000°C და ნაკლებია. ატმოსფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში 650 მმ შეადგენს, თბილ პერიოდში 700 მმ-მდეა. მოცემულ ზონაში გაზაფხული ძალიან გვიან აღინიშნება, ამიტომ წაყინვებიც გვიან ფიქსირდება. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 12.V-28.V (სიმაღლის შესაბამისად), პირველი წაყინვები დაიკვირვება 20.IX-9.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა მცირეა (158-113 დღე). ზონაში გავრცელებისათვის პერსპექტიულია სხვადასხვა ბოსტნეული კულტურები (სუფრის ჭარხალი, ნიორი, ქინძი, უცხო სუნელი, და სხვა) კენკროვანები (შავი მოცხარი, არონია, ქაცვის კულტურული ჯიში და სხვა). Aასევე, ხელსაყრელია მეცხოველეობის საკვები წვნიანი ძირხვენების და სათიბ-საძოვრებისათვის.

გურიის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. გურიის მთიანი რეგიონი ხასიათდება ნაწილობრივ ბორცვიან-გორაკიანი, მაღალმთიანი რელიეფური პირობებით. მისი მთიანი ტერიტორია ვრცელდება 1000 მ სიმაღლემდე, საშუალო მთიანი - 1400 მ-მდე, მაღალმთიანი 2000 მ-მდე. საქართველოს სოფლის-მეურნეობის განვითარებაში გურიის რეგიონს მნიშვნელოვანი ხვედრითი წილი აქვს. იგი აწარმოებს - მარცვლეულს, ჩაის, ციტრუსებს, ვაზს, სუბტროპიკულ, ტექნიკურ-ზეთოვან და სხვა სახის კულტურებს. რეგიონში აგროკულტურების განვითარება და წარმოება მიმდინარეობს ტენიანი სუბტროპიკული ზონის პირობებში. ნახაზზე 3.1.7 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში [16].



ნახ. 3.1.7 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Fig. 3.1.7 Average air temperatures

რეგიონის მთიანი ტერიტორიაზე კლიმატური მახასიათებლებიდან, ჰაერის ტემპერატურის განაწილებაში დიდ როლს ასრულებს რელიეფის ფორმა. გამომდინარე აქედან ბორცვიან, ქვაბულებსა და ჩაკეტილ ადგილებში უფრო ცივა, რადგან ასეთ ადგილებში ცივი ჰაერის მასები მეტად გროვდება და შეფერხებულია ჰაერის მასების მოძრაობა. ზღ.დონიდან 2000 მ სიმაღლემდე ჰაერის ტემპერატურაც შესაბამისად დაბალია. მაღალმთის ზონისაკენ (ბახმარო) ტემპერატურა მეყეობს 10.0°-დან 1.2°C-მდე. 2000 მ სიმაღლეზე საკმაოდ მკაცრი კლიმატია (კონტინენტალური). აქ ჰაერის წლიური საშუალო ტემპერატურა შეადგენს 4.7°C (ბახმარო).

აგროკულტურების სითბოთი უზრუნველყოფილის განსაზღვრისათვის შეიძლება გამოყენებული იქნას სითბოთი უზრუნველყოფის საპროგნოზო რეგრესიის განტოლება:

$\sum T=-12.6n+4620$ ჩოხატაური

განტოლებაში $\sum T$ - საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამია 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან, n - დღეთა რიცხვი 1 თებერვლიდან ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე [14].

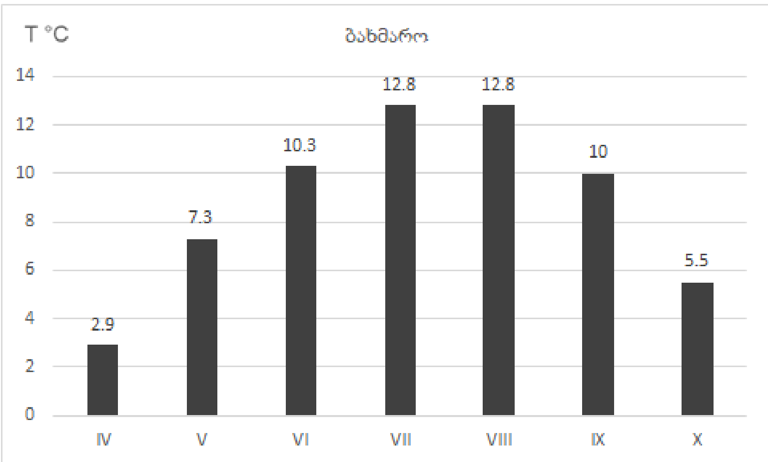
სავეგეტაციო პერიოდისათვის სითბოს უზრუნველყოფის პროგნოზის შედგენისათვის, საჭიროა გაზაფხულზე დღეღამური ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენა, რომელიც შესაძლებელია განტოლებით:

$y=-2.4x+79$

სადაც y - საშუალო დღეღამური ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით დადგომის თარიღია, x - ადგილმდებარეობის მიხედვით, ორი თვის (თებერვალ-მარტის, მარტი-აპრილის ან აპრილი-მაისის) საშუალო ტემპერატურის ჯამია.

მაგალითად, მიმდინარე წელს, თებერვლის თვის საშუალო ტემპერატურამ თუ შეადგინა 10°C-ზე ნაკლები, დაუშვათ 7.4°C, ხოლო მარტის თვის საშუალო ტემპერატურამ 10°C-ზე მეტი 10.8°C, ეს მაჩვენებლები შეიკრიბება და იქნება 18.2°C, რომელიც ჩაისმევა განტოლებაში x-ის ნაცვლად და მიიღება 35. ეს უკანასკნელი (დღეთა რიცხვი 1 თებერვლიდან ტემპერატურის 10°C-ის დადგომის თარიღამდე) გადაითვლება 1 თებერვლიდან და ტემპერატურის 10°C-ის ზევით დადგომის თარიღი იქნება 7 მარტი. იმ შემთხვევაში, თუ მოცემულ თვეებში ტემპერატურები აღმოჩნდება 10°C-ზე ოდნავ მეტი (10.3° ან 11.4°C), როგორც გამონაკლისი შეიკრიბება და ჩაისმევა განტოლებაში, თარიღის დასადგენად.

სავეგეტაციო პერიოდში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამმა (10°C-ის ზევით), შეიძლება გადაიხაროს მოცემული რაიონის საშუალო ჯამიდან ±300-400°C და მეტად. საშუალო ტემპერატურის ჯამზე მეტის შემთხვევაში, აგროკულტურები უკეთ იქნებიან უზრუნველყოფილი სითბოთი, რაც გააუმჯობესებს მათ ზრდა-განვითარებას, იმ შემთხვევაში თუ სითბოსთან ერთად ნიადაგიც ტენით იქნება უზრუნველყოფილი. ნახაზზე 3.1.8 მოყვანილია ატმოსფერული ნალექების განაწილება თბილ პერიოდში [17, 18, 19].



ნახ. 3.1.8 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Fig. 3.1.8 Sums of atmospheric precipitation (mm)

აგროკულტურების ზრდა-განვითარებისათვის ტემპერატურის ჯამთან ერთად დიდი როლი აქვს ატმოსფერულ ნალექებს. მათ რაოდენობაზე და განაწილებაზე მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ტენით უზრუნველყოფა. რეგიონში წლიური ატმოსფერული ნალექები მაღალმთისაკენ დაიკვირვება 800 მმ. ზოგჯერ, თბილ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების რაოდენობამ და მათმა არათანაბარმა განაწილებამ, შეიძლება ვერ უზრუნველყოს ნიადაგში მცენარეებისათვის საჭირო ტენის რაოდენობა. აღნიშნულის შედეგად შეიძლება

შეფერხდეს მცენარეების ნორმალური განვითარება. ცხრილში 3.1.19 მოცემულია რეგიონის მთიანი ტერიტორიის თბილ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების 90%-იანი უზრუნველყოფა.

ცხრილი 3.1.19 ატმოსფერული ნალექების (მმ) 90%-იანი უზრუნველყოფა
Table 3.1.19 90% provision of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	90%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ბახმარო	26	37	49	33	40	56	76

ცხრილის ანალიზიდან ჩანს, რომ რეგიონის მთიანი ტერიტორია განსაკუთრებით გაზაფხულზე (IV-V) ატმოსფერული ნალექებით ნაკლებადაა უზრუნველყოფილი (90%), ვიდრე აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში. აღნიშნული ნალექების უზრუნველყოფა, განსაკუთრებით გაზაფხულზე არ შეიძლება ჩაითვალოს დამაკმაყოფილებლად მარცვლეული და ბოსტნეული კულტურებისათვის. ამიტომ, ფერმერებმა და კერძო მიწათმოქმედებმა აღნიშნული კულტურების მოსავლის ფორმირებისათვის უნდა ჩაატარონ შესაბამისი აგროტექნიკური ღონისძიებები, ნიადაგში ტენის უზრუნველსაყოფად. ცხრილში 3.1.20 მოყვანილია ძირითადი აგროკლიმატური მაჩვენებლები.

ცხრილი 3.1.20 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)

Table 3.1.20 Main agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
ბახმარო (ჩოხატაური)	1180	840	74	7.1

მოცემული აგროკლიმატური მახასიათებლების მიხედვით, მთიან (1200 მ სიმაღლემდე) და მაღალმთიან (1400-1500 მ-მდე) ზონებში ხელსაყრელი

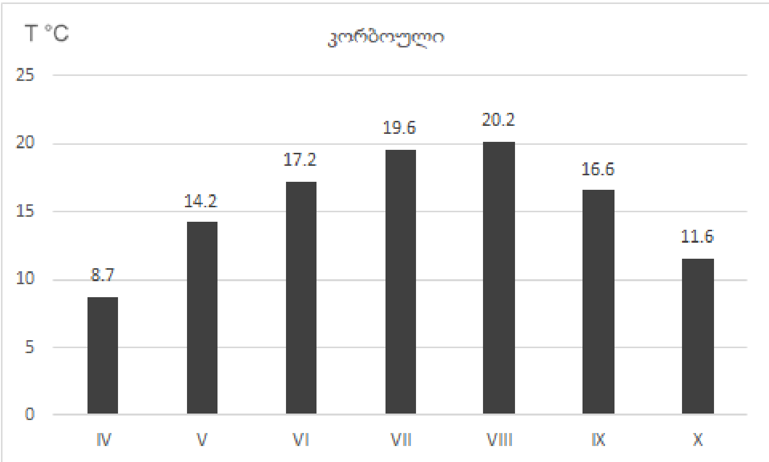
პირობებია მარცვლული და კონტინენტალური კულტურების (თესლოვანი, კურკოვანი, კენკროვანი) ზრდა-განვითარებისათვის.
აგროკლიმატური ზონირება. I - ზონა ვრცელდება ზღ. დონიდან 600-1000 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2000-3000°C. ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში - 800 მმ, ხოლო თბილ პერიოდში - 900 მმ. აღნიშნულ ზონაში ბოლო წაყინვები დაიკვირვება საშუალოდ 2.IV-18.IV, ხოლო პირველი წაყინვები - 8.XI-26.XI. უყინვო პერიოდის დღეთა რიცხვი შეადგენს 220-238 დღეს. მოცემულ ზონაში შეიძლება ვაზის (საშუალო და საადრეო ჯიშები), ხეხილოვანი, თხილის, კენკროვანების, მარცვლეულის, პარკოსნების და ბოსტნეული კულტურების წარმოება, ასევე მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების, სათიბის-საძოვრების განვითარება [58].

II - ზონა ვრცელდება 1000-დან 2000 მ სიმაღლემდე ზღ.დონიდან. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2000-1000°C. ატმოსფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში შეადგენს 700 მმ და ცოტა მეტს, თბილ პერიოდში - 750-800 მმ. ზონაში ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 18.IV-27.V (სიმაღლის შესაბამისად), პირველი წაყინვები - 7.XI-20.IX. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა 202-113 დღეს შეადგენს. მოცემულ ზონაში აღნიშნული ტემპერატურის ჯამი არ იძლევა მრავალწლიანი სითბოსმოყვარული ხეხილოვანი კულტურების ნაყოფების ნორმალური მომწიფების საშუალებას. თუმცა, დამაკმაყოფილებელია კენკროვანი, მარცვლეული (სამარცვლე სიმინდი 1000-1200 მ სიმაღლემდე), ხორბალი, ქერი, შვრია, პარკოსანი, ბოტნეული კულტურების წარმოებისათვის. ასევე, ხელსაყრელია მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენოვანი კულტურებისა და სათიბ-საძოვრებისათვის.
III - ზონა გავრცელებულია ზღ.დონიდან 2000-2200 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი მოცემულ ზონაში საგრძნობლად შემცირებულია (1000°C და ნაკლებია). ნალექები ცივ პერიოდში 650-700 მმ-მდეა, ხოლო თბილ პერიოდში - 700 მმ და ცოტა მეტია. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 28.V-5.VI (სიმაღლის შესაბამისად), პირველი წაყინვები - 20.IX-11.X. უყინვო პერიოდის დღეთა რიცხვი მცირეა, 96-113 დღე. მოცემულ ზონაში შესაძლებელია კენკროვანი (შავი მოცხარი, არონია, ქაცვი-უეკლო და სხვა) და ბოსტნეული კულტურების (უცხო სუნელი, კვლიავი, ნიორი, ხახვი, ოხრახუში, ნიახური, თვის ბოლოკი, ყვავილოვანი და საადრეო კომბოსტო, სტაფილო და სხვა) წარმოება, აგრეთვე მეცხოველეობის საკვები ძირხვენა კულტურების და სათიბ-საძოვრების განვითარება.

იმერეთის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. იმერეთის მთიანი ტერიტორია მდებარეობს ზღ.დონიდან 1500 მ სიმაღლეზე და ზევით. რელიეფური პირობებიდან გამომდინარე, იგი სახელდება ქვემო და ზემო იმერეთად. ზემო

იმერეთი სასოფლო-სამეურნეო თვალსაზრისით, დაბლობთან შედარებით უფრო რთული რელიეფით ხასიათდება. ზღ.დონიდან 800 მ სიმაღლეზე ტერიტორიის უმეტესი ნაწილი წარმოდგენილია დანაწევრებული ხეობებით. მხოლოდ მცირე სავარგულებზეა შესაძლებელი მემარცვლეობის მებოსტნეობის, მეხილეობის და მევენახეობა დარგების წარმოება. 1000 მ სიმაღლეზე ზევით მდებარე ტერიტორია დიდი დახრილობის გამო უმთავრესად წაროდგენილია ტყეებით და სათიბ-საძოვრებით [14, 19, 20]. ნახაზზე 3.1.9 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში.



ნახ. 3.1.9 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Fig. 3.1.9 Average air temperatures

ჰაერის საშუალო ტემპერატურა ზემო იმერეთში 1-2°C-ით მეტია ქვემო იმერეთთან შედარებით. თუმცა, აღნიშნული განსხვავება სავეგეტაციო პერიოდში არსებითად არ აისახება მარცვლეული, ხეხილოვანი, ვაზის, და ბოსტნეული კულტურების განვითარებაზე. ჰაერის ტემპერატურათა მაჩვენებლებიდან გამომდინარე, იმერეთის რეგიონის ტერიტორიის უმეტესი ნაწილი ხასიათდება ზომიერად თბილი კლიმატით (ნახევრად ტენიანი სუბტროპიკული).

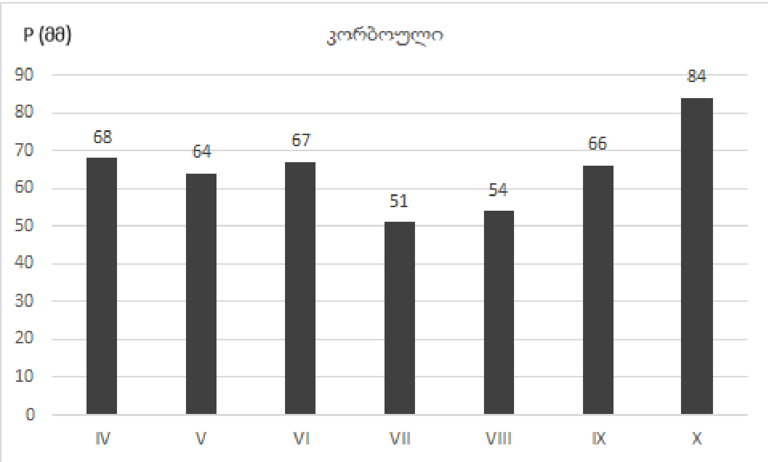
აგროკულტურების ზრდა-განვითარებასა და პროდუქტიულობას ძირითადად განსაზღვრავს სითბური რეჟიმი. ტერიტორიაზე, სადაც სითბო არასაკმარისია სითბოსმოყვარული კულტურების განვითარება ნორმალურად არ მიმდინარეობს, რის შედეგად მისი მოსავალი და ხარისხი დაბალია. ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლის ზევით შესაძლებელია საადრეო ხეხილოვანი, კენკროვანი და ბოსტნეული კულტურების გავრცელება, აგრეთვე პერსპექტიულია სათიბ-საძოვრების განვითარება. სავეგეტაციო პერიოდში

აგროკულტურების სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზის პრაქტიკული გამოყენებისათვის შედგენილია რეგრესიის განტოლება:

საჩხერე, ტყიბული $\sum T=-13.4n+4635$

განტოლებებში $\sum T$ - საპროგნოზო (საწინასწარმეტყველო) ჰაერის ტემპერატურის ჯამია 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგომამდე; n - დღეთა რიცხვი 1 თებერვლიდან ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღამდე (ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენის წესი იხ. გურიის რეგიონის სითბოთი უზრუნველყოფის ქვეთავში).

იმერეთის ტერიტორიაზე ნალექების განაწილება არათანაბარია, რაც გარკვეულ გავლენას ახდენს აგროკულტურების პროდუქტიულობაზე. ნახაზზე 3.1.10 მოყვანილია ატმოსფერული ნალექების განაწილება თბილ პერიოდში.



ნახ. 3.1.10 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Fig. 3.1.10 Sums of atmospheric precipitation (mm)

ზემო იმერეთში ნალექები დამაკმაყოფილებელია სიმინდის ადგილობრივი ჯიშების განვითარებისა და მაღალი მოსავლისათვის.

ცხრილში 3.1.21 მოცემულია რეგიონის მთიანი ტერიტორიის თბილ პერიოდში ატმოსფერული ნალექების 10%-იანი უზრუნველყოფა.

ცხრილი 3.1.21 ატმოსფერული ნალექების (მმ) 10%-იანი უზრუნველყოფა

Table 3.1.21 10% provision of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	10%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
კორბოული (საჩხერე)	55	60	68	65	49	61	43

იმერეთის რეგიონში მთიანი ზონის აგროკლიმატური რესურსების შეფასებისათვის, გაანალიზებულია და დამუშავებულია მრავალწლიური მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემები, სადაც თბილი პერიოდისათვის წარმოდგენილია აგროკლიმატური მახასიათებლები (ცხრილი 3.1.22).

ცხრილი 3.1.22 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)
Table 3.1.22 Main agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
საჩხერე	3730	460	72	1.2

ცხრილში მოცემული აგროკლიმატური მახასიათებლებიდან გამომდინარე, ზემო იმერეთის ნაწილი, ხასიათდება ზომიერი ტიპის კლიმატით. მოცემულ პირობებში შესაძლებელია ერთწლიანი (მარცვლეული, ბოსტნეულ-ბაღჩეული) და მრავალწლიანი ხეხილოვანი კულტურების წარმოება. ჰიდროთერმული კოეფიციენტის (1.2) სიმცირის გამო საჭირო იქნება ნიადაგში ტენიანობის გადიდება, კულტურების უკეთესი პროდუქტიულობისათვის.
აგროკლიმატური ზონირება. აგროკულტურების ზრდა-განვითარებასა და პროდუქტიულობას ძირითადად განსაზღვრავს აგროკლიმატური რესურსების ეფექტურად გამოყენებას. აქედან გამომდინარე, საჭიროა აგროკულტურების რაციონალურად განლაგება, მათი აგროკლიმატური ფაქტორების მოთხოვნილების მიხედვით. აღნიშნულთან დაკავშირებით, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამსა და სავეგეტაციო პერიოდში ატმოსფერული ნალექების

ჯამის გათვალისწინებით გამოყოფილია იმერეთის მთიანი ტერიტორიის აგროკლიმატური ზონები [58].

I - ზონა მდებარეობს ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2000°C და მეტს, ატმოსფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში შეადგენს 600-750 მმ, თბილ პერიოდში - 640-850 მმ. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 2.IV-18.IV, პირველი წაყინვები - 31.X-18.XI. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 185-231 დღეს. ზონაში შესაძლებელია მარცვლეულის, ბოსტნეულის, ვაზის (საადრეო ჯიში), ხეხილოვანი კულტურების ნორმალურად განვითარება.

II - ზონა ვრცელდება 1000 მ-დან 1200 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 1000°C და მეტს. ატმოსფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში 600-700 მმ და მეტია, ხოლო თბილ პერიოდში 900-950 მმ. ბოლო წაყინვები შესაძლებელია 23.IV-1.V, ხოლო პირველი წაყინვები - 17.X-27.X. უყინვო პერიოდი შეადგენს საშუალოდ 176-188 დღეს. აგროკულტურებიდან შესაძლებელია მარცვლეულის, კარტოფილის, ბოსტნეულის, ზოგიერთი საადრეო ხეხილოვანი, კენკროვანი კულტურების წარმოება. ასევე, მეცხოველეობის სათიბ-საძოვრების განვითარება.

III - ზონა ვრცელდება რეგიონის უკიდურეს ჩრდილო-აღმოსავლეთით და უკიდურეს სამხრეთით ზღ. დონიდან 1200 მ და ზევით. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი ძლიერ შემცირებულია და შეადგენს 1000°C და ნაკლებს. ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში დაახლოებით 800 მმ, თბილ პერიოდში 1000 მმ-მდე. ბოლო წაყინვები მოსალოდნელია გვიან 5.V, ხოლო პირველი წაყინვა საკმაოდ ადრე 13.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 158 დღეს. ზონაში შესაძლებელია გავრცელდეს პერსპექტიული ბოსტნეული, კენკროვანი კულტურები, მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენები, აგრეთვე შესაძლებელია სათიბ-საძოვრების ფართოდ განვითარება.

რაჭა-ლეჩხუმი - ქვემო სვანეთის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. რაჭა-ლეჩხუმი - ქვემო სვანეთის რეგიონი რთული მთაგორიანი რელიეფით ხასიათდება (ვაკე, მთები, მთის ფერდობები, ხეობები). რეგიონი ზღ.დონიდან 800-1000 მ სიმაღლემდე ზომიერ კლიმატურ პირობებშია, ხოლო აღნიშნული სიმაღლის ზევით გადადის კონტინენტალური კლიმატის ზონაში (მკაცრი კლიმატური ზონა). შედარებით მკაცრი კლიმატური და რთული რელიეფის პირობებიდან გამომდინარე, სასოფლო-სამეურნეო დანიშნულების მიწის სავარგულები მცირეა, რის გამოც სოფლის მეურნეობის მრავალმხრივი დარგის ინტენსიური განვითარება შეზღუდულია. მიუხედავად ამისა, აქ შესაბამისი პირობების მიხედვით, წამყვანი კულტურებია ვაზი და ხეხილოვანები, მარცვლოვანი, ძირითადად

სიმინდი და პარკოსანი. ვაზის კულტურის განვითარებისათვის ხელსაყრელი ნიადაგურ-კლიმატური პირობებია, ძირითადად მთის ფერდობებზე ზღ.დონიდან 800 მ სიმაღლემდე. ზოგიერთი ჯიში ზღ.დონიდან 1500-1600 მ სიმაღლემდე ვრცელდება. ცხრილში 3.1.23 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში [14, 21, 59].

ცხრილი 3.1.23 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Table 3.1.23 Average air temperatures

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი, °C						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ლაილაში (ცაგერი)	8.8	13.5	16.7	19.2	19.6	16.0	11.5
ლენტეხი	9.3	14.4	17.3	20.2	20.1	15.8	10.3
ონი	9.8	14.3	17.5	20.4	20.3	16.3	10.6
შოვი	3.8	9.6	12.8	15.6	15.6	11.4	6.6
ხარისთვალი (ამბროლაური)	5.1	10.8	13.8	16.6	17.4	13.5	8.1
ხერგა (ამბროლაური)	5.5	11.7	15.0	17.6	17.6	13.2	8.2

ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურების ცვლილება და განაწილება ზღ.დონიდან სიმაღლეების მიხედვით, საყურადღებოა, რადგან აღნიშნულ სიმაღლეებზე დაფუძნებულია რეგიონის რაიონები და სოფლები, სადაც ცხოვრობს მოსახლეობა, რომლებიც ძირითადად დასაქმებული არიან სოფლის მეურნეობის სექტორში. ამიტომ, სასურველია ჰაერის საშუალო ტემპერატურათა მახასიათებლების ცოდნა, რათა შესაბამისად იქნას გამოყენებული სეზონების ტემპერატურები სამუშაოთა ეფექტურად ჩატარების მიზნით. სავეგეტაციო პერიოდში ზემოაღნიშნული ტემპერატურები საკმაოდ კარგად უზრუნველყოფს მარცვლეულის (სიმინდი, ხორბალი, ქერი, შვრია), ბოსტნეულ-ბაღჩეულის, ვაზის (800-1000 მ-მდე, საშუალო და საადრეო ჯიში), ხეხილოვანი და სხვა კულტურების განვითარებას.

რაჭა-ლეჩხუმი - ქვემო სვანეთის რეგიონის მთიანი რაიონებისათვის აგროკულტურების სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზის პრაქტიკული გამოყენებისათვის შედგენილია რეგრესიის განტოლებები:

ამბროლაური $\sum T=-12.4n+4438$

ლენტეხი $\sum T=-14.5n+4176$

ონი $\sum T=-13.9n+4220$

მოცემულ განტოლებებში ∑T - საპროგნოზო ჰაერის ტემპერატურის ჯამია 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან, n - დღეთა რიცხვია 1 - თებერვლიდან ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგომამდე (ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენის წესი იხ. გურიის რეგიონის სითბოთი უზრუნველყოფის ქვეთავში).

აგროკულტურების წარმოებისათვის მნიშვნელოვანი როლი აქვს ატმოსფერულ ნალექებს. აღნიშნულთან დაკავშირებით, მოცემულია ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მაჩვენებლები თბილ პერიოდში (ცხრილი 3.1.24).

ცხრილი 3.1.24 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Table 3.1.24 Sums of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ცაგერი	111	113	114	90	87	110	122
ლენტეხი	106	109	111	93	83	106	118
ონი	84	103	98	80	79	86	98
შოვი	101	122	114	91	92	102	118
ამბროლაური	177	215	202	164	163	177	202
ხერგა	110	134	125	102	101	109	126

ატმოსფერული ნალექები თბილ პერიოდში (IV-X) 800 მ-დან 1200 მ სიმაღლემდე მატულობს და საშუალოდ 800-900 მმ შეადგენს, ცივ პერიოდში (XI-III) 550-600 მმ. მოცემულ სიმაღლემდე სავეგეტაციო პერიოდში კულტურები სრულიად უზრუნველყოფილია ნალექებით და არ საჭიროებენ ნიადაგში დამატებით ტენის გაზრდას. 1200 მ-დან 1600 მ სიმაღლემდე ნალექები თბილ და ცივ პერიოდებში ოდნავ კლებულობს და შეადგენს 700-800 მმ და 500-550 მმ, შესაბამისად. აღნიშნული ნალექები თბილ პერიოდში სრულიად აკმაყოფილებს მარცვლეულის, ბოსტნეული, კარტოფილის, ხეხილოვანი და სხვა შესაბამისი კულტურების ნორმალურ განვითარებას.
თბილ პერიოდში 1600 მ-დან 2000 მ სიმღლემდე და ზევით ნალექები ოდნავ მატულობს - 800-850 მმ. აღნიშნულ სიმაღლეებზე თბილ პერიოდში საგაზაფხულო ხორბალის, ქერის, შვრის, ბოსტნეულის, აგრეთვე მეცხოველეობის საკვები ძირხვენა კულტურების და სათიბ-საძოვარების განვითარებისათვის ხელსაყრელი პირობებია.

რეგიონის მთიანი რაიონების მიხედვით, სავეგეტაციო პერიოდისათვის ცხრილში 3.1.25 მოცემულია ატმოსფერული ნალექების უდიდესი - 10%-ით და უმცირესი - 90%-ით უზრუნველყოფები (მმ).

ცხრილი 3.1.25 ატმოსფერული ნალექების (მმ) უზრუნველყოფა თბილ პერიოდში
Table 3.1.25 Provision of atmospheric precipitation (mm) in the warm period

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	10%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ლაილაში	176	164	168	170	136	188	200
ონი	118	132	132	133	128	129	165
შოვი	154	180	169	162	192	147	215
ხერგა	168	167	157	142	150	180	253
90%-ით							
ლაილაში	46	56	54	26	39	39	41
ონი	36	56	49	26	30	37	27
შოვი	44	63	69	42	45	52	49
ხერგა	31	46	39	27	40	56	45

ცხრილში მოცემული მონაცემების ანალიზის მიხედვით, ზღ.დონიდან 800 მ-დან 1200 მ სიმაღლემდე ნალექების უდიდესი - 10%-ით და უმცირესი - 90%-ით დამაკმაყოფილებლად არის უზრუნველყოფილი. აქ აგროკულტურები არ საჭიროებენ დამატებით მორწყვითი ღონისძიების ჩატარებას (ლაილაში, ხერგა და სხვა), თუმცა ცალკეულ წლებში (გვალვა), შეიძლება საჭირო გახდეს მოსავლის შენარჩუნებისათვის. 1200 მ-დან 2000 მ სიმაღლემდე და ზევით ზონა კიდევ უფრო უკეთესად არის უზრუნველყოფილი აღნიშნული რაოდენობის ნალექებით. აქ ხეხილოვანი, კენკროვანი, ხორბლეული, ბოსტნეული კულტურების, ასევე მეცხოველეობის ძირხვენა კულტურებისა და სათიბ-საძოვრების განვითარებისათვის სრულიად დამაკმაყოფილებელი პირობებია.

რაჭა-ლეჩხუმი - ქვემო სვანეთის რეგიონის მთიანი ტერიტორიის აგროკლიმატური რესურსების შეფასებისათვის რაიონების მიხედვით, გაანალიზებულია და დამუშავებულია მრავალწლიური მეტეოროლოგიური

დაკვირვებათა მონაცემები და წარმოდგენილია აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილი პერიოდისათვის (ცხრილი 3.1.26).

ცხრილი 3.1.26 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)

Table 3.1.26 Main agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
ლაილაში (ცაგერი)	2980	750	-	2.5
ლენტეხი	3030	730	74	2.4
ონი	3150	630	70	2.0
შოვი	1780	710	77	4.0
ხარისთვალი (ამბროლაური)	2170	1300	-	6.0
ხერგა (ამბროლაური)	2280	810	77	3.6

მთიან რეგიონში 800 მ სიმაღლის ზევით ტემპერატურის ჯამი მცირდება და ზოგიერთი კულტურის (ვაზი, ხეხილოვანი, ბაღჩეული) გავრცელება რამდენადმე იზღუდება. თუმცა, ასეთ მაღალ პირობებში კარგად ვითარდება საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბალი, ქერი, შვრია, ბოსტნეული და სხვა.

აგროკლიმატური ზონირება. I - ზონა ზღ.დონიდან 800 მ-დან 1400 მ სიმაღლემდე მდებარეობს. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 2000-3000°C შეადგენს. ატმოსფერული ნალექები ცივ პერიოდში 550-800 მმ-მდეა, თბილ პერიოდში 800 მმ-დან 1300 მმ-მდე. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება საშუალოდ 17.IV-5.V, პირველი წაყინვები - 9.X-29.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს საშუალოდ 155-193 დღეს. მოცემულ ზონაში შესაძლებელია მარცვლეულის (საშემოდგომო, საგაზაფხულო ხორბალი), სიმინდის ვაზის (საადრეო ჯიში), ხეხილოვანი, ბოსტნეული და სხვა კულტურების განვითარება [58].

II - ზონა ვრცელდება ზღ.დონიდან 1400 მ-დან 1800 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2000-1000°C. ატმოსფერული

ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში შეადგენს 500-550 მმ, თბილ პერიოდში - 700-800 მმ. ბოლო წაყინვები დაკვირვება 6.V-20.V, პირველი წაყინვები - 23.IX-8.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა საშუალოდ შეადგენს 124-153 დღეს. აღნიშნულ ზონაში შესაძლებელია მარცვლეულის (საშემოდგომო, საგაზაფხულო ხორბალი, ქერი, შვრია), კარტოფილის, ბოსტნეული, კენკროვანი კულტურების, ასევე მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენების წარმოება, სათიბ-საძოვრების განვითარება.

III - ზონა მდებარეობს ზღ. დონიდან 1800 მ-დან 2000 მ და მეტ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 1000°-დან 600°C-მდეა. ცივ პერიოდში ნელექების რაოდენობა თითქმის იგივეა რაც II ზონაშია (550 მმ), ასევე ანალოგიურია იგი თბილ პერიოდშიც (800 მმ). ბოლო წაყინვები მოსალოდნელია საკმაოდ გვიან 21.V-27.V, ხოლო პირველი წაყინვები - 15.IX-22.IX. უყინვო პერიოდის დღეთა რიცხვი აშკარად შემცირებულია (110-123 დღე). ზონაში შესაძლებელია გავრცელებული იქნას პერსპექტიული ბოსტნეული და კენკროვანი კულტურები, რომლებიც გამოცდილია მაღალმთის პირობებში და იძლევიან მაღალხარისხიან მოსავალს (უცხო სუნელი, ანისა, კარტოფილი, შავი მოცხარი და სხვა). პერსპექტიულია მეცხოველეობის წვნიანი ძირხვენა საკვები კულტურის ფართოდ განვითარება, ასევე სათიბ-საძოვრების გაფართოება.

სამეგრელო - ზემო სვანეთის რეგიონი

სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. სამეგრელო - ზემო სვანეთის რეგიონი ხასიათდება მთიანი და მაღალმთიანი (ზღ.დონიდან 2000 მ და მეტ სიმაღლეზე) რელიეფით. ზემო სვანეთის საშუალო და მაღალმთიანი ადგილები ზომიერი და კონტინენტალური კლიმატის პირობებშია, რომლისთვისაც დამახასიათებელია ზომიერად ცივი და ცივი კლიმატი, თოვლიანი ზამთარი და ხანმოკლე ზაფხული, შესაბამისად.

რეგიონს სოფლის მეურნეობაში ერთწლიანი და მრავალწლიანი კულტურების წარმოების მხრივ ქვეყნის მასშტაბით დიდი ხვედრითი წილი აქვს. მთიან და მაღალმთიან პირობებში საკმაოდ კარგად ვითარდება მარცვლეული, ბოსტნეული, კონტინენტალური ხეხილოვანი კულტურები, კარტოფილი და ასევე სათიბ-საძოვრები.

სამეგრელო - ზემო სვანეთის რეგიონის ტერიტორიაზე ჰაერის ტემპერატურის განაწილება დამოკიდებულია შავი ზღვის სიახლოვესა და რელიეფის ფორმაზე. დაკვირვებათა მასალების ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ტემპერატურა ზღ.დონიდან სიმაღლის შესაბამისად კანონზომიერად კლებულობს, როგორც ზომიერ კლიმატურ (1000 მ სიმაღლეზე) ასევე, ზემო სვანეთის კონტინენტალურ კლიმატურ ზონებში (1000-1500 მ და მეტი სიმაღლეზე). ცხრილში 3.1.27 მოცემულია ჰაერის საშუალო ტემპერატურები თბილ პერიოდში [14, 22] .

ცხრილი 3.1.27 ჰაერის საშუალო ტემპერატურები
Table 3.1.27 Average air temperatures

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი, °C						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ბეჩო (მესტია)	5.9	11.5	14.4	17.2	17.0	12.6	7.7
ლებარდე (მარტვილი)	4.2	9.3	12.5	15.1	15.3	12.0	7.5
მესტია	5.7	10.8	13.8	16.6	16.1	12.0	6.8
ხაიში (მესტია)	10.7	15.3	18.2	20.7	20.7	16.8	11.1

საშუალო მთიან ზონაში ზღ.დონიდან 1200-1300 მ სიმაღლემდე, ტემპერატურები (11-15°C) გაზაფხულზე ხელსაყრელია შესაბამისი კულტურების თესვისა და ვეგეტაციის ნორმალურად წარმართვისათვის. ზაფხულში კულტურების აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში, ტემპერატურები (18-20°C) სრულიად დამაკმაყოფილებელია მცენარეთა ზრდა-განვითარებისა და მაღალხარისხიანი მოსავლისათვის. მაღალმთიან ზონაში ზღ.დონიდან 1400-1500 მ და მეტ სიმაღლემდე ტემპერატურები (6-11°C) გაზაფხულზე დამაკმაყოფილებელია შესაბამისი კულტურების თესვის, აღმოცენებისა და განვითარებისათვის. ზაფხულში, ტემპერატურები (14°, 17°C) ხელშემწყობია მარცვლეულის, ბოსტნეულის, კარტოფილის და კენკროვანი კულტურების წარმოებისათვის, აგრეთვე სათიბ-საძოვრების გაფართოებისათვის.
სამეგრელო - ზემო სვანეთის მთიანი ტერიტორიის სავეგეტაციო პერიოდში, აგროკულტურების სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზის პრაქტიკული გამოყენების თვალსაზრისით მოცემულია რეგრესიის განტოლება:
მესტია $\sum T=-20.6n+3420$

მოცემულ განტოლებაში $\sum T$ - საპროგნოზო ჰაერის ტემპერატურის ჯამია 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღიდან, n - დღეთა რიცხვი 1 -თებერვლიდან ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგომამდე (ჰაერის საშუალო ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღის დადგენის წესი იხ. გურიის რეგიონის სითბოთი უზრუნველყოფის ქვეთავში). პროგნოზის შედგენა მთიან ზონაში შესაძლებელია მაისის პირველ დეკადაში, ხოლო მაღალმთიანი ზონისათვის მაისის შუა რიცხვებში. პროგნოზის წინასწარობა მთიან და მაღალმთიან ზონაში შეადგენს 4-5 თვეს. განსაზღვრული საპროგნოზო ტემპერატურის ჯამი საშუალებას აძლევს აგროფერმერებს მიმდინარე სავეგეტაციო პერიოდში შეაფასონ აგროკულტურების სითბოთი უზრუნვეყოფა.

აგროკულტურების წარმოებისა და მოსავლის ფორმირებაში სითბოსთან ერთად მნიშვნელოვან როლს ასრულებს ატმოსფერული ნალექები. მოგვყავს რეგიონის მთიანი ტერიტორიის ატმოსფერული ნალექების მრავალწლიური მეტეოროლოგიური დაკვირვებების მონაცემები თბილ პერიოდში (ცხრილი 3.1.28).

ცხრილი 3.1.28 ატმოსფერული ნალექების ჯამები (მმ)
Table 3.1.28 Sums of atmospheric precipitation (mm)

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ბეჩო	80	102	87	78	78	85	112
ლებარდე (მარტვილი)	174	175	178	149	135	151	190
მესტია	83	90	83	81	79	80	101
ხაიში	96	101	108	102	97	112	143

მთიან და მაღალმთიან ზონაში ნალექები ზამთარში, რამდენადმე ნაკლებია გაზაფხულის ნალექებთან შედარებით, ასევე ზაფხულის ნალექებიც, შემოდგომაზე კი ნალექები მატულობს სეზონის ბოლომდე. რეგიონში ნალექების მსვლელობა და მათი რაოდენობა დამახასიათებელია შესაბამისად ტენიანი სუბტროპიკული კლიმატისა და მთიანი (700-1300 მ ზღ.დონიდან) ზომიერი კლიმატის, აგრეთვე მაღალმთიანი კონტინენტალური კლიმატის. სამეგრელო - ზემო სვანეთის მთიანი ტერიტორიისათვის მოგვყავს ნალექების 10% და 90%-ით უზრუნველყოფები, მესტიის მაგალითზე (ცხრილი 3.1.29).

ცხრილი 3.1.29 ატმოსფერული ნალექების (მმ) უზრუნველყოფა თბილ პერიოდში
Table 3.1.29 Provision of atmospheric precipitation (mm) in the warm period

მეტეო-პუნქტი	თ ვ ე ე ბ ი						
	10%-ით						
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
მესტია	128	130	121	123	135	133	177
90%-ით							

მესტია	30	42	40	41	29	39	41

ცხრილის ანალიზიდან გამომდინარე, გაზაფხულზე ატმოსფერული ნალექების უდიდესი უზრუნველყოფა 10%-ით ანუ განმეორდება ერთხელ ყოველ ათ წელში, მცენარეთა აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში ოდნავ ჭარბობს ზაფხულის ატმოსფერულ ნალექებს. შემოდგომაზე მაჩვენებლები მატულობს. მაშასადამე, მოცემული რეგიონის ტერიტორიაზე უდიდესი (10%) და უმცირესი (90%) ნალექების რაოდენობა ძირითადად დამაკმაყოფილებელია.

სამეგრელო - ზემო სვანეთის რეგიონის მთიანი ტერიტორიის აგროკლიმატური რესურსების ძირითადი პარამეტრების შეფასებისათვის, რაიონების მიხედვით, გაანალიზებული და დამუშავებულია მრავალწლიური მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემები თბილი პერიოდისათვის, სადაც მითითებულია აგროკლიმატური მახასიათებლები (ცხრილი 3.1.30).

ცხრილი 3.1.30 ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები თბილ პერიოდში (IV-X)
Table 3.1.30 Basic agroclimatic characteristics in the warm period (IV-X)

მეტეო-პუნქტი	აქტიური ტემპერატუ-რის ჯამი (≥10°C)	ატმოსფერუ-ლი ნალექები (მმ)	ჰაერის ფარდებითი ტენიანობა (%)	ჰთკ
ბეჩო	2180	620	-	2.8
ლებარდე	1780	1170	76	6.5
მესტია	2040	600	72	2.9
ხაიში	3290	760	74	2.3

ცხრილში მოყვანილი მახასიათებლები ზომიერი (ხაიში) და კონტინენტალური კლიმატური (მესტია) ზონებისათვის დამახასიათებელია. აღნიშნული აგროკლიმატური მახასიათებლები სრულიად დამაკმაყოფილებელია ზომიერ კლიმატურ ზონაში მარცვლეული ხეხილოვანი კულტურებისათვის 700-1300 მ სიმაღლემდე, აგრეთვე კონტინენტალურ ზონაში მარცვლეული, კენკროვანი, მეცხოველეობის წვნიანი ძირხვენა კულტურებისათვის და სათიბ-საძოვრების განვითარებისათვის ზღ.დონიდან 2000 მ სიმაღლემდე და ზევით. მოცემული ცხრილის მიხედვით, ლებარდეში (მარტვილი) აღინიშნება მაღალი,

ჰიდროთერმული კოეფიციენტი, რაც გამოწვეულია 10°C-ის ზევით ტემპერატურათა ჯამის ნაკლებობით, რის შედეგად ფერხდება მოსული ნალექების სათანადოდ აორთქლება. ამიტომ, წყლის ბალანსიც მეტია და ცალკეულ შემთხვევებში, წარმოებულ კულტურებზე შეიძლება არასასურველი გავლენა ჰქონდეს, კერძოდ, მცენარეები ჭარბი ტენიანობის გავლენის ქვეშ იქნება.

აგროკლიმატური ზონირება. აგროკულტურების მეცნიერულად დასაბუთებული ნორმალური ზრდა-განვითარებისა და მათი სწორად განლაგებისათვის სავეგეტაციო პერიოდში 10°C-ის ზევით ტემპერატურისა და ატმოსფერული ნალექების ჯამების მიხედვით, გამოყოფილია აგროკლიმატური ზონები [58].

I - ზონა მოიცავს ჩრდილოეთით მიმდებარე ტერიტორიას, ხაიშისა და ლებარდეს ჩათვლით. იგი მდებარეობს ზღ.დონიდან 1000 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შედაგენს 3700-2900°C. ატმოასფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდშია 660-990 მმ, თბილ პერიოდში - 620-1220 მმ. ბოლოო წაყინვები დაიკვირვება 30.III-11.IV, პირველი წაყინვები - 1.XI-24.XI. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 235-196 დღეს. მოცემული ზონა ხელსაყრელია მარცვლეულის, ვაზის (საგვიანო ჯიში, 800 მ სიმაღლემდე), პერსპექტიულია ვაზის (საადრეო და საგვიანო ჯიშები) განვითარება ზღ.დონიდან 800-900 მ სიმაღლემდე.

II - ზონა მდებარეობს ზღ.დონიდან 1000-1500 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2800-2000°C-მდე. ატმოსფერული ნალექების ცივ პერიოდში შეადგენს 400-420 მმ, თბილ პერიოდში - 600-620 მმ. ბოლოო წაყინვა აღინიშნება 12.IV-25.IV, პირველ წაყინვა - 9.X-31.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა 195-156 დღეს შეადგენს. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შედარებით ნაკლებია, ამიტომ ამ ზონაში სითბოს მოყვარული კულტურების წარმოება რამდენადმე შეზღუდულია. აქედან გამომდინარე, შეიძლება მხოლოდ ვაზის საადრეო ჯიშის გავრცელება 1200-1300 მ სიმაღლემდე (სამხრეთის ფერდობებზე), აგრეთვე მარცვლეულის (ხორბალი, ქერი, შვრია, ჭვავი, საადრეო სიმინდი), ბოსტნეულის, კარტოფილის, თხილის და ხილ-კენკროვანების.

III - ზონა მდებარეობს ზღ.დონიდან 1500-2000 მ სიმაღლემდე. მოცემულ ზონაში აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი მცირეა (1900-1100°C -მდე). ატმოსფერული ნალექები ცივ პერიოდში აღწევს 870-1130 მმ, თბილ პერიოდში - 610-1130 მმ. ბოლოო წაყინვები დაიკვირვება 26.IV-8.V, პირველი წაყინვები - 16.IX-8.X. უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა შეადგენს 155-116 დღეს. მოცემული ზონის პირობებში შეიძლება საგაზაფხულო ხორბალის, ქერის, შვრიის, კარტოფილის, ბოსტნეულის და კენკროვანი კულტურების (შავი მოცხარი, არონია, ქაცვი), აგრეთვე მეცხოველეობისათვის წვნიანი საკვები ძირხვენების წარმოება, ასევე, შესაძლებელია სათიბ-საძოვრების განვითარება.

IV - ზონა უკიდურესად მაღალია, მდებარეობს ალპურ ზონაში 2000-2500 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი აშკარად შემცირებულია (1100-1000°C და ნაკლებია). ატმოსფერული ნალექების ჯამი ცივ პერიოდში შეადგენს 390-490 მმ, თბილ პერიოდში - 650-790 მმ. ბოლო წაყინვები დაიკვირვება 7.V-22.V, ხოლო პირველი წაყინვები 7.IX-15.IX. მოცემული ზონა მთლიანად ალპურ პირობებში იმყოფება. ამიტომ, აქ შესაძლებელია წარმოებული იქნას ისეთი სახეობის კულტურები, რომლებიც ნაკლებ ტემპერატურათა ჯამებს მოითხოვენ (1000-1100°C), კერძოდ, საადრეო კარტოფილი, შვრია, ქერი და ბოსტნეული კულტურები, ასევე კენკროვანები (შავი მოცხარი, ქაცვი), მეცხოველეობის ძირხვენა კულტურები და სათიბ-საძოვრები. აღნიშნული ტემპერატურათა ჯამი დაგროვდება ზღ.დონიდან 2100-2200 მ სიმაღლეებზე.

3.2 კლიმატის ცვლილება: საქართველოს აღმოსავლეთ მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური მახასიათებლები და ზონები

კლიმატის თანამედროვე გლობალურმა ცვლილებამ საქართველოს ტერიტორიაც მოიცვა, განსაკუთრებით საქართველოს აღმოსავლეთ მხარე, სადაც გამოიკვეთა ტემპერატურის მეტი მატების ტენდენცია. აღნიშნულზე მიუთითებს მრავალწლიური მეტეოროლოგიური დაკვირვებათა მონაცემების სტატისტიკური ანალიზი. კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობის პრინციპების გათვალისწინებით, სავეგეტაციო პერიოდში (ეს პერიოდი განსაზღვრავს მცენარეთა ზრდა-განვითარებას, მოსავლის ფორმირებას და პროდუქტიულობას) შეფასებული იქნა აღმოსავლეთ საქართველოს ხუთი რეგიონის - კახეთის, მცხეთა-მთიანეთის, სამცხე-ჯავახეთის, ქვემო ქართლის, შიდა ქართლის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების აგროკლიმატური მახასიათებლების ცვლილება კლიმატის გლობალურ დათბობასთან დაკავშირებით.

მითითებული მთიანი და მაღალმთიანი რეგიონების აგროკლიმატური შეფასებისათვის, გამოყენებულია და დამუშავებულია საქართველოს გარემოს ეროვნული სააგენტოს მრავალწლიური (70 წლიანი) მიმდინარე (საბაზისო) მეტეოროლოგიურ დაკვირვებათა მონაცემები - ჰაერის თვის საშუალო ტემპერატურები. ასევე, დამუშავებულია მომავლის სცენარის მონაცემები, ტემპერატურის 2°C-ით მატება (2020-2049 წწ.), რომელიც მიღებულია რეგიონალური კლიმატური მოდელით - RegCM-4 და სოციალურ-ეკონომიკური განვითარების სცენარით - A1. ყველა ზემოაღნიშნული რეგიონის ზონებში ჰაერის ტემპერატურის >10°C-ის ზევით <10°C-ის ქვევით გადასვლის თარიღის დადგენა წარმოებდა შესაბამისი განტოლებებით:

$y=-2.4x+79$ (გაზაფხულზე)
$y=3.2x-33$ (შემოდგომაზე)

განტოლებებში - y არის გაზაფხულზე და შემოდგომაზე ტემპერატურის >10°C-ის ზევით <10°C-ის ქვემოთ გადასვლის თარიღები; x - გაზაფხულზე და შემოდგომაზე ორი თვის ანუ თითოეული თვის საშუალო ტემპერატურების შეკრებილი ჯამი (გაზაფხულზე მარტი-აპრილის, შემოდგომაზე ოქტომბერ-ნოემბრის), პირველი თვის საშუალო ტემპერატურა უნდა იყოს 10°C-ზე ნაკლები, მეორე თვის - 10°C-ზე მეტი [23].

შემუშავებული სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას, ჰაერის დღეღამური თვის საშუალო ტემპერატურების დაკვირვებათა მონაცემების ანალიზისა და დამუშავების შედეგად, დადგენილი იქნა გაზაფხულზე ტემპერატურის 10°C-ის ზევით და შემოდგომაზე 10°C-ის ქვემოთ მდგრადი გადასვლის თარიღები. მიღებულ თარიღებს შორის განისაზღვრა აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები და სავეგეტაციო პერიოდის ხანგრძლივობა.

სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნორმალური განვითარება-პროდუქტიულობისათვის გამოყოფილი იქნა აგროკლიმატური ზონები ზღ.დონიდან სიმაღლეების მიხედვით, მიმდინარე (საბაზისო) და მომავლის სცენარის, ტემპერატურის 2°C-ით მატების (2020-2049 წწ.) გათვალისწინებით. აღნიშნულისათვის გამოყენებული იქნა ჰაერის საშუალო დღეღამური ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღები, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამები (>10°C) და ზღ.დონიდან სიმაღლეები (მ). დამყარებული იქნა მჭიდრო კორელაციური კავშირები, საიდანაც შედგენილი იქნა რეგრესიის განტოლებები:
$n=0.029h+55$ (1),

ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ზე გადასვლის თარიღის დადგენისათვის (საბაზისო);

$\Sigma T=-30.923n-0.57h+6085$ (2),

აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის განსაზღვრისათვის (საბაზისო);

$n=0.035h+38$ (3),

სცენარი, ტემპერატურის 2°C-ით მატება, ტემპერატურის 10°C-ზე გადასვლის თარიღის დადგენისათვის;

$\Sigma T=-44.25n-0.15h+6742$ (4),

სცენარი, ტემპერატურის 2°C-ით მატება, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის განსაზღვრისათვის.
მოცემულ განტოლებებში: ΣT - აქტიურ ტემპერატურათა ჯამია (>10°C), n - დღეთა რიცხვია 1 - თებერვლიდან ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლის დადგომის თარიღამდე; h - ზღ. დონიდან სიმაღლე (მ).

კახეთის რეგიონი

რეგიონს მნიშვნელოვანი პოტენციალი გააჩნია სოფლის მეურნეობის თვალსაზრისით. აქედან გამომდინარე, აქტუალურია განისაზღვროს თუ როგორ შეიცვლება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ნორმალური ზრდა-განვითარების აგროკლიმატური მახასიათებლები. რათა შემუშავდეს ნეგატიურად შეცვლილი ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლების გავლენისადმი შესაბამისი რეკომენდაციები. ცხრილში 3.2.1 მოცემულია კახეთის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები [24, 25, 26, 27].

ცხრილი 3.2.1 კახეთის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები
Table 3.2.1 Agroclimatic characteristics of the mountainous and highland zones of Kakheti, taking into account the baseline and scenario (temperature increase of 2°C)

ზონა/ ზღ.დონიდან სიმაღლე (მ)	მეტეო-სადგური	ჰაერის ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ჰაერის ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიური ტემპ-ის ჯამი (>10°C)
მთიანი, 802	საგარეჯო	11.IV	27.X	199	3440
მაღალმთიანი, 1880	ომალო	29.V	20.IX	114	1498
სცენარი (ტემპერატურის 2°C-ის მატება)					
მთიანი	საგარეჯო	1.IV	8.XI	221	3890
მაღალმთიანი	ომალო	22.V	29.IX	130	1748

ცხრილიდან ჩანს, რომ გაზაფხულზე ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას (სცენარით), 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღი 10 დღით ადრე იწყება, შემოდგომაზე 10°C-ის ქვემოთ გადასვლა სცენარის მიხედვით 12 დღით გვიან დაიკვირვება საბაზისოსთან შედარებით. სავეგეტაციო პერიოდი გახანგრძლივებულია 199 დღიდან 221 დღემდე, ე.ი. 22 დღით. რაც შეეხება ტემპერატურათა ჯამის ცვლილებას, 2°C-ით მატებისას აქტიურ ტემპერატურათა ჯამმა შეიძლება მოიმატოს 450°C-ით. აღნიშნული მახასიათებლებიდან გამომდინარე, მთიანი ზონისათვის შეიქმნება ხელსაყრელი პირობები სხვადასხვა სახეობის სასოფლო-სამეურნეო კულტურის განვითარებისა და გავრცელებისათვის, ნიადაგის შესაბამისი ტენიანობის შემთხვევაში [60, 61].

მაღალმთიან ზონაში გაზაფხულზე, სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას 10°C-ის ზევით გადასვლა 7 დღით ადრე იწყება, ხოლო შემოდგომაზე 10°C-ის ქვემოთ გადასვლა - 9 დღით გვიან. მაშასადამე, ვეგეტაციის პერიოდი მოსალოდნელია გახანგრძლივდეს 114 დღიდან 130 დღემდე ანუ 16 დღით. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის (>10°C) მატება მოსალოდნელია 250°C-მდე, რაც უკეთესი აღმოჩნდება აგროკულტურებისათვის, სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობისათვის და სხვა [27].

კახეთის რეგიონი ჰაერის ტემპერატურის მატების ტენდენციის პირობებში იმყოფება, სადაც ტემპერატურა საშუალოდ მომატებულია 0.5°C-ით. Aამიტომ, მოცემული რეგიონის მთიანი და მაღალმთიანი ტერიტორიისათვის გამოყოფილია აგროკლიმატური ზონები, როგორც საბაზისო ასევე, მომავლის სცენარით (2020-2049), ტემპერატურის 2°C-ის მატებით [28].

I - ზონა ვრცელდება 1000 მ-დან 1500 მ სიმაღლემდე, ზღ.დონიდან და მოიცავს მთიან ტერიტორიებს. საბაზისო აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2184°C. სცენარით, ჰაერის ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას - 2510°C. აღნიშნულ პირობებში 1300-1400 მ სიმაღლემდე შესაძლებელი იქნება ვაზის საადრეო ჯიშების გავრცელება. ასევე, შესაძლებელია გავრცელდეს ხორბლის, ქერის, კარტოფილის, ბოსტნეულის, სიმინდის კულტურები (მხოლოდ 1200-1300 მ სიმაღლეზე). მოცემული ზონაში ერთწლიანი კულტურების უკეთესი პროდუქტიულობისათვის, ცალკეულ წლებში საჭიროა ჩატარდეს ერთჯერადი მორწყვა და ნიადაგის ზედაპირის გაფხვიერება ტენის შენარჩუნებისათვის.

II - ზონა ვრცელდება ზღ.დონიდან 1500-2000 მ სიმაღლემდე და მოიცავს მაღალმთიან ტერიტორიებს. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შედაგენს 1451°C (საბაზისო). სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას - 1663°C. ატმოსფერული ნალექების ჯამი V-IX პერიოდში შეადგენს 342 მმ, აქტიური ვეგეტაციის (VI-VIII) პერიოდში - 265 მმ, ხოლო ჰიდროთერმული კოეფიციენტები - 2.4 და 2.2 ნალექების შესაბამისად. მოცემულ პირობებში შესაძლებელია საშემოდგომო ხორბლის კულტურის გავრცელება 1600-1800 მ სიმაღლეზე, ხეხილოვანების - 1500-1600 მ-მდე. ასევე, შესაძლებელია

კენკროვანების და მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენების და კულტურების გავრცელება.

III - ზონა ვრცელდება სუბალპური ზონის თითქმის ზედა საზღვრამდე, 2000 მ-დან 2500 მ სიმაღლემდე. მოცემულ მაღალმთიან ზონაში საბაზისო აქტიურ ტემპარატურათა ჯამი აშკარად შემცირებულია 2500 მ სიმაღლეზე (717°C, საბაზისო), ხოლო მომავლის სცენარით, აქტიური ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას მოსალოდნელია - 814°C. რაც კარტოფილის, ბოსტნეულის, ქერის, შვრიის, კენკროვანი კულტურების, კუნელის, უეკლო ქაცვის წარმოებისათვის, აგრეთვე მეცხოველეობის წვნიანი ძირხვენა საკვების, სათიბ-საძოვრების განვითარებისათვის არარენტაბელურია. ზღ.დონიდან 2300 მ სიმაღლეზე აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი დაახლოებით 1010°C-მდეა (საბაზისო), თუმცა ამ ტემპერატურაზეც აღნიშნული კულტურების წარმოება ნაკლებად პროდუქტიული იქნება. იმავე სიმაღლეზე (2300 მ) მომავლის სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი მოსალოდნელია 1153°C, რაც უკეთესი იქნება ამ ზონაში ზემოაღნიშნული კულტურების წარმოებისათვის. ზონა ატმოსფერული ნალექების რაოდენობით და ჰიდროთერმული კოეფიციენტების მაჩვენებლებით დამაკმაყოფილებელია.

მცხეთა-მთიანეთის რეგიონი

რთული მთაგორიანი რელიეფიდან გამომდინარე, რეგიონი ხასიათდება სხვადასხვა ტიპის კლიმატური პირობებით. რაც შესაძლებელს ხდის მარცვლეულის, ხეხილოვანების, ვაზის, ბოსტნეული კულტურების, მეფუტკრეობის, მეცხოველეობის კიდევ უფრო განვითარებას და მაღალი მოსავლის მიღებას. კლიმატის ცვლილების პირობებში, მნიშვნელოვანია მეცნიერულად დასაბუთებული გამოცდილება, იმის შესახებ შეიცვლება თუ არა მოცემული რეგიონის ტერიტორიაზე აღნიშნული კულტურების ნორმალური განვითარებისა და პროდუქტიულობის აგროკლიმატური მახასიათებლები. ამიტომ მიზანშეწონილია მათი ცვლილების გამოვლენა, უარყოფითი გავლენის მიმართ მითიგაციური ღონისძიებების შემუშავებისათვის. ცხრილში 3.2.2 მოცემულია მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები [29].

ცხრილი 3.2.2 მცხეთა-მთიანეთის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები
Table 3.2.2 Agroclimatic characteristics of Mtskheta-Mtianeti mountainous and highland zones taking into account the baseline and scenario (temperature increase of 2°C)

ზონა/ ზღ.დონიდან სიმაღლე (მ)	მეტეო-სადგური	ჰაერის ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ჰაერის ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიური ტემპ-ის ჯამი (>10°C)
მთიანი, 922	დუშეთი	18.IV	20.X	185	3095
მაღალმთიანი, 1744	ყაზბეგი	21.V	22.IX	124	1628
სცენარი (ტემპერატურის 2°C-ის მატება)					
მთიანი	დუშეთი	9.IV	31.X	205	3581
მაღალმთიანი	ყაზბეგი	12.V	1.X	142	2088

ცხრილის მიხედვით, მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის მთიან ზონაში ვეგეტაციის პერიოდი გახანგრძლივებულია 185 დღიდან 205 დღემდე ანუ 20 დღით. ვეგეტაციის გახანგრძლივებული დღეები, გაზაფხულზე 9 დღე და შემოდგომაზე 11 დღე დაეხმარება აგროფერმერებს ხელსაყრელ პირობებში ჩაატარონ აგროტექნიკით გათვალისწინებული სასოფლო-სამეურნეო საგაზაფხულო და საშემოდგომო სამუშაოები. უნდა აღინიშნოს ასევე, აქტიური ტემპერატურის ჯამის მატების ტენდენცია, სცენარიდან (2°C-ით მატებისას) გამომდინარე, სადაც აქტიურ ტემპერატურათა ჯამის მატება შეადგენს 486°C. მთიანი ზონისათვის ასეთი ტემპერატურის ჯამი (>10°C) ხელსაყრელი აღმოჩნდება მცენარეთა განვითარება-გავრცელებისათვის, შესაბამისი ტენიანობის შემთხვევაში [30].

მაღალმთიან ზონაში ცხრილის ანალიზიდან გამომდინარე, გაზაფხულზე სცენარის მიხედვით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას, ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ზე ზევით გადასვლა 9 დღით ადრე იწყება, ხოლო შემოდგომაზე 10°C-ზე ქვემოთ გადასვლა 9 დღით გვიან. მაშასადამე, ვეგეტაციის პერიოდი მაღალმთიან ზონაში საკმაოდ შეცვლილია. იგი გახანგრძლივებულია 124 დღიდან 142 დღემდე ანუ 18 დღით. ასევე, მომატებულია ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 460°C-ით. ეს ტემპერატურა დადებითად აისახება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებაზე, შესაბამისი ტენიანობის პირობებში, რადგან მაღალმთიან პირობებში მცენარეულობა სითბოს ნაკლებობას განიცდიან. ზემოაღნიშნული გახანგრძლივებული ვეგეტაციის პერიოდის 18

დღე, აქედან გაზაფხულზე 9 დღე ვეგეტაციის ადრე დაწყების შესაძლებლობას იძლევა სათიბ-საძოვარი ბალახებისათვის. მოცემულ ზონაში წარმატებით შეიძლება ქერის, შვრიის წარმოება, ბოსტნეულისა და კენკროვანი კულტურების გავრცელება.

მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის მთიან და მაღალმთიან ტერიტორიაზე ვერტიკალური ზონების გამოყოფის მიზნით, სადაც შესაძლებელია შესაბამისი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელება, გამოყოფილია აგროკლიმატური ზონები [31, 62, 63, 64].

I - ზონა მოიცავს მთიან ტერიტორიებს და ვრცელდება 1000 მ-დან 1500მ სიმაღლემდე, ზღ.დონიდან. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C) საშუალოდ შეადგენს 2184°C, ხოლო სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას - 2512°C. ამ ზონის ტემპერატურული მახასიათებლებიდან გამომდინარე, 1200-1300 მ სიმაღლემდე შესაძლებელია საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბალის, ქერის, კარტოფილის, სიმინდის და ბოსტნეული კულტურების გავრცელება. ასევე, პერსპექტიულია 1300-1400 მ სიმაღლემდე ვაზის საადრეო ჯიშების გავრცელება.

ატმოსფერული ნალექები რაოდენობა სავეგეტაციო პერიოდში დამაკმაყოფილებელია მითითებული კულტურების განვითარება-პროდუქტიულობისათვის.

II - ზონა ვრცელდება 1500 მ-დან 2000 მ სიმაღლემდე ზღ.დონიდან და მოიცავს მაღალმთიან ტერიტორიებს. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C) რამდენადმე შემცირებულია და შეადგენს 1451°C (საბაზისო), ხოლო სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას - 1663°C. მოცემული ტემპერატურების პირობებში შეზღუდულია ვაზისა და სამარცვლე სიმინდის გავრცელება. ატმოსფერული ნალექების ჯამი სავეგეტაციო პერიოდში დაიკვირვება საშუალოდ 476 მმ, ხოლო აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII) საშუალოდ - 356 მმ. ზონაში მოცემული ნალექები მაღალმთიანი ზონისათვის დამაკმაყოფილებელია. ამ ზონაში შესაძლებელია საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბლის გავრცელება 1600-1800 მ და მეტ სიმაღლემდე, საადრეო ხეხილოვანების. ასევე, კენკროვანების და მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენების გავრცელება.

III - ზონა ვრცელდება 2000 მ-დან 2500 მ სიმაღლემდე ზღ.დონიდან. იგი თითქმის სუბალპური ზონის ზედა საზღვარს მოიცავს. ამ ზონაში 2500 მ სიმაღლეზე აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C) მნიშვნელოვნად შემცირებულია (717°C, საბაზისო). სცენარის მიხედვით, იგი აღწევს 814°C. ასეთი ტემპერატურის პირობებში ქერის, შვრიის, კარტოფილის, ბოსტნეულის, კენკროვანების და მეცხოველეობის ძირხვენა საკვები კულტურების განვითარება და პროდუქტიულობა შეზღუდული და არარენტაბელურია. მომავლის სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას აქტიური ტემპერატურის ჯამი (>10°C) 2300 მ სიმაღლეზე შეადგენს 1153°C, რაც შედარებით ხელსაყრელ პირობებს უქმნის აღნიშნულ კულტურებს

განვითარებისათვის. ზონაში ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა დამაკმაყოფილებელია.

სამცხე-ჯავახეთის რეგიონი

სამცხე-ჯავახეთი რთული ოროგრაფიული პირობებით ხასიათდება. რეგიონის ნიადაგურ-კლიმატური პირობები 800 მ-დან 1400 მ სიმაღლემდე ხელსაყრელია მარცვლეულის, ხეხილოვანების, ბოსტნეულის, საადრეო ვაზის და სხვა კულტურების განვითარებისათვის. აღნიშნული სიმაღლის ზევით 1400-1500 მ-დან 2000 მ და მეტ სიმაღლეზე მითითებული კულტურების წარმოება და პროდუქტიულობა შეზღუდულია, მათი განვითარებისათვის. მაღალმთიან რეგიონებში ტემპერატურის, როგორც განვითარების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორის ნაკლებობა აშკარადაა გამოხატული. ასეთ პირობებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების აგროკლიმატურ მახასიათებლებს პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს. ცხრილში 3.2.3 მოცემულია სამცხე-ჯავახეთის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები [32, 33, 34, 35].

ცხრილი 3.2.3 სამცხე-ჯავახეთის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები
Table 3.2.3 Agroclimatic characteristics of mountainous and highland zones of Samtskhe-Javakheti, taking into account the baseline and scenario (temperature increase of 2°C)

ზონა/ ზღ.დონიდან სიმაღლე (მ)	მეტეო-სადგური	ჰაერის ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ჰაერის ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიური ტემპ-ის ჯამი (>10°C)
მთიანი, 982	Aახალციხე	8.IV	25.X	200	3412
მთიანი, 1716	ახალქალაქი	4.V	11.X	160	2125
მაღალმთიანი, 2100	ფარავანი (ნინოწმინდა)	1.VI	26.IX	117	1292

სცენარი (ტემპერატურის 2°C-ის მატება)					
მთიანი	ახალციხე	21.IV	15.X	177	2959
მთიანი	ახალქალაქი	18.V	29.IX	134	1875
მაღალმთიანი	ფარავანი (ნინოწმინდა)	12.VI	14.IX	94	1192

მთიან ზონაში გაზაფხულზე, 2°C-ით მატებისას (სცენარი) 10°C-ზე გადასვლის თარიღი 13 დღით ადრე იწყება, შემოდგომაზე კი 10°C-ის ქვემოთ გადასვლა 10 დღით გვიან წყდება, საბაზისოსთან შედარებით. სავეგეტაციო პერიოდი გახანგრძლივებულია 177 დღიდან 200 დღემდე ანუ 23 დღით. აღნიშნული დღეები გაზაფხულზე (13 დღე), შემოდგომაზე (10 დღე) ხელს შეუწყობს სოფლის მეურნეობის მუშაკებს საგაზაფხულო და საშემოდგომო სამუშაოების ორგანიზებულად ჩატარებაში. მომატებულია ასევე, აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C) - 447°C, რომელიც სასარგებლოა ნაყოფების სრულფასოვანი მომწიფებისათვის. Aატმოსფერული ნალექების მაჩვენებლები სავეგეტაციო პერიოდში რამდენადმე დამაკმაყოფილებელია, თუმცა აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში არასაკმარისია მცენარეების შეუფერხებელი განვითარებისათვის. აღნიშნულ პერიოდში საჭირო იქნება ნიადაგში ტენიანობის გაზრდა.

მაღალმთიან ზონაში გაზაფხულზე ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლა 14 დღით ადრე იწყება, 1716 მ სიმაღლეზე, ხოლო უფრო მაღლა 11 დღით ადრე 2100 მ სიმაღლეზე. შემოდგომაზე, ტემპერატურის 10°C-ის ქვემოთ გადასვლა 12 დღით გვიან მთავრდება 1716 მ სიმაღლეზე, უფრო მაღლა 12 დღით გვიან 2100 მ სიმაღლეზე. მაშასადამე, ვეგეტაციის პერიოდი გახანგრძლივებულია 134 დღიდან 160 დღემდე, 1716 მ სიმაღლეზე, უფრო მაღლა 94 დღიდან 117 დღემდე, 2100 მ სიმაღლეზე. მაღალმთიან ზონაში გახანგრძლივებული დღეები (23-26 დღე) ხელსშეუწყობს აგროფერმერებს ეფექტურად ჩაატარონ საგაზაფხულო და საშემოდგომო სამუშაოები. ჰაერის ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას, მომატებულია აქტიური ტემპერატურის ჯამი - 250°C (1716 მ სიმაღლეზე), უფრო მაღლა - 100°C (2100 მ სიმაღლეზე). მომატებული ტემპერატურები მცირეა, მაგრამ მას მაღალმთიანი ზონის პირობებში მნიშვნელოვანი წლილის შეტანა შეუძლია მარცვლეულის, ბოსტნეულის, კენკროვანების, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენა კულტურების და სათიბ-საძოვარი ბალახების განვითარებაში.

მოცემული რეგიონის ტერიტორიაზე გამოყოფილია აგროკლიმატური ზონები, სადაც შესაძლებელი იქნება შესაბამისი პერსპექტიული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელება [65, 66, 67, 68].

I - ზონა მოიცავს მთიან ტერიტორიებს ზღ.დონიდან 800-1000 მ და ოდნავ მეტ სიმაღლეზე. აქტიური ტემპერატურის ჯამი (>10°C) შეადგენს 2917°C (საბაზისო), ხოლო სცენარით, ჰაერის ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას - 3362°C.

მოცემული ტემპერატურის პირობებში შეიძლება გავრცელდეს ვაზის საგვიანო ჯიშები 1000-1100 მ და ოდნავ მეტ სიმაღლეზე, საადრეო ჯიშები - 1300-1400 მ სიმაღლემდე (ხეხილოვანი, მარცვლეული, ბოსტნეული და კენკროვანი კულტურები). სავეგეტაციო პერიოდში ზონა ნაკლებადაა უზრუნველყოფილი ატმოსფერული ნალექებით, განსაკუთრებით აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII).

II - ზონა ვრცელდება 1000 მ-დან 1500 მ სიმაღლემდე, ზღ.დონიდან. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C) აღწევს 2184°C, სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას - 2512°C. აღნიშნული ტემპერატურების პირობებში შეიძლება გავავრცელოთ საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბალი, შვრია, ჭვავი, სამარცვლე სიმინდი (1200-13000 მ სიმაღლემდე), ხეხილოვანები, კენკროვანი და ბოსტნეული კულტურები. მოცემულ ზონაში კულტურების ტენით უზრუნველყოფა ძირითადად უნდა მოხდეს გვალვების შემთხვევაში.

III - ზონა ვრცელდება ზღ.დონიდან 1500-2000 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C) რამდენადმე შემცირებულია და შეადგენს 1451°C (საბაზისო), ხოლო სცენარით ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას - 1663°C. ამ ზონაში შეზღუდულია შედარებით სითბოსმოყვარული (ვაზი, სამარცვლე სიმინდი, საგვიანო ხეხილოვანები) კულტურების განვითარება-გავრცელება. მოცემულ ზონაში შეიძლება ხორბლეულის გავრცელება 1600-1800 მ და მეტ სიმაღლეზე, საადრეო ხეხილოვანების 1500-1600 მ-მდე, კენკროვანების 1800-2000 მ და მეტ სიმაღლეზე. ასევე, შესაძლებელია მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენების გავრცელება. აღნიშნული კულტურები, განსაკუთრებით აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII) მოითხოვს ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფას სასურველი რაოდენობის და ხარისხის მოსავლის მიღებისათვის.

IV - ზონა ვრცელდება 2000 მ-დან 2500 მ სიმაღლემდე. ამ უკანასკნელის სიმაღლეზე ტემპერატურის ჯამი (>10°C) აშკარად შემცირებულია. მოცემულ ზონაში ზემოაღნიშნული კულტურების პროდუქტიულობა შეზღუდული და არარენტაბელური იქნება. სცენარის მიხედვით, 2°C-ით მატებისას 2300 მ სიმაღლეზე აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი აღწევს 1153°C, ამ პირობებშიც შედარებით უკეთესი იქნება აღნიშნული კულტურების განვითარება-გავრცელება.

ქვემო ქართლის რეგიონი

ქვემო ქართლის რეგიონი იმყოფება ნაწილობრივ მთიან და მაღალმთიან პირობებში. იგი მნიშვნელოვანი რეგიონია სასოფლო-სამეურნეო თვალსაზრისით. არსებული ნიადაგურ-კლიმატური პირობებიდან გამომდინარე, აწარმოებენ სხვადასხვა სახის მარცვლეულს, ვაზს, ხეხილოვანებს, ბოსტნეულ-ბაღჩეულს, ეთერზეთოვან ტექნიკურ, ზოგიერთ

მშრალ სუბტროპიკულ და სხვა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებს. კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე, მნიშვნელოვანია შეფასდეს რეგიონის ტერიტორიაზე აგროკლიმატური მახასიათებლები, რასთანაც პირდაპირ კავშირშია ზემოაღნიშნული კულტურების ნორმალური განვითარება და პროდუქტიულობა. საჭიროა ამ ცვლილების გამოვლენა, აგროკლიმატური მახასიათებლების ნეგატიური გავლენის მიმართ შესაბამისი რეკომენდაციების შესამუშავებლად. ცხრილში 3.2.4 მოცემულია ქვემო ქართლის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები [69, 70, 71].

ცხრილი 3.2.4 ქვემო ქართლის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები

Table 3.2.4 Agroclimatic characteristics of mountainous and highland zones of Kvemo Kartli, taking into account the baseline and scenario (temperature increase of 2°C)

ზონა/ ზღ.დონიდან სიმაღლე (მ)	მეტეო-სადგური	ჰაერის ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ჰაერის ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიური ტემპ-ის ჯამი (>10°C)
მთიანი, 1256	დმანისი	30.IV	13.X	166	2599
მაღალმთიანი, 1464	წალკა	12.V	30.IX	141	1999
სცენარი (ტემპერატურის 2°C-ის მატება)					
მთიანი	დმანისი	22.IV	22.X	183	2949
მაღალმთიანი	წალკა	1.V	12.X	164	2349

ცხრილის მიხედვით, მთიან ზონაში გაზაფხულზე, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას 10°C-ის ზევით გადასვლის თარიღი 8 დღით ადრე იწყება, ხოლო შემოდგომაზე 10°C-ის ქვემოთ გადასვლა 9 დღით გვიან წყდება საბაზისოსთან შედარებით. აქედან გამომდინარე, სავეგეტაციო პერიოდი გახანგრძლივებულია 166 დღიდან 183 დღემდე ანუ 17 დღით. მოცემულ ზონაში, გახანგრძლივებული დღეები (17 დღე), ხელშემწყობია გაზაფხულზე და შემოდგომაზე აგროტექნიკით გათვალისწინებული სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოების

ორგანიზებულად და ეფექტურად ჩასატარებლად. ზონაში ასევე, მომატებულია აქტიური ტემპერატურის ჯამი (>10°C) 350°C-ით. რაც შესაძლებელია სასარგებლო აღმოჩნდეს მცენარეთა განვითარება-გავრცელებისათვის ნიადაგის შესაბამისი ტენიანობის პირობებში.

მაღალმთიან ზონაში, გაზაფხულზე სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას, ჰაერის ტემპერატურის 10°C-ის ზევით გადასვლა 11 დღით ადრე იწყება, შემოდგომაზე 10°C-ის ქვემოთ გადასვლა 12 დღით გვიან მთავრდება. სავეგეტაციო პერიოდი გახანგრძლივებულია - 141 დღიდან 164 დღემდე ანუ 23 დღით. ასევე, მომატებულია ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას აქტიური ტემპერატურის ჯამი (>10°C) 350°C-ით. ეს ნამატი ტემპერატურის ჯამი გააუმჯობესებს სასოფლო-სამეურნეო კულტურების განვითარებასა და პროდუქტიულობას [36, 37, 38].

ქვემო ქართლის რეგიონის ტერიტორიაზე, ვერტიკალური ზონების გამოყოფის მიზნით, სადაც შეიძლება გავრცელებული იქნას შესაბამისი პერსპექტიული სასოფლო-სამეურნეო კულტურები გამოყენებულია თავში 4.2 მოცემული რეგრესიის განტოლებები. მოცემული განტოლებებით გათვალისწინებულია მომავლის სცენარი (2020-2049 წწ.), ტემპერატურის 2°C-ით მატება და საბაზისოსთან ერთად, შედარებისათვის გამოყოფილია შესაბამისი აგროკლიმატური ზონები [39, 40].

I - ვრცელდება ზღ.დონიდან 1000-1500 მ სიმაღლემდე. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი შეადგენს 2184°C (საბაზისო), ხოლო სცენარით, 2°C-ით მატებისას - 2512°C. ამ უკანასკნელი ტემპერატურის პირობებში შესაძლებელია გავრცელებული იქნას მარცვლეული კულტურები (საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბალი, ქერი, შვრია), კარტოფილი, სიმინდი, 1200-1300 მ სიმაღლემდე, ბოსტნეული, საადრეო ხეხილოვანები, ვაზის ჯიშები: საგვიანო ჯიშები 1100-1200 მ სიმაღლემდე, საადრეო - 1300-1400 მ სიმაღლემდე. სავეგეტაციო პერიოდში ატმოსფერული ნალექები შეადგენს 460 მმ, ხოლო აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII) - 234 მმ. მოცემული მახასიათებლები დამაკმაყოფილებელია აღნიშნული კულტურების განვითარებისა და პროდუქტიულობისათვის. თუმცა, გვალვების შემთხვევაში, მოსავლის შენარჩუნებისათვის საჭირო იქნება ნიადაგში ტენის რაოდენობის გაზრდა.

II - ზონა ვრცელდება 1500 მ-დან 2000 მ სიმაღლემდე, რომელიც მოიცავს მაღალმთიან ტერიტორიებს. აქტიური ტემპერატურის ჯამი შემცირებულია 1451°C-მდე (საბაზისო), ხოლო ტემპერატურის სცენარით, 2°C-ით მატებისას შეადგენს 1663°C. ასეთი ტემპერატურების პირობებში შეზღუდულია სამარცვლე სიმინდის და ვაზის გავრცელება. შეიძლება საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბლის გავრცელება 1600-1800 მ სიმაღლემდე, ქერისა და შვრიის კულტურების გავრცელება უფრო მაღალ სიმაღლეზე, საადრეო ხეხილოვანების 1500-1600 მ სიმაღლემდე. ასევე, შესაძლებელია კენკროვანების და მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენების გავრცელება და სათიბ-საძოვარი

ბალახების განვითარება. ატმოსფერული ნალექები რამდენადმე დამაკმაყოფილებელია, მაგრამ გვალვების შემთხვევაში მცენარეებისათვის საჭირო იქნება ტენით უზრუნველყოფა.

III - ზონა ვრცელდება 2000 მ-დან 2500 მ სიმაღლემდე ზღ.დონიდან. აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი (>10°C) შემცირებულია 717°C-მდე (საბაზისო), ხოლო სცენარით, 2°C-ით მატებისას ტემპერატურის ჯამი შეადგენს 814°C. ასეთი ტემპერატურების პირობებში, ერთწლიანი და კენკროვანი კულტურების განვითარება და პროდუქტიულობა საკმაოდ შეზღუდულია. 2300 მ სიმაღლეზე სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას, აქტიური ტემპერატურის ჯამი შედარებით მაღალია - 1153°C. აქ შესაძლებელი იქნება ბოსტნეულის, კარტოფილის, ქერის, შვრიის, კენკროვანების, მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენების და საძოვრების განვითარება. მოცემულ ზონაში არსებული ნალექები, თუ მომავალში შენარჩუნდება დამაკმაყოფილებელი იქნება მცენარეებისათვის.

შიდა ქართლის რეგიონი

შიდა ქართლის რეგიონს საქართველოს სოფლის მეურნეობის განვითარებაში, პროდუქტების წარმოებით მნიშვნელოვანი წვლილი შეაქვს. გააქტიურებული კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე, მნიშვნელოვანია განისაზღვროს თუ როგორ შეიცვლება მოცემული რეგიონის ტერიტორიაზე დღემდე არსებული ზემოაღნიშნული კულტურების ნორმალური განვითარების აგროკლიმატური მახასიათებლები. ცხრილში 3.2.5 მოცემულია შიდა ქართლის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები [41, 42, 43].

ცხრილი3.2.5 შიდა ქართლის მთიანი და მაღალმთიანი ზონების საბაზისო და სცენარის (ტემპერატურის 2°C-ის მატება) გათვალისწინებით აგროკლიმატური მახასიათებლები
Table 3.2.5 Agroclimatic characteristics of the mountainous and highland zones of Shida Kartli, taking into account the baseline and scenario (temperature increase of 2°C)

ზონა/ ზღ.დონიდან სიმაღლე (მ)	მეტეო-სადგური	ჰაერის ტემპ-ის >10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ჰაერის ტემპ-ის <10°C-ზე გადასვლის თარიღი	ვეგეტაციის პერიოდის ხანგრძლივობა (დღე)	აქტიური ტემპ-ის ჯამი (>10°C)

მთიანი, 690	ხაშური	18.IV	20.X	185	3143
მაღალმთიანი, 1124	ჯავა	29.IV	12.X	166	2593
სცენარი (ტემპერატურის 2°C-ის მატება)					
მთიანი	ხაშური	6.IV	31.X	208	3637
მაღალმთიანი	ჯავა	20.IV	22.X	185	2943

ცხრილის ანალიზდან გამომდინარე, მთიან ზონაში, გაზაფხულზე სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას 10°C-ზე ზევით გადასვლის თარიღი 12 დღით ადრე იწყება, ხოლო შემოდგომაზე 10°C-ის ქვემოთ გადასვლა 11 დღით გვიან მთავრდება, საბაზისოსთან შედარებით. მაშასადამე, მთიან ზონაში ვეგეტაციის პერიოდი გახანგრძლივებულია 185 დღიდან 208 დღემდე ანუ 23 დღით. ასევე, იცვლება აქტიურ ტემპერატურათა ჯამი 10°C-ის ზევით. სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას შეადგენს 494°C. აღნიშნულიდან გამომდინარე, მთიანი ზონისათვის, საკმაოდ ხელსაყრელი აგროკლიმატური პირობები შეიქმნება მცენარეთა განვითარებისა და გავრცელებისათვის, იმ შემთხვევაში თუ ნიადაგი შესაბამისად იქნება ტენით უზრუნველყოფილი.

მაღალმთიან პირობებში, გაზაფხულზე, ჰაერის ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას ტემპერატურის 10°C-ზე ზევით გადასვლა 9 დღით ადრე იწყება, ხოლო შემოდგომაზე 10°C-ის ქვემოთ გადასვლა 10 დღით გვიან მთავრდება. ვეგეტაციის პერიოდი გახანგრძლივებულია 166 დღიდან 185 დღემდე ანუ 19 დღით. აღნიშნული გახანგრძლივებული დღეების პირობებში, გაზაფხულზე 9 დღით, შემოდგომაზე 10 დღით, საშუალებას იძლევა ჩატარდეს სხვადასხვა სახის სასოფლო-სამეურნეო სამუშაოები [44, 45].

შიდა ქართლის რეგიონის ტერიტორიაზე, ვერტიკალური ზონების გამოყოფის მიზნით, სადაც შეიძლება გავრცელებული იქნას შესაბამისი პერსპექტიული სასოფლო-სამეურნეო კულტურები გამოყენებულია თავში 4.2 მოცემული რეგრესიის განტოლებები. მოცემული განტოლებებით გათვალისწინებულია მომავლის სცენარი (2020-2049 წწ.), ტემპერატურის 2°C-ით მატება და საბაზისოსთან ერთად, შედარებისათვის გამოყოფილია შესაბამისი აგროკლიმატური ზონები [72, 73].

I - ზონა მოიცავს მთიან ტერიტორიებს და ვრცელდება 1000-1500 მ სიმაღლემდე. მოცემულ ზონაში რამდენადმე შეზღუდულია ვაზის, სამარცვლე სიმინდის და საგვიანო ხეხილოვანი კულტურების განვითარება-გავრცელება. აქ შესაძლებელია საშემოდგომო და საგაზაფხულო ხორბლის გავრცელება. Aასევე, საადრეო ხეხილოვანების და კენკროვანი კულტურების გავრცელებაც. აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში (VI-VIII), ძირითადად გვალვების შემთხვევაში

მცენარეები საჭიროებენ ფესვთა სისტემისათვის ნიადაგის ტენით უზრუნველყოფას.

II - ზონა მოიცავს მაღალმთიან ტერიტორიებს და ვრცელდება 1500 მ-დან 2000 მ სიმაღლემდე. აქტიური ტემპერატურის ჯამი 10°C-ის ზევით შემცირებულია და შეადგენს 1451°C (საბაზისო), ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას 1663°C. მოცემულ ზონაში შესაძლებელია ხორბლეულის (საშემოდგომო და საგაზაფხულო), ქერის, ჭვავის, შვრიის განვითარება-გავრცელება 1600-1800 მ და მეტ სიმაღლეზე, ბოსტნეულის, კარტოფილის, საადრეო ხეხილოვანების 1500-1600 მ სიმაღლემდე, კენკროვანების - 1800-2000 მ და მეტ სიმაღლემდე, ბოსტნეულის, კარტოფილის, ასევე მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენების განვითარება-გავრცელება. ატმოსფერული ნალექების რაოდენობა სავეგეტაციო პერიოდში (V-IX) დამაკმაყოფილებელია. აქტიური ვეგეტაციის პერიოდში, გვალვების შემთხვევაში საჭირო იქნება მითითებული კულტურების ტენით უზრუნველყოფა.

III - ზონა მოიცავს მაღალმთიანი ზონის ტერიტორიებს და ვრცელდება 2000 მ-დან 2500 მ სიმაღლემდე. ამ უკანასკნელ სიმაღლეზე ზემოაღნიშნული კულტურების განვითარება-გავრცელება არარენტაბელურია, აქტიური ტემპერატურების ჯამის ნაკლებობის გამო. მომავლის სცენარით, ტემპერატურის 2°C-ით მატებისას აქტიური ტემპერატურის ჯამი 2300 მ სიმაღლეზე რამდენადმე ხელსაყრელია და შეადგენს 1153°C. ასეთ პირობებში ქერის, შვრიის, ბოსტნეულის, კენკროვანების, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენების, ასევე სათიბ-საძოვრების განვითარება-გავრცელება რენტაბელურია.

3.3 საქართველოს მაღალმთიან აგროკლიმატურ პირობებში ალტერნატიული მიწათმოქმედება მდგრადი განვითარებისათვის (სამხრეთ საქართველოს მაგალითზე)

ორგანული მიწათმოქმედების მსოფლიო პრაქტიკა

XX საუკუნის მიწურულს კაცობრიობამ მდგრადი განვითარების იდეები აღიარა ჩვენი პლანეტის გადარჩენის ერთადერთ რეალურ გზად. ჩვენი და მომავალი თაობის კეთილდღეობა და უფრო მეტიც, არსებობა დამოკიდებულია იმაზე, თუ რამდენად ჰარმონიული ურთიერთობა გვექნება ბუნებასთან. კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა გარდა არსებული აგროკლიმატური რესურსების ეფექტურად მართვისა, გულისხმობს მდგრადი განვითარების შესაძლებლობების მაქსიმალურ გამოვლენას. თანამედროვე ეტაპზე განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია სოფლის მეურნეობის მდგრადი

განვითარების პრინციპების უზრუნველყოფა, რომელიც ითვალისწინებს ხანგრძლივი პერიოდით მოსახლეობის მომარაგებას ეკოლოგიურად სუფთა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებით. ასევე, ითვალისწინებს გარემოს დაცვას, მის შენარჩუნებას და განვითარებას. არსებული ეკოლოგიური მდგომარეობიდან გამომდინარე, მთიან და მაღალმთიან პირობებში ალტერნატიული გზა არის ორგანული მიწათმოქმედების განვითარება. ეკოლოგიურად უსაფრთხო სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებზე გაზრდილმა მოთხოვნილებამ ალტერნატიული მიწათმოქმედებისადმი განსაკუთრებული ინტერესი გამოიწვია. ორგანული მიწათმოქმედების გლობალური განვითარება გარემოს დაცვაზე ორიენტირებული გარდაქმნის ერთ-ერთი მძლავრი ბერკეტია, რომელსაც მდგრადი განვითარების ტენდენცია ახასიათებს. აღნიშნულმა სისტემამ ეკოლოგიური თვალსაზრისით, განავითარა უვნებელი და მდგრადი სასოფლო-სამეურნეო კვლევის მეთოდები და პრინციპები. იგი ითვალისწინებს დღევანდელი და მომავალი თაობებისათვის უსაფრთხო, სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოებას, რასაც მინიმუმამდე დაჰყავს გვერდითი მოვლენები.

ორგანული მიწათმოქმედება, რომელმაც მთელი მსოფლიო მოიცვა, გასული საუკუნის დასაწყისში, სხვადასხვა ეკოლოგიურ მოძრაობათა საფუძველზე წარმოიშვა. ჯერ კიდევ XX საუკუნის დასაწყისში ევროპელი მეცნიერები და ფილოსოფოსები გამოთქვამდნენ მოსაზრებებს უსასუქო და უქიმიკატო მიწათმოქმედების შესახებ, მაგრამ მასიური მოძრაობა ორგანული მეურნეობების შექმნისათვის დაიწყო მხოლოდ 70-80-იან წლებში. ევროპაში XIX-XX საუკუნეების მიჯნაზე მეცნიერებისა და ქიმიური მრეწველობის განვითარებას სოფლის მეურნეობაში, ხელოვნური (ქიმიური) სასუქებისა და შხამქიმიკატების დანერგვა მოჰყვა. რამაც გაზარდა მოსავლიანობა და შეამცირა შრომატევადობა. ამ დროისათვის ევროპაში სასოფლო-სამეურნეო პროდუქციაზე მოთხოვნილება გაზრდილი იყო და ამდენად, ეს ერთი შეხედვით პრობლემას წყვეტდა, მაგრამ შენიშნეს, რომ ქიმიური სასუქი ნიადაგს ფიტავდა და ყოველ მომდევნო წელს იგი მზარდი რაოდენობით უნდა შეეტანათ, რაც გლეხს დამოკიდებულს ხდიდა ქიმიურ წარმოებაზე; უფრო მეტი ახალი მავნებელი და დაავადება ჩნდებოდა, რომლებიც რეზისტენტული ხდებოდნენ ქიმიური სასუქის მიმართ, ეს კი დოზის მომატებას საჭიროებდა. ასევე, იგი იწვეწვდა ადამიანის სხვადასხვა სახის დაავადებას და მავნე გავლენას ახდენდა გარემოზე. აღნიშნულის შესწავლის საფუძველზე, რ.შტაინერმა ჩამოაყალიბა ე.წ. ბიოდინამიური მეურნეობრიობის ძირითადი საფუძვლები, ხოლო ჰ.მიულერმა დასაბამი დაუდო ბიოორგანულ მიწათმოქმედებას. მან შეიმუშავა ბიოორგანული მეურნეობრიობის საფუძვლები, რომლის ძირითადი არსი მდგომარეობდა იმაში, რომ გლეხურ მეურნეობას, საკუთარი დამოუკიდებლობით, მიეღწია მდგრადი განვითარებისათვის. ევროპაში, გასული საუკუნის ბოლოს, აგრარულ სფეროში შექმნილი პრობლემების გადაჭრის ერთ-ერთი მცდელობა იყო ფრანგული ინტენსიური მეთოდი. 1920-60

წლებში ა.ჩედვიკმა გააერთიანა ფრანგული ინტენსიური და ბიოდინამიური მეთოდები. მეურნეობრიობის ასეთი ტიპი დღეს ცნობილია, როგორც ბიოინტენსიური. 1974 წელს ბ.მოლისონმა და დ.ჰოლმგრენმა შეიმუშავეს ეკოლოგიურად მიზანშეწონილი სოფლის მეურნეობის სისტემა, რომელიც ძირითადად ეფუძვნება მრავალწლიანი კულტურების მრავალფეროვნებას (,,პერმაკულტურა''). ეს არის სისტემა, რომელიც საშუალებას იძლევა დედამიწაზე ვიარსებოთ შედარებით უვნებელი ენერგიის გამოყენებით, რომელიც ბუნებრივ მოძრაობაშია. ყველა აღნიშნული მიწათმოქმედების მიმართულება გულისხმობს: გარემოს დაცვას, აგროეკოსისტემებში ნივთიერებების წრებრუნვის და ენერგიის გადატანის გააქტიურებას, ნიადაგის ნაყოფიერების ამაღლებას, წარმოებული პროდუქციის ხარისხის გაუმჯობესებას, მის გარანტირებულ რაოდენობას და აგროეკოსისტემების მდგრადობის უზრუნველყოფას [46].

გასული საუკუნის 80-იანი წლების ბოლოს ეკოლოგიურად სუფთა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტზე გაზრდილმა მოთხოვნილებამ გამოიწვია ალტერნატიული მიწათმოქმედებისადმი განსაკუთრებული ინტერესი. დასავლეთის მთელ რიგ ქვეყნებში მან მიიღო ,,სოფლის მეურნეობის გადარჩენის" სახელწოდება. 1972 წელს ვერსალში (საფრანგეთი) შეიქმნა ორგანული მიწათმოქმედების საერთაშორისო ორგანიზაცია (IFOAM), სადაც გაერთიანდნენ მეცნიერ-აგრარიკოსები, რომლებიც თვლიან, რომ რომ ორგანული მიწათმოქმედებაა ის სისტემა, რომელიც ეფუძვნება თანამედროვე მეცნიერულ მიღწევებს და ხანგრძლივი დროის განმავლობაში უზრუნველყოფს მოსახლეობას ჯანმრთელი სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტებით. IFOAM-ის მთავარი ფუნქციაა მსოფლიოს ორგანული მოძრაობების კოორდინირება.

თანამედროვე ეტაპზე არსებობს ორგანული მიწათმოქმედების მსოფლიო პრაქტიკა, რომლის ერთ-ერთ ლიდერად შვეიცარია ითვლება. აქ პირველი ბიოდინამიური და ორგანული ფერმები გასული საუკუნის 30-40-იან წლებში გაჩნდა. ორგანულ მეურნეობათა საერთო ფართი მთელი სასოფლო-სამეურნეო ფართობის 8,9%-ია. ორგანული ფერმების კონცენტრაცია გეოგრაფიული მდებარეობის მიხედვით იცვლება. საერთო რაოდენობის 20% ბარშია, 11% მთაგორიან ნაწილში და 69% ალპურ ზონაში. 90-იანი წლებიდან შვეიცარიაში დაიწყო ორგანულ მეურნეობათა რაოდენობის ინტენსიური ზრდა, რასაც ძირითადად სამი ფაქტორი განაპირობებს: 1. მომხმარებელი არჩევს ჯანმრთელი პროდუქციის შეძენას; 2. სახელმწიფო გამოყოფს სუფსიდიებს ორგანული ფერმების დასახმარებლად; 3. ორგანული პროდუქცია გამოჩნდა სუპერმარკეტების ორ მთავარ ქსელში: ,,Coop" და ,,Migros."

ორგანული მიწათმოქმედების მსოფლიო პრაქტიკაში ფიგურირებს ამერიკის შეერთებული შტატები, სადაც ალტერნატიული მიწათმოქმედება განიხილება, როგორც სახელმწიფო პოლიტიკის შემადგენელი ნაწილი, რომლის მეთოდებიც უზრუნველყოფს ბუნებრივი რესურსების რაციონალურ

გამოყენებას, ხოლო შემუშავებული კანონთა კრებული იცავს მომხმარებელს და ბუნებას ჭარბი ქიმიკატებისაგან. ორგანული მიწათმოქმედების ეფექტურობის შემფასებელ ექსპერტთა დასკვნაში ნათქვამი იყო, რომ ,,ორგანული მიწათმოქმედება ეკონომიურად ეფექტურია, უზრუნველყოფს ენერგიის ეკონომიას, გარემოს დაცვას, პროდუქტიულია, სტაბილურია და გააჩნია გრძელვადიანი მდგრადობის ტენდენცია".

გასული საუკუნის 80-იან წლებში, საგრძნობლად გაიზარდა ორგანული სოფლის მეურნეობის მნიშვნელობა ჰოლანდიაში. ამჟამად ბიოლოგიური მეთოდებით იმართება საერთო სასოფლო-სამეურნეო ფართის 30%. ჰოლანდიის ორგანული სოფლის მეურნეობის მთავარი მიზანია პროდუქციის ზრდა ბიოწარმოების სტანდარტების მკაცრი დაცვით და განაწილების სისტემის პროფესიული დონისა და ეფქტურობის ამაღლება. ჰოლანდიელ მომხმარებელთა სურვილი, შეიძინონ ორგანული სასოფლო-სამეურნეო პროდუქცია, ასევე მნიშვნელოვანი ფაქტორია, რომელიც ორგანული სოფლის მეურნეობის წარმატების საწინდარია [47].

ორგანული მიწათმოქმედება განუწყვეტლივ ვითარდება გერმა-ნიაში. რაც ევროგაერთიანების აგრარული პოლიტიკის შედეგია. აგრარული ქვეყანაა დანია და სხვა ქვეყნები, სადაც სახელმწიფო დიდ ფინანსურ დახმარებას უწევს ორგანულ მიწათმოქმედებას.

სამცხე-ჯავახეთის მაღალმთიან აგროკლიმატურ პირობებში ორგანული მიწათმოქმედების პერსპექტივები

საქართველოს მთიან ზონაში ორგანული მიწათმოქმედების განვითარების ბუნებრივი ეკოლოგიური ბალანსის საფუძველს წარმოადგენს მემცენარეობასა და მეცხოველეობას შორის ჰარმონიული დამოკიდებულება. აქედან გამომდინარე, აღნიშნულ ზონაში ორგანულ მეურნეობებს შეუძლიათ ძირითადი საწარმოო რესურსებით საკუთარი თავი უზრუნველყოს და ნაკლებად იყოს დამოკიდებული შემოტანილ ნედლეულზე.

საქართველოს მიწის ფართობების ორი მესამედი მთიან და მაღალმთიან ზონებს უკავია, სადაც მიწის სავარგულების უმეტეს ნაწილზე ზღ.დონიდან 1500 მ სიმაღლემდე მიმდინარეობს აგროკულტურების ინტენსიური წარმოება. 1600-2400 მ სიმაღლემდე ზღ.დონიდან შეზღუდულია მრავალდარგოვანი სოფლის მეურნეობის წარმოება, შედარებით მკაცრი კლიმატური პირობების გამო. ამ ზონაში აგრომეტეოროლოგიურ ფაქტორებს გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს აგროკულტურების ზრდა-განვითარებასა და მაღალი მოსავლის მიღებაში. ამიტომ, პერსპექტიული ისეთი კულტურების წარმოება, რომლებიც ამ ზონის პირობებისადმი რამდენადმე გამძლეობის უნარით გამოირჩევიან.

მაღალმთიან რეგიონებში ტემპერატურის, როგორც განვითარების ძირითადი განმსაზღვრელი ფაქტორის ნაკლებობა აშკარადაა გამოხატული. ასეთ პირობებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების აგროკლიმატურ მახასიათებლებს პირველხარისხოვანი მნიშვნელობა აქვს. აქედან გამომდინარე, გავრცელებული უნდა იქნას ისეთი კულტურები, რომლებმაც უკეთ გაიარეს გამოცდა მთიან პირობებში. აღნიშნულთან დაკავშირებით, სამცხე-ჯავახეთის რეგიონში, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მაღალმთიან აგრომეტეოროლოგიურ ბაზაზე (ზღ.დონიდან 2200 მ სიმაღლეზე, ფარავნის ტბის მახლობლად, ნინოწმინდის მუნიციპალიტეტი), ოთხი ათეული წლის მანძილზე ინსტიტუტის მეცნიერი თანამშრომლების მიერ (შ.ცერცვაძე, ნ.სტოლიპინი, თ.თურმანიძე, გ.მელაძე, მ.თუთარაშვილი, მ.არდია, ღ.არველაძე, ე.კვაჭანტირაძე, მ.მელაძე, ექსპერიმენტული ბაზის ხელმძღვანელები: დ.ფერაძე, ლ.ვარდიაშვილი, ა.თოდუა, ლ.წერეთელი, გ.მელაძე) ტარდებოდა სამეცნიერო კვლევები სხვადასხვა სახის სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარებაზე, მოსავლის ფორმირებაზე და მათ ქიმიურ შემადგენლობაზე. კვლევის მნიშვნელოვან მიზანს წარმოადგენდა სამცხე-ჯავახეთის მაღალმთიან ზონაში ორგანული მიწათმოქმედების სისტემის საფუძველზე, ეკოლოგიურად სუფთა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოება, აგრომეტეოროლოგიური პირობების გათვალისწინებით. მთიანი და მაღალმთიანი ზონებისათვის გამოვლენილი იქნა პერსპექტიული ბოსტნეული, სურნელოვან-არომატული, სუფრის და მეცხოველეობის წვნიანი საკვები ძირხვენა (,,კუუზიკუ'', ,,ესკო'') კულტურები, რომლებიც გამოირჩევიან მაღალი ხარისხის და პროდუქტიულობის მაჩვენებლებით [74].

ფარავნის ექსპერიმენტალური ბაზის ტერიტორია მდებარეობს, ზღ.დონიდან 2200 მ სიმაღლეზე, სამხრეთ-დასავლეთის ექსპოზიციის 6°-მდე დაქანების ფერდობზე. ნიადაგი ვულკანური წარმოშობისაა, გავრცელებულია ტიპიური შავმიწები [75]. აღნიშნული ნიადაგი ხასიათდება მტკიცე აგრეგატული შემადგენლობით, სტრუქტურულია. მის ყველა ჰორიზონტს აქვს მცირე მოცულობითი წონა, რაც აიხსნება ნიადაგის ჰუმუსის მაღალი შემცველობით (6%-მდე) და ფხვიერი აგებულებით. მაქსიმალური ჰიგროსკოპულობა საკმაოდ მაღალი. მექანიკური შემადგენლობით იგი განეკუთვნება საშუალო თიხნარ ნიადგებს. ნიადაგის PH საშუალოდ 7-ის ტოლია. საცდელი ნაკვეთის ეკოლოგიური შეფასების მიზნით, ნიადაგის ნიმუშებში (ნიადაგის ზედაპირი, 0-5, 5-10, 10-20 სმ) განსაზღვრულია საერთო β აქტივობა. მიღებული შედეგებიდან დადგინდა, რომ რადიონუკლიდებით ნიადაგის დაბინძურება არ აღინიშნება. კერძოდ, მიღებულია შემდეგი მაჩვენებლები: ფონი - 0,58 ბეკ/წმ, თვლის კოეფიციენტი - η-0,14 ნიადაგის ზედაპირზე - 5,5 ბეკ/წმ, 0-5 და 5-10 სმ სიღრმეზე - 5,73 ბეკ/წმ, ხოლო 10-20 სმ სიღრმეზე 5,98 ბეკ/წმ (100 გრ. ნიადაგზე გადაანგარიშებით). მაჩვენებლები

შეესაბამება ნიადაგის ბუნებრივ ფონს. მძიმე ლითონებით და ნიტრატებით ნიადაგი დაბინძურებული არ არის [48, 49, 50, 51].
მაღალმთიან ზონაში ორგანული მიწათმოქმედების წარმატებით განხორციელებას მნიშვნელოვნად განსაზღვრავს აგროკლიმატური რესურსების რაციონალური გამოყენება. აღნიშნული ზონა ხასიათდება მოკლე სავეგეტაციო პერიოდით (ცხრილი 3.3.1).

ცხრილი 3.3.1 საცდელი კულტურების ფენოლოგიურ ფაზებს შორის აგროკლიმატური მახასიათებლები

Table 3.3.1 Agroclimatic characteristics between the phenological phases of the test crops

ფენოლოგიური ფაზები	ჰაერის ტემპერატურა (°C)			ჰაერის ფარდობითი ტენიანობა (%)	ნალექების ჯამი (მმ)
	ΣT	საშუალო			
		მინ.	მაქს.		
უცხო სუნელი					
თესვა - აღმოცენება	138.9	4.0	13.5	75	47
აღმოცენება - I წყ. ფოთოლი	111.4	5.5	15.1	74	25
I წყ.ფოთოლი - III წყ.ფოთ.	68.0	5.2	15.0	77	22
III წყ.ფოთ. - აღერება	216.6	6.9	17.3	76	26
აღერება - ყვავილობა	235.6	8.5	19.0	77	33
ყვავილობა - თესლის სიმწ. დასაწყისი	328.5	8.4	19.9	78	29
თესლის სიმწ. დასაწყისი - არასრული სიმწიფე	424.0	5.0	16.2	75	60
სუფრის ჭარხალი					
თესვა - აღმოცენება	168.0	4.2	15.0	68	54
აღმოცენება - I წყ. ფოთოლი	79.5	6.0	16.0	69	23
I წყ. ფოთოლი - III წყ.ფოთ.	77.3	6.0	17.0	72	21

III წყ.ფოთ. - ძირხვენების ზრდის დასაწყისი	192.7	7.0	17.5	72	21
ძირხვენების ზრდის დასაწ. - ტექნიკური სიმწიფე	989.1	5.7	16.2	74	117
ქერი					
თესვა - აღმოცენება	131.6	4.0	12.1	71	67
აღმოცენება - I წყ. ფოთოლი	85.4	6.7	14.2	70	57
I წყ. ფოთოლი - III წყ.ფოთ.	66.3	5.7	16.8	69	9
III წყ.ფოთ. - დაბუჩქება	150.3	7.0	15.3	77	21
დაბუჩქება - აღერება	83.2	8.0	18.0	74	20
აღერება - დათავთავება	211.0	8.7	18.7	76	19
დათავთავება - რძისებრი სიმწიფე	410.0	9.4	20.5	80	43
რძისებრი სიმწიფე - ცვილისებრი სიმწიფე	199.0	8.0	19.0	75	31
ცვილისებრი სიმწიფე - სრული სიმწიფე	169.2	6.2	17.7	73	25

სამხრეთ საქართველოს მაღალმთიანი ტერიტორიები ხასიათდებიან მაღალი ენერგეტიკული რესურსებით და ხელსაყრელი ნიადაგურ-კლიმატური პირობებით, რაც სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გონივრული შერჩევის (მაღალმთიანი კლიმატის თავისებურებების გათვალისწინებით), შემთხვევაში ფართოდ განვითარებული მრავალდარგობრივი სასოფლო-სამეურნეო წარმოების საშუალებას იძლევა. რაც იმას ნიშნავს, რომ მცენარეთა მაღალი პროდუქტიულობისათვის უნდა შევქმნათ ისეთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურების აგროცენოზები, სადაც ფოტოსინთეზურად აქტიური რადიაციის ან ჯამური რადიაციის სასარგებლო მოქმედების კოეფიციენტი (მქკ) მაქსიმალური იქნება.

მაღალმთიან პირობებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების უმრავლესობა გამოირჩევა მაღალი ფოტოსინთეზური პროდუქტიულობით და პროდუქციის მაღალი ხარისხით, რაც ეფუძვნება მაღალმთიანი კლიმატის თავისებურებებს. კერძოდ, ეს არის მზის სხივების მდიდარი სპექტრული შემადგენლობა და მათში მაღალი ფარ-ის შემცველობა, რაც მცენარეში

აქტიურებს ფოტოსინთეზურ და ბიოქიმიურ პროცესებს. აღნიშნულ პირობებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურები განიცდიან უფრო მეტ ინტენსიურ დასხივებას და მოკლეტალღოვანი რადიაციის ზემოქმედებას [52].
მაღალმთიანი კლიმატური პირობები რამდენადმე ნიველირდება ორგანული სასუქის გამოყენებით, რაც დადასტურდა საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის ფარავნის მაღალმთიან (2200მ ზღ.დონიდან, ნინოწმინდის რ-ნი) აგრომეტეოროლოგიურ ბაზაზე ჩატარებული მრავალწლიური კვლევებით. აღნიშნულ ბაზაზე ჩატარებულ ექსპერიმენტებში გამოყენებული იქნა ნახევრად გადამწვარი ნაკელი (10, 15, 20 ტ/ჰა), რომელიც მაღალეფექტურია და ზრდის მარცვლოვანი და ბოსტნეული კულტურების მოსავალს. გათვალისწინებულია ასევე, პერსპექტიული საცდელი კულტურების ბიოლოგიური თავისებურებები (მოკლე სავეგეტაციო პერიოდი). ცხრილში 3.3.2 მოყვანილია საცდელი კულტურების საშუალო მოსავალი [53].

ცხრილი 3.3.2 საცდელ კულტურათა მოსავალი ორგანული სასუქის სხვადასხვა დოზის ფონზე
Table 3.3.2 Yield of test crops under different doses of organic fertilizer

ვარიანტი	საჰექტრო მოსავალი (ტ)	გადახრა საკონტროლოდან (ტ)
ქერი		
1. საკონტროლო (უსასუქო)	2.2	-
2. 10 ტონა	3.8	1.6
3. 15 ტონა	5.0	2.8
4 20 ტონა	6.0	3.8
სუფრის ჭარხალი		
1. საკონტროლო (უსასუქო)	23.6	-
2. 10 ტონა	44.2	20.6
3. 15 ტონა	51.8	28.2
4 20 ტონა	64.5	41.0
უცხო სუნელი		
1. საკონტროლო (უსასუქო)	5.0	-

2. 10 ტონა	7.6	2.6
3. 15 ტონა	13.6	8.6
4 20 ტონა	16.4	11.4

ცხრილიდან ჩანს, რომ ცდის ყველა ვარიანტში მიღებული მოსავალი აშკარად აღემატება საკონტროლოს. საცდელი ვარიანტებიდან მაღალი მოსავლით გამოირჩევა ყველა კულტურის 20 ტ/ჰა ვარიანტი.

მაღალმთიანი ზონის პირობებში მარცვლეული და ბოსტნეული კულტურების მაქსიმალური მოსავლიანობისათვის, ნიადაგის ნაყოფიერებასთან ერთად ძირითად აგრომეტეოროლოგიურ ფაქტორებს წარმოადგენს ჰაერის აქტიური ტემპერატურის ჯამი (10°C-ის ზევით), ნიადაგის ტემპერატურა და ტენით უზრუნველყოფა.

ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, ჰიდროთერმული კოეფიციენტი (ჰთკ) აგროკულტურების ზრდა-განვითარების და მოსავლის ფორმირებისათვის წარმოადგენს მნიშვნელოვან აგრომეტეოროლოგიურ ფაქტორს. Aამიტომ, მარცვლეულ (ქერი) და ბოსტნეულ (სუფრის ჭარხალი, უცხო სუნელი) კულტურებზე ჩატარებული ექსპერიმენტის შედეგად მიღებული მოსავლის მაჩვენებლები (ტ/ჰა) მაღალ კორელაციურ კავშირშია ჰიდროთერმულ კოეფიციენტთან (ჰთკ), ნიადაგის ტემპერატურასა (20სმ სიღრმეზე) და ორგანული სასუქის სხვადასხვა დოზასთან (ტ/ჰა), ცხრილი (3.3.3).

ცხრილი 3.3.3 კორელაციის კოეფიციენტები ორგანულ სასუქს, ჰთკ-ს, ნიადაგის ტემპერატურასა და მოსავალს შორის, შესაბამისი რეგრესიის განტოლებებით
Table 3.3.3 Correlation coefficients between organic fertilizer, HTC, soil temperature and yield, with corresponding regression equations

კულტურა	კორელაციის კოეფიციენტი R	რეგრესიის განტოლება u	საშუალო კვადრატული ცდომილება σ_u±t/ha
ქერი	0.97	0.20x+0.75y+0.44z -3.46	0.8
სუფრის ჭარხალი	0.95	1.75x+ 5.15y+1.77z - 4.28	8.3
უცხო სუნელი	0.96	0.78x+1.70y+0.36z - 5.9	2.9

რეგრესიის განტოლებებში u - მოსავალია, x - ორგანული სასუქი, y - ჰთკ, z - ნიადაგის ტემპერატურა.

აღნიშნული კულტურებისათვის, შესაბამისი რეგრესიის განტოლებებით, განისაზღვრა მოსავალი და შედარებული იქნა ფაქტიური მოსავლის მონაცემებთან. მიღებული შედეგები საშუალო კვადრატული ცდომილების ფარგლებშია. მოცემული რეგრესიის განტოლებებით, შეიძლება განისაზღვროს მაღალმთიანი ზონის პირობებში აგროკულტურების მოსავალი (ტ/ჰა). მარცვლეული და ბოსტნეული კულტურების მოსავლის გაანგარიშება მნიშვნელოვანია მაღალმთიანი ზონის რაიონების ბიოფერმებისათვის. მოსავლის მიღების ზუსტი გაანგარიშების სრული გარანტია შეიძლება მივიღოთ იმ შემთხვევაში, თუ ორგანული სასუქი შეტანილი იქნება დადგენილ ვადებში და შესაბამისი დოზებით.

მაღალმთიანი ზონის პირობებში წარმოებული სუფრის ჭარხლის კვებითი ღირებულების მაჩვენებლები მოცემულია ცხრილში 3.3.4

ცხრილი 3.3.4 სუფრის ჭარხლის ქიმიური მაჩვენებლები
Table 3.3.4 Chemical indicators of feast beet

ქიმიური მაჩვენებლები	ექსპერიმენტული მონაცემები		ლიტერატურული მონაცემები
	საშუალო	მერყეობის ზღვარი	
მშრალი ნივთიერებები (%) მათ შორის რეფრაქტომეტრით	15.92 12.07	13.17-21.36 8.90-16.0	6.50-18.31 15.0-18.6
შაქრები (%) მათ შორის რედუციული	15.62 0.01	2.52-9.29 0-0.05	3.0-12.2 0.32
საქაროზა	5.61	2.52-9.29	10.61
პექტინური ნივთიერებები (%) მათ შორის ხსნადი პექტინი, პროტოპექტინი	0.62 0.36 0.26	0.41-0.79 0.22-0.57 0.13-0.39	0.2-0.5
ნედლი უჯრედანა (%)	1.60	0.89-2.03	1.02
ტიტრული მჟავიანობა ვაშლის	0.22	0.01-0.46	-

მჟავაზე გადაანგარიშებით (%)			
PH	6.55	6.20-6.95	-
მთრიმლავი და მღებავი ნივთიერებები (%)	0.15	0.08-0.19	-
საერთო ფენოლები (მლ/100გრ)	32583	1500-680	-
P-აქტიური ნივთიერებები (მლ/100გრ)	185.0	67.5-302.5	-
ვიტამინი C (მლ/100გრ)	102.45	39.13-160.0	15.3-19.0
ნაცარი (%)	1.00	0.91-1.19	0.65-2.00
ნედლი ცილა (%)	2.17	1.92-2.42	1.0-3.0
წვენის მღებავი ნივთიერებები (მლ/100გრ)	14.4	10.10-18.70	3.5-12.0

ზემოაღნიშნულ მაღალმთიან აგრომეტეოროლოგიურ ბაზაზე ჩატარებულმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ მაღალმთიან პირობებში ზოგიერთი ბოსტნეული კულტურები, მეცხოველეობის საკვები ძირხვენები, სურნელოვან-არომატული სანელებლები და სხვა, კულტურები გამოირჩევიან საკმაოდ მაღალი მოსავლით და კვებითი ღირებულებით (ცხრილი 3.3.5, 3.3.6).

ცხრილი 33.5 მაღალმთიან ზონაში წარმოებული ზოგიერთი ბოსტნეულის და მეცხოველეობის საკვები ძირხვენის ქიმიური მაჩვენებლები
Table 33.5 Chemical parameters of some vegetable and animal fodder root crops produced in the highlands

ქიმიური მაჩვენებლები	შავი ბოლოკი	სტაფილო	ხახვი	თვის ბოლოკი	Yყვავილოვანი კომბოსტო	თალგამი	საკვები ძირხვენა „ესკო"

მშრალი ნივთიერება (%)	16.6	20.3	16.3	6.1	12.1	10.0	12.7
საერთო შაქრები (%)	5.8	6.7	5.3	3.6	3.8	4.3	7.0
პექტინები (%)	1.72	1.47	1.1	0.48	0.4	0.53	1.26
მჟავიანობა ვაშლის მჟავიანობაზე გადაანგარიშებით	0.28	0.12	0.19	0.20	0.2	0.17	0.09
მთრიმლავი ნივთიერებები (%)	0.17	0.12	0.11	0.07	0.1	0.11	0.03
საერთო ფენოლე ბი მგ/100გრ	400	160	370	410	361	380	206
P-აქტიური ნივთიერებები მგ/100გრ	52.5	65.5	47.5	-	56.4	40	78.7
ვიტამინი C მგ/100გრ	81.8	31.3	66.7	16.0	6.9	47.1	63.5
კაროტინი მგ/100გრ	0.1	9.2	8.4	-	0.9	-	0.07
ნაცარი (%)	1.1	0.8	1.20	0.67		0.80	0.69

ცხრილი 3.3.6 მაღალმთიან ზონაში წარმოებული სურნელოვან-არომატულ კულტურათა ქიმიური მაჩვენებლები (%)
Table 3.3.6 Chemical indicators of fragrant-aromatic crops produced in the highlands (%)

ქიმიური ნივთიერებები (%)	ქონდარი	ქინძი	მაიორანი	კვლიავი

ეთერზეთები	0.48	0.54	1.2	3.3
საერთო აზოტი	2.38	2.50	2.45	2.1
ხსნადი აზოტი	0.88	0.80	1.0	-
ცილოვანი აზოტი	1.50	1.70	1.45	8.5
ცილა	9.40	10.6	9.1	-
საერთო აღმდგენი ნივთიერებები	3.50	9.7	4.5	2.0
მონოსაქარიდები	3.0	6.8	1.9	1.8
ხსნადი ნახშირწყლები	6.50	11.0	11.0	5.1
დისაქარიდები	3.50	4.0	8.6	3.1
პოლიფენოლები	0.50	2.9	2.6	0.8
საერთო ნაცარი	11.04	7.6	11.9	6.41
უხსნადი ნაცარი 10%-იან HCl-ში	1.31	0.3	0.86	0.09

როგორც ცხრილებში მოყვანილი ქიმიური მაჩვენებლები გვიჩვენებს, აღნიშნული კულტურები, ზოგიერთ შემთხვევაში გამოირჩევიან მაღალი კვებითი ღირებულების ქიმიური მაჩვენებელით, ვიდრე დაბალ ზონაში წარმოებული კულტურები. რაც, კიდევ ერთხელ ადასტურებს მაღალმთიან პირობებში ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის კარგად ადაპტაციის და მაღალი პროდუქტიულობის უნარს. ჩატარებული ექსპერიმენტული დაკვირვებები და შედეგები საფუძველს იძლევა, რომ აღნიშნული კულტურები გავრცელდეს სხვა მაღალმთიანი რეგიონის ანალოგიურ აგროკლიმატურ პირობებში [76].

ბიორაგი. თანამედროვე მიწათმოქმედების სტრატეგია გულისხმობს, არა სასაოფლო-სამეუნეო სავარგულების გაზრდას, არამედ მათი ექწსპლოატაციის მეთოდების გაუმჯობესებას. ზემოაღნიშნულ აგროკლიმატურ პირობებში ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის მაღალმთიანი (2200მ ზღ. დონიდან) ფარავნის აგრომეტეოროლოგიურ ბაზაზე ნინოწმინდის რ-ში ჩატარებული იქნა ექსპერიმენტული კვლევები მარცვლეულ (ქერი) და ბოსტნეულ (სუფრის ჭარხალი, სურნელოვან-არომატული - უცხო სუნელი) კულტურებზე

ბიოენერგოაქტივატორი - ,,ბიორაგის" გამოყენებით. აღნიშნული ბიოენერგოაქტივატორი - ,,ბიორაგი" (შექმნილია აკად. რ.გახოკიძის მიერ) ახალი თაობის ბიოპრეპარატია, რომლის გამოყენებით შესაძლებელია, როგორც მოსავლიანობის გაზრდა, ასევე მისი ხარისხის გაუმჯობესება. იგი ამაღლებს ადაპტაციას მაღალმთიანი ზონის ექსტრემალური ფაქტორების მიმართ (ტემპერატურის ცვალებადობა და სხვა). ცხრილში 3.3.7 მოგვყავს ფარავნის მაღალმთიან აგრომეტეოროლოგიურ ბაზაზე საცდელი კულტურების ფენოლოგიურ ფაზებს შორის აგრომეტეოროლოგიური მაჩვენებლები [54].

ცხრილი 3.3.7 ფარავნის მაღალმთიან აგრომეტეოროლოგიურ ბაზაზე საცდელი კულტურების ფენოლოგიურ ფაზებს შორის აგრომეტეოროლოგიური მაჩვენებლები
Table 3.3.7 Agrometeorological indicators between the phenological phases of the test crops at the Faravani highland agrometeorological base

კულტურა	ფენოლოგიური Fფაზები	აქტიურ ტემპ. ჯამი (>10°C)	ნიადაგის სიღრმეში (სმ) საშუალო ტემპ. (°C)		ნალექების ჯამი (მმ)
			5	20	
სუფრის ჭარხალი	თესვა - აღმოცენება	202	13.1	11.4	37
	აღმოცენება - ძირხვენების ზრდის დასაწყისი	402	13.1	12.5	105
	ძირხვენების ზრდის დასაწ. - ტექნიკური სიმწიფე	982	13.6	14.5	148
უცხო სუნელი	თესვა - აღმოცენება	107	10.8	9.1	9.1
	აღმოცენება - აღერება	186	11.3	12.0	91
	აღერება - ყვავილობა	338	13.2	14.7	39
	ყვავილობა - თესლის სიმწიფის დასაწყისი	338	15.6	15.2	55
	თესლის სიმწიფის დასაწ. - სრული სიმწიფე	459	9.2	10.0	41
ქერი	თესვა - აღმოცენება	117	9.9	8.5	62

	აღმოცენება - აღერება	489	12.3	11.7	92
	აღერება - დათავთავება	202	13.2	14.7	39
	დათავთავება - ცვილისებრი სიმწიფე	392	12.5	14.0	69
	ცვილისებრი სიმწიფე - სრული სიმწიფე	88	8.6	10.3	24

ცხრილიდან ჩანს, რომ მოცემული მაღალმთიანი ზონის მეტეოროლოგიური პირობები დამაკმაყოფილებელია აღნიშნული კულტურების ნორმალური ზრდა-განვითარებისათვის.

ცხრილში 3.3.8 მოცემულია საცდელი კულტურების ფენოლოგიური ფაზების დადგომის თარიღები, როგორც ,,ბიორაგის" გამოყენებით, ასევე შესაბამისი საკონტროლო ვარიანტებით.

ცხრილი 3.3.8 საცდელი კულტურების ფენოლოგიური ფაზების დადგომის თარიღები

Table 3.3.8 Dates of occurrence of phenological phases of test crops

კულტურა	ფენოლოგიური ფაზები	ფაზათა დადგომის თარიღი	
		,,ბიორაგის" ვარიანტი	საკონტრო-ლო ვარიანტი
სუფრის ჭარხალი	თესვა	29.V	29.V
	აღმოცენება	19.VI	20.VI
	ძირხვენის ზრდის დასაწყისი	18.VII	19.VII
	ტექნიკური სიმწიფე	30.IX	1.X
უცხო სუნელი	თესვა	29.V	29.V
	აღმოცენება	20.VI	21.VI
	აღერება	18.VII	19.VII
	ყვავილობა	27.VII	29.VII

	თესლის სიმწიფის დასაწყისი	31.VIII	2.IX
	სრული სიმწიფე	1.X	3.X
ქერი	თესვა	29.V	29.V
	აღმოცენება	11.VI	12.VI
	აღერება	11.VII	12.VII
	დათავთავება	26.VII	27.VII
	ცვილისებრი სიმწიფე	10.IX	11.IX
	სრული სიმწიფე	18.IX	20.IX

ცხრილის ანალიზი გვიჩვენებს, რომ ,,ბიორაგის" გამოყენებისას ფენოლოგიური ფაზების დადგომა 1-2 დღით ადრე აღინიშნება შესაბამის საკონტროლო ვარიანტის ფაზებთან შედარებით და ამასთანავე აშკარაა მოსავლის ზრდა (ცხრილი 3.3.8).

ცხრილი 3.3.9 საცდელი კულტურების ბიომეტრია და მოსავალი (ტ/ჰა) ,,ბიორაგი"-ს ფონზე
Table 3.3.9 Biometry and yield of test crops (t/ha) on the background of "Bioragi"

ვარიანტი	სუფრის ჭარხალი		უცხო სუნელი		ქერი	
	ძირხვენების დიამეტრი	მოსავალი	ნაზარდი	მოსავალი	ნაზარდი	მოსავალი
,,ბიორაგი''	7.5	32	62	10	54	3
საკონტროლო	5.7	18	51	6	44	2

ცხრილში 3.3.9 მოცემულია საცდელი კულტურების მოსავალი (ტ/ჰა) და ნაზარდების ბიომეტრიული მაჩვენებლები, როგორც ბიორაგის გამოყენებით, ასევე შესაბამისი საკონტროლო ვარიანტებით. ყველა ექსპერიმენტალურ წელს ,,ბიორაგის" გამოყენებისას მიღებული მოსავლის და ნაზარდების ბიომეტრული

მაჩვენებლები აღემატება შესაბამის საკონტროლო ვარიანტებს. მეტად საყურადღებო ასპექტია ის, რომ ჩვენს მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტის მეთოდიკა თავიდანვე ითვალისწინებდა სასუქებზე უარის თქმას, რამდენადაც ,,ბიორაგი" რიგ შემთხვევებში სასუქების გამოუყენებლადაც, მცენარეთა სასიცოცხლო პოტენციალის გაზრდით მნიშვნელოვან ეფექტს იძლევა, რაც დადასტურდა ჩატარებული ექსპერიმენტით. აღნიშნულიდან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ ბიოენერგოაქტივატორი - ,,ბიორაგი" ეკოლოგიურად უსაფრთხოა და უზრუნველყოფს გარემოს დაბინძურების შემცირებას, სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ბუნებრივ ნორმალიზაციას - პროდუქტიულობისა და მდგრადობის არსებით გაზრდას.

დასკვნა

III თავში განხილულია კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა. სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის წესს განსაზღვრავს კონკრეტული არეალისთვის დამახასიათებელი კლიმატი, რომლის ცვლილებასთან ერთად იცვლება სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკაც. ახლო მომავალში, კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შედეგად მაღალი ალბათობით შეიცვლება მთიანი რეგიონების მცენარეული კულტურების პროდუქტიულობა და მათი ვერტიკალური ზონალობით ტრანსფორმაცია. ამიტომ, სოფლის მეურნეობის დარგის განვითარების ახლებური მიდგომა გულისხმობს დარგის გარდაქმნას იმგვარად, რომ გაიზარდოს მისი ეფექტურად მართვისა და მდგრადი განვითარების შესაძლებლობები, რაც ფორმულირებულია, როგორც კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა. იგი პასუხობს კონკრეტული არეალისთვის დამახასიათებელ კლიმატის ცვლილების გამოწვევებს. სწორედ, აღნიშნული აგროკლიმატური რესურსების ეფექტური მართვა და მდგრადი განვითარების პრინციპების განხორციელება უდევს საფუძვლად, ჩვენს მიერ ჩატარებულ სამეცნიერო გამოკვლევებს მთიანი რეგიონებისათვის. საქართველოს აღმოსავლეთ და დასავლეთ მთიანი რეგიონებისათვის მუნიციპალიტეტების მიხედვით, შეფასებულია ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები, სავეგეტაციო პერიოდში განსაზღვრულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. მთიანი რეგიონებისათვის გაანალიზებულია აგროკულტურებისათვის საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენა - წაყინვები და უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა. აქტიურ ტემპერატურათა და ნალექების ჯამების მიხედვით, გამოყოფილია აგროკლიმატური ზონები მთიანი და მაღალმთიანი რეგიონებისათვის, შესაბამისი პერსპექტიული კულტურების გავრცელების მითითებით. კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა ითვალისწინებს კლიმატური

პარამეტრების მოსალოდნელ ცვლილებას და ხელს უწყობს ისეთი ფერმერული მიდგომების დანერგვას, რომელიც შეცვლილ პირობებს შეესაბამება და ზრდის მოსავლიანობას. კლიმატის ცვლილებით გამოწვეულმა ტემპერატურის და ნალექების რეჟიმების ცვლილებამ, სეზონების წანაცვლებამ და ამ სეზონებისთვის დამახასიათებელმა ვეგეტაციის პერიოდების, ნიადაგის ტენიანობის ცვლილებებმა შეამცირა ტრადიციული მეთოდით სოფლის მეურნეობის დარგებში მოსავლის რაოდენობა. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია ჩვენს მიერ ჩატარებული საქართველოს მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური მახასიათებლების შეფასება რეალური პრობლემების გათვალისწინებით (მომავლის კლიმატური სცენარებით), რომლებიც შეინიშნება კლიმატის ცვლილების პირობებში. ჩვენი სამეცნიერო კვლევის შედეგები, კლიმატის ცვლილების მომავლის სცენარის გათვალისწინებით, რეგიონალურ და მუნიციპალიტეტების დონეზე განსაზღვრავს სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის ტრადიციულ და პერსპექტიულ მიმართულებებს. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა უზრუნველყოფს სოფლის მეურნეობის დარგის მდგრად განვითარებას. მთიან რეგიონებში გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობიდან გამომდინარე, ალტერნატიული გზა უსაფრთხო სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოების, რომელიც ითვალისწინებს გარემოს დაცვას, მის შენარჩუნებას, ნეგატიური ტენდენციების თავიდან აცილებას და აუცილებელ განვითარებას არის ორგანული მიწათმოქმედება. საქართველოს მაღალმთიან ზონაში ორგანული მიწათმოქმედების განვითარების ბუნებრივი ეკოლოგიური ბალანსის საფუძველს წარმოადგენს მემცენარეობასა და მეცხოველეობას შორის ჰარმონიული დამოკიდებულება. აღნიშნული მიმართულებით ერთიანი კომპლექსური, მრავალწლიანი კვლევები სამხრეთ საქართველოს მაღალმთიან ზონაში (2200 მ ზღ. დონიდან, ნინოწმინდის მაღალმთიანი აგრომეტეოროლოგიური ბაზა), რაც გულისხმობს სოფლის მეურნეობის წარმართვას ბუნებრივი, ეკოლოგიურად უვნებელი მეთოდების (ორგანული სასუქი, bioenergoaqtivatori - ,,bioragi”) გამოყენებით და ამდენად უსაფრთხო სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მიღებას, აგროკლიმატური პირობების გათვალისწინებით, ჩვენს მიერ პირველად იქნა ჩატარებული. მაღალმთიან ზონაში პერსპექტიული კულტურების პროდუქტიულობაზე და მის ხარისხზე აგრომეტეოროლოგიური პირობების გავლენის შესწავლის საფუძველზე, კონკრეტულად შემუშავდება შესაბამისი რეკომენდაციები მარცვლეული, ბოსტნეული და სურნელოვან-არომატული კულტურების წარმოებისათვის. ექსპერიმენტით მიღებული შედეგები უზრუნველყოფს: 1. საქართველოს მაღალმთიან ზონაში ეკოლოგიურად სუფთა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოებას; 2. მაღალმთიანი ზონის მოსახლეობის დასაქმებას და ახალგაზრდა თაობის მიგრაციის შემცირებას; 3. მიღებული პროდუქციით საქართველოს სამომხმარებლო ბაზრის გამდიდრებას; 4. ადგილობრივი

მოსახლეობის შემოსავლების ზრდას და მათი სოციალურ-ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესებას; 5. მაღალმთიან ზონაში ფერმერული მეურნეობების განვითარებას; 6. ადგილობრივ წარმოებას მდგრადი საკვები ბაზის შექმნას.

თავი 4. მდგრადი განვითარება- მიზნები და ამოცანები

4.1. მდგრადი განვითარების ისტორია

მდგრადი განვითარება დღესდღეობით გახდა ფუნდამენტური სტრატეგია მსოფლიოს ეკონომიკური და სოციალური ტრანსფორმაციის პროცესის წარმართვისთვის და მნიშვნელოვანი ადგილი უჭირავს თითქმის ყველა დარგში. მდგრადი განვითარების აქტუალურობა 21-ე საუკუნეში და მისი მიღწევები უკავშირდება საკმაოდ გრძელვადიან პროცესს. ამ პროცესში ეტაპობრივად იცვლებოდა დამოკიდებულება და ცნობიერება საზოგადოების, სახელმწიფოს თუ ბიზნეს სექტორის მხრიდან. სწორედ ქვემოთ განვიხილავთ მნიშვნელოვან თარიღებს და მოვლენებს მდგრადი განვითარების სფეროში, რომლებმაც გარდამტეხი როლი ითამაშა მის ფორმირებაში.

მდგრადი განვითარება ადრეულ პერიოდში

ტერმინის „მდგრადი განვითარება" ისტორიული ფესვები იწყება 1713 წელს, როდესაც დაიწერა გერმანული სატყეო ცნობარი, სადაც პირველად იქნა გამოყენებული სიტყვა: Nachhaltigkeit, რაც ინგლისურად ითარგმნება, როგორც sustained yield (შენარჩუნებული მოსავალი). ტერმინი გულისხმობს იმ პრაქტიკის შემოღებას, რომლითაც მოიჭრებოდა გარკვეული რაოდენობის ხე, რაც მომავალში ხელს არ შეუშლიდა ტყის რეგენერაციას. აღნიშნული ტერმინი მხოლოდ 100 წლის შემდეგ დამკვიდრდა ინგლისურ სატყეო ცნობარში, თუმცა ის უკვე მოიცავდა არა მხოლოდ ხეების დაცვას, არამედ ტყის, როგორც ერთიანი სისტემის, შენარჩუნებას თავისი ფლორითა და ფაუნით.

1968 წელს ეკოლოგმა და ფილოსოფოსმა გარეტ ჰარდინმა დაწერა ესსე „საერთო რესურსების ტრაგედია", სადაც აღნიშნა ინდივიდუალური ქმედებების საფრთხე საერთო რესურსების ამოწურვის კუთხით. ჰარდინი მიიჩნევდა, რომ ადამიანების ულიმიტო მოხმარებისკენ მისწრაფება საბოლოოდ გამოიწვევდა დედამიწის რესურსების ჭარბ მოპოვებას. ჰარდინის ესსეს გამოქვეყნებიდან რამდენიმე წლის შემდეგ, კერძოდ, 1972 წელს, რომის კლუბის მხარდაჭერით შეიქმნა კომპიუტერული სიმულაცია, რომელიც ასახავდა რეალობას შეზღუდული ბუნებრივი რესურსებით. სიმულაცია მოიცავდა 5 განზომილებას: მსოფლიო მოსახლეობის ზრდა, ინდუსტრიალიზაცია, დაბინძურება, საკვების წარმოება და არაგანახლებადი რესურსების ამოწურვა.

საბოლოო სცენარის მიხედვით, სოციალური და ეკონომიკური კატასტროფა გარდაუვალი იქნება 21-ე საუკუნის დასასრულისთვის.

ჯერ კიდევ 1970 წელს, ნობელის პრემიის ლაურეატი მილტონ ფრიდმანი ამბობდა, რომ ბიზნესის მხოლოდ ერთი სოციალური პასუხისმგებლობა არსებობს: გამოიყენოს მის ხელთ არსებული რესურსები ისე, რომ მაქსიმალური მოგება მიიღოს, და რაც მთავარია, დარჩეს საკანონმდებლო ჩარჩოში. სამწუხაროდ, სწორედ ეს შეხედულება დაედო საფუძვლად ბიზნესის განვითარებას მე-20 საუკუნის ბოლოს და რიგ შემთხვევებში, ახლაც სწორედ ასე გრძელდება. რეალურად კი დღეს განვითარებულ სამყაროში არსებული ყველა კომპანია თანხმდება ერთ საკითხზე: ბიზნესის პასუხისმგებლობა მხოლოდ მაქსიმალური მოგების მიღება არ არის!

საერთო რესურსების ტრაგედია

1972 წელს რომის კლუბის მხარდაჭერით გამოიცა ანგარიში „ზრდის შეზღუდვები" (The Limits to growth). ამ პროცესში 17 მეცნიერი იყო ჩართული, მათ შორის, მასაჩუსეტსის ტექნოლოგიის უნივერსიტეტის მკვლევრები, ცოლ-ქმარი – დონელა და დენის მიდოუები, რომელთაც შექმნეს კომპიუტერული მოდელი World3 რომლის მიზანი საკმაოდ ამბიციური იყო. ჯგუფმა გამოიკვლია ინდუსტრიალიზაცია, მოსახლეობა, საკვები, რესურსების მოხმარება და დაბინძურება. მათ შეძლეს 1970 წლამდე არსებული მონაცემების მოდელირება და შექმნეს რამდენიმე სცენარი 2100 წლისთვის. სცენარები განსხვავდებოდა იმის მიხედვით, შეცვლიდნენ თუ არა ადამიანები საკუთარი დამოკიდებულებას გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების მიმართ. იმ შემთხვევაში, თუ ადამიანები გააგრძელებენ გარემოს უგულებელყოფას და რესურსების ჭარბ მოხმარებას, მოდელის მიხედვით, 2070 წლისთვის ეკონომიკა, გარემო და მოსახლეობა გადაიტვირთება და „ჩამოიშლება". ამ სცენარს დაერქვა "business-as-usual scenario", ანუ საქმიანობის ტრადიციული გზით გაგრძელების სცენარი. წიგნის ცენტრალური იდეა არის ის, რომ დედამიწა განსაზღვრულია და მოსახლეობის ზრდისკენ, რესურსების ჭარბი მოხმარებისკენ, წარმოებისკენ დ ა.შ. სწრაფვა საბოლოოდ მის განადგურებას გამოიწვევს.

მდგრადი განვითარების ისტორიაში მნიშვნელოვანი თარიღი იყო 1972 წელი, როდესაც სტოკჰოლმში ჩატარდა გაეროს პირველი კონფერენცია გარემოსა და მდგრად განვითარებაზე. კონფერენციაზე შეიკრიბნენ მსოფლიო ლიდერები, რათა განეხილათ ადამიანთა გავლენა გარემოზე და მის მიერ გამოწვეული შედეგები ეკონომიკურ განვითარებაში. კონფერენციის ერთ-ერთი მიზანი იყო

იმ ძირითადი პრინციპების პოვნა, რომლებიც უბიძგებდა მსოფლიო მოსახლეობას საკუთარი გარემოს დაცვისკენ. სტოკჰოლმის კონფერენციის ერთ-ერთი მთავარი მიღწევაა გაეროს გარემოსდაცვითი პროგრამის (United Nations Environment Programme, UNEP) შექმნა.

ბრუნდტლენდის ანგარიში

1987 წელს გამოიცა ბრუნდტლენდის ანგარიში, რომელიც ცნობილია, როგორც "ჩვენი საერთო მომავალი" (Our Common Future). რეპორტი გამოიცა გარემოსა და განვითარების მსოფლიო კომისიის მიერ და სახელი დაერქვა კომისიის მაშინდელი თავმჯდომარის, ნორვეგიის პრემიერ-მინისტრის, გრო ჰარლემ ბრუნდტლენდის საპატივსაცემოდ. ანგარიშში პირველად განიმარტა მდგრადი განვითარება ოფიციალურად და ფაქტობრივად, საფუძველი ჩაეყარა მდგრადი განვითარების დღეს არსებულ აღქმას. ბრუნდტლენდის ანგარიშის მიხედვით, მდგრადი განვითარება არის განვითარება, რომლის დროსაც ამჟამინდელი საჭიროებების დაკმაყოფილება ხდება მომავალი თაობების მიერ, საკუთარი საჭიროებების დაკმაყოფილების უნარის რისკის ქვეშ დაყენების გარეშე. აღსანიშნავია, რომ მდგრადი განვითარების დღეს არსებული აღქმა, რომელიც გულისხმობს საზოგადოების ორგანიზებას იმგვარად, რომ შეძლოს გრძელვადიან პერიოდში არსებობა გარემოსა და ბუნებრივი რესურსების დაცვით, ასევე, სოციალური და ეკონომიკური თანასწორობის მიღწევა/შენარჩუნებით, ეფუძნება სწორედ ბრუნდტლენდის ანგარიშის განმარტებას.

1988 წელი – კლიმატის ცვლილება და მდგრადი განვითარება

ცნობიერების გაზრდამ იმის შესახებ, თუ რა გავლენა შეიძლება მოახდინოს კლიმატის ცვლილებამ პლანეტაზე და ადამიანის სიცოცხლეზე, განაპირობა მსოფლიო მეტეოროლოგიური ორგანიზაციის და გაეროს განვითარების პროგრამის ფარგლებში კლიმატის ცვლილების მთავრობათაშორისი პანელის შექმნა.

როგორც გაეროს გენერალური ასამბლეის რეზოლუციაში 43/53 არის აღნიშნული, კლიმატის ცვლილების მთავრობათაშორისი პანელის მიზანია ყოვლისმომცველი ანგარიშებისა და რეკომენდაციების მომზადება კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებულ არსებულ მეცნიერულ ცოდნაზე, კლიმატის ცვლილების სოციალურ და ეკონომიკურ შედეგებზე, აგრეთვე, სტრატეგიებსა და იმ პოტენციურ ელემენტებზე, რომელთა გათვალისწინებაც შესაძლებელია კლიმატის ცვლილების სამომავლო კონვენციებში.

1998 წლიდან დღემდე კლიმატის ცვლილების მთავრობათაშორისი პანელის მიერ მომზადებულია შეფასების 5 ციკლი და 5 ანგარიში, რომლებიც წარმოადგენს მსოფლიოში ყოვლისმომცველ სამეცნიერო დოკუმენტებს კლიმატის ცვლილების მიმართულებით.

სტაბილური ბიზნესი 1.0

ჯერ კიდევ 1994 წლამდე, მდგრადი მენეჯმენტის დამკვიდრების საწყის ფაზაში, ბიზნესს ჰქონდა სურვილი, გამკლავებოდა მის წინაშე არსებულ სოციალურ და გარემოსთან დაკავშირებულ საკითხებს. თუმცა, ბიზნესი იყო ისევ ეკონომიკურ წარმატებაზე ორიენტირებული. უმეტეს შემთხვევაში, ეს იწყებოდა კომპანიის მიერ იმის გააზრებით, რომ მდგრადი მენეჯმენტი ამცირებდა ხარჯებს, რისკებს ფინანსურ ბაზრებზე, ან ზრდიდა მათ რეპუტაციას სამუშაო ბაზარზე და პროდუქციის ბაზარზე მათ განსხვავებებს წარმოაჩენდა, თუ, რა თქმა უნდა, მდგრადი განვითარების საკითხები აქტიურად და წარმატებით იყო მიწოდებული. მდგრადი მენეჯმენტის გაგება, ამ შემთხვევაში, ითვალისწინებდა მოგების მაქსიმიზაციას, თუმცა, ეკონომიკური, ეკოლოგიური და საზოგადოებრივი შესაძლებლობებისა და რისკების მართვით. ამას შეიძლება ვუწოდოთ “Business Sustainability 1.0” (ბიზნესის მდგრადობა 1.0), და აქ იგულისხმება კორპორაციული სოციალური პასუხისმგებლობა.

სტაბილური ბიზნესი 2.0

1994 წელი იყო გარდამტეხი მდგრადი ბიზნესის განვითარებაში. სწორედ ამ წელს ჯონ ელკინტონმა შემოგვთავაზა მოდელი, სადაც ეკონომიკური, ეკოლოგიური და სოციალური მიზნები ერთდროულად არის კომპანიისთვის მნიშვნელოვანი. ეს უკავშირდება “three-dimensional value creation” ან the “triple bottom line”-ს (ანუ, ეკონომიკური, ეკოლოგიური და სოციალური ფაქტორების ერთმნიშვნელოვნების აღიარებას). ამ მიზნის მისაღწევად ბიზნესმა განახორციელა მდგრადი განვითარების სხვადასხვა სტრატეგია და გეგმა. ამავე დროს, შეინიშნება ამ მოდელის ბიზნეს პროცესებში ინტეგრირების მზარდი ტენდენცია. აღნიშნულ ფაზაში უკვე აღარ არსებობს კონკრეტული პოზიცია ან სამსახური, რომელიც მდგრად განვითარებაზე მუშაობს, არამედ, ბიზნესის ნორმალური ფუნქციონირება, სწორედ, ამ პრინციპებზეა დაფუძნებული და ყოველი სამსახური თუ დეპარტამენტი მდგრადი განვითარების ინტეგრირებას ახორციელებს მათ მიზნებში. ამ გაგებას ჩვენ დავარქვათ: “Business Sustainability 2.0” or “managing for the triple bottom-line”

კიოტოს ოქმი

კიოტოს ოქმი მიღებულ იქნა იაპონიის ქალაქ კიოტოში 1997 წლის 11 დეკემბერს და ძალაში შევიდა 2005 წლის 16 თებერვალს. ოქმის განხორციელების დეტალური წესები დადგინდა 2001 წელს მაროკოში, კლიმატის ცვლილების მხარეთა კონფერენციის მე-7 სესიაზე და ცნობილია მარაკეშის შეთანხმების სახელით. კიოტოს ოქმს საქართველო 1999 წლის ივნისში შეუერთდა. კიოტოს ოქმი გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის ფარგლებში დადებული დამატებითი საერთაშორისო შეთანხმებაა. ოქმის მიზანია ატმოსფეროში სათბურის აირების კონცენტრაციის დასტაბილურება ისეთ დონეზე, რომელიც დედამიწის კლიმატისთვის საშიში არ იქნება. იმის აღიარებით, რომ სათბურის აირების არსებულ მაღალ დონეებზე უმთავრესად პასუხისმგებელნი არიან განვითარებული ქვეყნები, 150-წლიანი აქტიური სამრეწველო საქმიანობის გამო, ოქმი მათ „საერთო, მაგრამ დიფერენცირებული პასუხისმგებლობის პრინციპიდან" გამომდინარე, ვალდებულებებს აკისრებს. კიოტოს ოქმი ბუნებრივ გარემოსთან მიმართებით ერთადერთი რეალურად მოქმედი მექანიზმი – ჩარჩო დოკუმენტია იმ ღონისძიებებისთვის, რომლებიც მიმართულია ატმოსფეროში ადამიანის მოქმედების შედეგად მოხვედრილი ნახშირორჟანგის მოცულობის სტაბილიზაციისა და შემცირებისკენ.

გაეროს ათასწლეულის დეკლარაცია

2000 წლის 8 სექტემბრის გაეროს მე-8 პლენალურ სხდომაზე, ნიუ იორკში, 147 სახელმწიფოსა და მთავრობის მეთაურებმა მიიღეს "გაეროს ათასწლეულის დეკლარაცია". მასში ჩამოყალიბებულია მსოფლიოს მშვიდობის, უსაფრთხოებისა და განვითარების საკითხები, აგრეთვე, წარმოდგენილია გარემოს დაცვის, ადამიანის უფლებების დაცვისა და ეფექტიანი სახელმწიფო მართვის პრინციპები.

დეკლარაციაში განსაზღვრულია ათასწლეულის განვითარების მიზნები:

1. უკიდურესი სიღარიბისა და შიმშილის აღმოფხვრა;
2. დაწყებითი განათლების უზრუნველყოფა;
3. გენდერული თანასწორობა;
4. ბავშვთა სიკვდილიანობის შემცირება;
5. დედათა ჯანმრთელობის გაუმჯობესება;
6. აივ/შიდსთან და სხვა დაავადებებთან ბრძოლა;
7. ეკოლოგიური მდგრადობა;
8. მსოფლიო თანამშრომლობა განვითარებისათვის.

9.

გაეროს გლობალური შეთანხმება

გაეროს 2000 წლის გლობალური შეთანხმება (UN Global Compact) არის მსოფლიოში ყველაზე დიდი კორპორაციული მდგრადობის ინიციატივა, რომელიც ხელს უწყობს ხალხისთვის, საზოგადოებისა და ბაზრისთვის მდგრადი და ინკლუზიური გლობალური ეკონომიკის შექმნას. აღნიშნულის მისაღწევად გაეროს გლობალური შეთანხმება ბიზნესს მოუწოდებს, რომ:

(1) პასუხისმგებლობით აწარმოოს თავისი საქმიანობა, რაც გულისხმობს, შეთანხმებით გათვალისწინებული ათი პრინციპის ინტეგრირებას მუშაობის სტრატეგიასა და ყოველდღიურ ოპერაციებში. გლობალური შეთანხმების ათი პრინციპის მიზანია, ბიზნესის ყურადღების მიპყრობა შემდეგი მიმართულებებით: ადამიანის უფლებები, შრომის უფლებები, გარემოს დაცვა და კორუფციის წინააღმდეგ ბრძოლა.

(2) ხელი შეუწყოს ზოგადი საზოგადოებრივი მიზნების განხორციელებას, როგორიცაა გაეროს მდგრადი განვითარების მიზნები.

იოჰანესბურგის 2002 წლის სამიტი

იოჰანესბურგის 2002 წლის სამიტი – მსოფლიო სამიტი მდგრადი განვითარების შესახებ – აერთიანებდა ათიათასობით მონაწილეს, მათ შორის, სახელმწიფოთა და მთავრობის მეთაურებს, ეროვნულ დელეგატებსა და არასამთავრობო ორგანიზაციების ლიდერებს, ბიზნესებსა და სხვა მნიშვნელოვან ჯგუფებს, რათა ყურადღება გაემახვილებინათ მსოფლიოში არსებულ რთულ გამოწვევებსა და შესაძლებლობებზე, როგორიცაა ადამიანთა ცხოვრების დონის გაუმჯობესება, ბუნებრივი რესურსების შენარჩუნება მოსახლეობის ზრდის, საკვებსა და წყალზე, თავშესაფარზე, სანიტარიაზე, ენერგეტიკაზე, ჯანმრთელობის სერვისებსა და ეკონომიკურ უსაფრთხოებაზე მუდმივად მზარდი მოთხოვნის პირობებში.

ბიომრავალფეროვნების საკითხები

2010 წელს ნაგოიაში (იაპონია) ჩატარდა COP10 (მხარეთა კონფერენცია 10) ბიომრავალფეროვნების შესახებ. აღნიშნულ შეხვედრაზე მიღებულ იქნა ბიომრავალფეროვნების შესახებ კონვენციის ნაგოიას ოქმი , რომელიც ეხება გენეტიკურ რესურსებზე დაშვებას და მათი გამოყენებით მიღებული სარგებლის სამართლიან და თანაბარ გადანაწილებას.

მდგრადი განვითარების მიზნები

2012 წლის 20-22 ივნისს ბრაზილიაში, რიო-დე-ჟანეიროში, ჩატარდა გაეროს მდგრადი განვითარების კონფერენცია – Rio+20. მას შედეგად მოჰყვა პოლიტიკური შედეგების დოკუმენტი, რომელიც შეიცავს მკაფიო და პრაქტიკულ ნაბიჯებს მდგრადი განვითარების მისაღწევად. სწორედ ამ კონფერენციაზე დაიწყო მდგრადი განვითარების მიზნების (SDGs) შემუშავების პროცესი. აღნიშნული უნდა ყოფილიყო ათასწლეულის განვითარების მიზნების ბუნებრივი და ბევრად ეფექტური გაგრძელება. ამავე კონფერენციაზე მიიღეს მნიშვნელოვანი გადაწყვეტილებები მწვანე ეკონომიკის პოლიტიკის მიმართულებით.

სწორედ 2012 წლის გაეროს მდგრადი განვითარების კონფერენცია – Rio+20-ზე ჩამოყალიბდა უმაღლესი რანგის პოლიტიკური ფორუმი მდგრადი განვითარებისთვის (High-level Political Forum on Sustainable Development (HLPF), რომელიც პირველად 2013 წლის 24 სექტემბერს შეიკრიბა. აღნიშნულმა ჩაანაცვლა 1993 წლიდან არსებული მდგრადი განვითარების კომისია. სწორედ 2013 წლიდან, ყოველი წლის სექტემბერში ტარდება აღნიშნული შეხვედრა.

2012 წლიდან 2015 წლამდე მიმდინარეობდა კონსულტაციები გლობალური მდგრადი განვითარების მიზნების შესამუშავებლად. ამ პერიოდში:

- 100-ზე მეტ ქვეყანაში ჩატარდა ადგილობრივი კონსულტაციები;
- 7.3 მილიონზე მეტმა ადამიანმა დააფიქსირა თავისი აზრი გლობალური მიზნების პრიორიტეტულობასთან დაკავშირებით;
- ჩატარდა 11 გლობალური თემატიკის კონსულტაცია;
- გაერთიანებული ერების 32 ქვეორგანიზაცია აქტიურად მონაწილეობდა ამ პროცესში;

აღნიშნული მაღალი ჩართულობა მიზნად ისახავდა, მდგრადი განვითარების მიზნების თითოეული ადამიანის, ბიზნესისა და მთავრობისთვის პრიორიტეტად ქცევას.

2015 წლის 25 სექტემბერს მსოფლიოს სახელმწიფოთა ლიდერები შეიკრიბნენ მდგრადი განვითარების სამიტზე ნიუ იორკში (აშშ) და შეთანხმდნენ მსოფლიოს განვითარების ახალი დღის წესრიგის – მდგრადი განვითარების მიზნების (SDGs) შესახებ. განვითარების ახალი დღის წესრიგი მოიცავს 17 გლობალურ მიზანს, რომლებმაც უნდა განსაზღვრონ მსოფლიოს განვითარების პრიორიტეტები 15 წლის მანძილზე – 2016 წლიდან 2030 წლამდე.

პარიზის შეთანხმება

პარიზში გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო კონვენციის ფარგლებში 2016 წლის 22 აპრილს მიიღეს პარიზის შეთანხმება. პარიზის შეთანხმება, რომელსაც 200-მდე ქვეყანა უერთდება, გლობალური ძალისხმევაა „სათბურის ეფექტის" შესაჩერებლად, რაც ადამიანის საქმიანობის შედეგად „სათბურის გაზების" ემისიებმა და, შესაბამისად, ატმოსფეროში მათმა ჭარბმა კონცენტრაციამ

გამოიწვია. პარიზის შეთანხმება კლიმატის ცვლილების შესახებ მიზნად ისახავს კლიმატის ცვლილების საფრთხეზე გლობალური რეაგირების გაძლიერებას, მდგრადი განვითარებისა და სიღარიბის აღმოფხვრისკენ ძალისხმევის მიმართვას. ასევე, იგი მოიაზრებს კლიმატის ცვლილების უარყოფით შედეგებთან ადაპტაციის უნარის გაზრდას.

პარიზის შეთანხმების მიზანია 2030 წლისთვის გლობალური საშუალო ტემპერატურის ზრდის 2 °C-მდე შეზღუდვა პრეინდუსტრიულ დონესთან შედარებით, აგრეთვე, ხელშეკრულებაში აღნიშნულია ტემპერატურის ზრდის 1.5°C-მდე შეზღუდვის მცდელობაც.

მწვანე შეთანხმება

ევროკავშირი მსოფლიო ლიდერია, როგორც კლიმატის ცვლილების წინააღმდეგ ბრძოლაში, ასევე პლანეტის დაცვის საქმეში. 2019 წლის დეკემბერში წარდგენილი ახალი "მწვანე შეთანხმების" ინიციატივის ფარგლებში, ევროკავშირი აპირებს, რომ გადადგას შემდეგი ნაბიჯი და 2050 წლისთვის გახდეს პირველი კლიმატ-ნეიტრალური კონტინენტი, სადაც:

1) 2050 წლისთვის აღარ მოხდება სათბურის აირების გაფრქვევა;

2) ეკონომიკური ზრდა არ იქნება დამოკიდებული რესურსების მოხმარებაზე;

3) არცერთი ქვეყნა და არცერთი ადამიანი არ დარჩება ამ ინიციატივის მიღმა;

მდგრადი განვითარების ისტორიის მნიშვნელოვანი მოვლენების მიმოხილვასთან ერთად, ასევე, უნდა გავითვალისწინოთ ის ფაქტი, რომ იგი უმეტესწილად ორიენტირებულია მომავალზე და მსოფლიოს წინაშე ჯერ კიდევ ბევრი გადაუწყვეტელი პრობლემა დგას. აღნიშნული პრობლემები მოითხოვს სახელმწიფოების, საზოგადოებისა და სხვადასხვა ინსტიტუტის კოორდინირებულ და ეფექტიან თანამშრომლობას. მდგრადი განვითარების ისტორია იწერება დღეს და თითოეულ მხარეს შეუძლია, შეიტანოს მნიშვნელოვანი წვლილი მდგრადი მომავლის შენებაში.

მთის მდგრადი განვითარების ისტორია

"მდგრადი მთის განვითარების" გარემოსდაცვითი ცნობიერების განვითარების ისტორია სათავეს იღებს სტოკჰოლმის 1973 წლის გარემოს კონფერენციიდან. მისი შემდგომი გაგრძელება იყო საერთაშორისო გეოგრაფიული კავშირის კომისიისა და გაეროს უნივერსიტეტის (UNU) მთის პროექტები, რომელიც ამ უკანასკნელებმა დაიწყეს 1978 წელს. მთებზე მთელი ეს კვლევა და

ინტელექტუალური აქტივობა მომწიფდა 1992 წელს რიო-დე-ჟანეიროში გამართულ დედამიწის სამიტის დროს, სადაც პირველად საყოველთაოდ შეთანხმებული მთავარი დოკუმენტი მიიღეს - „დღის წესრიგი 21“, - მე-13 თავით, რომელშიც კონცენტრირებულია მთის გარემოს გლობალური თემატური პრობლემები და ხედვები, რაც საფუძველი გახდა, რომ 2002 წელი მთების საერთაშორისო წლად გამოცხადებისა, ხოლო 11დეკემბერი მსოფლიო კალენდარზე მთის საერთაშორისო დღედ დამკვიდრებისა.

ზემო აღნიშნულმა განაპირობა, რომ 1980 წელს მთის საერთაშორისო საზოგადოება, ხოლო მის წიაღში 1981 წელს კვარტალური ჟურნალი "მთის კვლევა და განვითარება".სამუშაო გაფართოვდა შემდგომ კვლევით მცდელობებში, მათ შორის ბუნებრივი გარემოს პროგნოზირებული ძირითადი კატასტროფების სპეციფიკური შეფასებები, როგორიცაა მყინვარის ტბების პოტენციური აფეთქების სტატუსი (GLOFs), კლიმატის დათბობის ზემოქმედება და მთის თემების საარსებო ინკორპორაცია, რომელიც თავდაპირველად გარემოსდაცვითი ცოდნის შემეცნების ენთუზიაზმით იყო აღიარებული და დაკავებული.

ევროპის მთები და კლიმატის გლობალური ცვლილება

სხვა კონტინენტებთან შედარებით ზომიერი სიმაღლის მთების მიუხედავად, ევროპას ბევრი მთათა დიაპაზონი აქვს. ისინი გვხვდება ევროპის კონტინენტის თითქმის ყველა ნაწილში და ევროპის უმეტეს ქვეყნებში. კონტინენტის ყველაზე ჩრდილოეთი მთებია ისლანდიისა და

სკანდინავიის, ყველაზე სამხრეთი არის ხმელთაშუა ზღვის ჩრდილოეთ სანაპიროებზე,

ხმელთაშუა ზღვის მრავალ მთიან კუნძულზე ბალეარის კუნძულებიდან

კვიპროსი და თურქეთის უმეტეს ნაწილში. კონტინენტის დასავლეთ მხარეს არის მთები

პორტუგალიისა და ესპანეთის (იბერიის ნახევარკუნძულის ნახევარზე მეტი მთიანია) და

ბრიტანეთის კუნძულები. ურალი განსაზღვრავს კონტინენტის ყველაზე აღმოსავლეთ ნაწილს და მათ სამხრეთ-დასავლეთით არის კავკასიონი, რომელიც მოიცავს კონტინენტის უმაღლეს მწვერვალს (მთა იალბუზი 5633 მ).

მთების ყველაზე გრძელი ჯაჭვი გვხვდება სკანდინავიის ხერხემლის გასწვრივ, მეორე ყველაზე გრძელი არის ურალი, ხოლო სიგრძით მესამე არის კავკასია. ალბათ ყველაზე ცნობილი და რა თქმა უნდა ყველაზე ტურისტულად დატვირთული მთები არის ალპები, რომლთა ყველაზე მაღალ სიმაღლეს საფრანგეთის სამხრეთ დასავლეთით საზიარო საფრანგეთ- შვეიცარია - იტალის მასივზე 4807 მ-მდე აღწევს მწვერვალი მონბლანი. თუმცა ზემოთ ნახსენები მთათა სისიტემებისა ევროპაში არის ასევე სხვა მთის ჯაჭვები კერძოდ ტიპიურ დასავლეთ ევროპაში, როგორიცაა ბებერი პირენეები, აპენინები და მრავალი ევროპული მთები, როგორიცაა კარპატები, დინარული ბალკანეთის მთები.

აღსანიშნავია, რომ დღემდე მეცნიერულად შეთანხმებული მთის სტანდარტული განმარტება არ არსებობს მათ შორის ევროპის მასშტაბითაც, რაც წინაპირობაა მისი განმარტებით ნაწილში ეროვნული განსხვავებებისა

და ეროვნული განმარტებები მნიშვნელოვნად განსხვავდება. გლობალური მთის მონაცემთა ბაზის ჩანაწერის გამოყენებით დედამიწაზე ყოველი კვადრატული კილომეტრის საშუალო სიმაღლე მთების განსაზღვრავის საფუძველია, რომელიც აღირიცხება ყოველ კვადრატულ კილომეტრზე და აკმაყოფილებს შემდეგ კრიტერიუმებს;

• > 2500 მ; ან

• 1500 მ-დან 2499 მ-მდე, თუ დახრილობა >2°; ან

• 1000 მ-დან 1499 მ-მდე, თუ დახრილობა >5° და ლოკალური სიმაღლის დიაპაზონი (რადიუსი 7

კმ) > 300 მ; ან

• 300 მ-დან 999 მ-მდე, თუ ადგილობრივი სიმაღლის დიაპაზონი (რადიუსი 7 კმ) > 300 მ.

ამ კრიტერიუმების მიხედვით, ევროპის მთები მოიცავს კონტინენტის 19%-ს (გარდა

რუსეთის ფედერაცია და კავკასიის სახელმწიფოების). პროპორციები განსხვავდება

მნიშვნელოვნად: მთებს უკავია ჩრდილოეთ და დასავლეთ ევროპის ტერიტორიის 15% და

აღმოსავლეთ და სამხრეთ ევროპის 24%. მთები გადაჭიმულია არქტიკიდან ხმელთაშუა ზღვამდე და სუბტროპიკულ ადგილებშიც კი.

კავკასია და კლიმატი, რომელიც ასევე მერყეობს ოკეანურიდან კონტინენტურამდე, ფიზიკურად ევროპის მთების ბუნებრივი პირობების

მრავალფეროვანების ალტერნატული ქმნილებაა. კონკრეტული მთის ქედი ან მასივი არის მიკროკლიმატის დიაპაზონი ვარიაციებში, სიმაღლეში, ფერდობზე და ასპექტში. მიკროკლიმატის დიაპაზონი ერთ-ერთი ფაქტორია რაც იწვევს ეკოსისტემის დიდ მრავალფეროვნებას. ისინი ძალიან მრავალფეროვანია ევროპის მთებში, რომლებიც მოიცავს ზოგიერთ მდიდარ საზოგადოებრივ, მაღალ ინდუსტრიულ და/ან მთის ტურიზმზე დაფუძნებული მაღალ ეკონომიკის მქონე დასავლეთ და ჩრდილოეთ ევროპულ ნაწილებს და

ასევე ღარიბი ევროპის რეგიონებს საარსებო მინიმუმზე დაფუძნებული ეკონომიკით,

განსაკუთრებით სამხრეთ და აღმოსავლეთ ევროპაში. თუმცა მთელ ევროპაში მთის

ლანდშაფტი ასახავს ადამიანთა ურთიერთქმედებას ბიოფიზიკურ სისტემებთან

საუკუნეების განმავლობაში, რომლის თვალსაჩინო მაგალითია სკანდინავიის ტყეები, გლუვი

ალპების მწვანე საძოვრები ან ბალკანეთის დიდი ნაწილის უნაყოფო საძოვრები. ამიტომ

კლიმატის მკვეთრი დღიური და სეზონური ცვალებადობა ყოველთვის მთავარი

ფაქტორია, რომელიც გასათვალისწინებელია სამთო მიწათმოქმედებისა და ეკონომიკური საქმიანობის ვარიანტების განხილვისას.

მთებში მცხოვრები ევროპის მოსახლეობის წილი რთულია შეფასება ორი მიზეზის გამო. ჯერ ერთი, ცალკეულ ქვეყნებსა და ევროკავშირს არ აქვთ თანმიმდევრული მათი მთების განსაზღვრის კრიტერიუმები; გამოიყენება როგორც სიმაღლე, ისე ფერდობის ციცაბო რელიეფი. მეორე ის, რომ მთების აღწერის საანგარიშო რაიონები, რომლებიც მოიცავს მთებს, ასევე მთები მთისწინებსაც მოიცავს მიმდებარე დაბლობებისაგან. მთის ხალხი ახლა უფრო დაბალ სიმაღლეზე ცხოვრობს, ვიდრე საუკუნის წინ და მოსახლეობა

მჭიდროდ დასახლებულ ხეობებში სიმჭიდროვე შეიძლება იყოს დაბლობების სიმჭიდროვის მსგავსი. მაგალითად, მაშინ როცა ალპების მოსახლეობა 7 მილიონიდან 11 მილიონამდე გაიზარდა 1870 წლიდან 1990 წლამდე მთებში მცხოვრები პროპორცია 7,4%-დან 5,8%-მდე შემცირდა. 1990 წელს ალპური მოსახლეობის მხოლოდ 7% ცხოვრობდა 1000 მ სიმაღლეზე.

ზოგადად, მთიან რეგიონებში, რომლებიც ძირითადად დამოკიდებულნი არიან სოფლის მეურნეობაზე და მეტყევეობაზე, მოსახლეობა მცირდება და ბერდება, ძირითადად ემიგრაციის გამო. სადაც კარგად განვითარებული ტურისტული ეკონომიკა არსებობს, მოსახლეობა შეიძლება სტაბილიზდეს ან გაიზარდოს.

მთაში კარგი ხელმისაწვდომობა ეკონომიკური განვითარების მთავარი ფაქტორია. მდებარეობები დიდ ქალაქთან ახლოს

ცენტრები, ან განსაკუთრებით მიმზიდველი კლიმატით ან პეიზაჟებით, სულ უფრო იზიდავს

ახალი მაცხოვრებლებს, ან კეთილმოწყობის მიგრანტები, რომლებიც მოდიან მთის ცხოვრების შესაძლებლობებით სარგებლობისთვის და სპორტი (ხშირად კვირის განმავლობაში ურბანულ ცენტრებში გადაადგილება) ან პენსიაზე გასვლისას უბრუნდებათ მამა პაპური მთის ნოსტალგია. მოსახლეობის ცვლილებები მჭიდრო კავშირშია დასაქმების შესაძლებლობებსა და სტრუქტურების ცვლილებებთან. ევროპის მთებში, მაგრამ განსაკუთრებით ზოგადად ევროკავშირში, იყო ტენდენცია მრავალსექტორული და მრავალფუნქციური მუშაობის ტრადიციული ნიმუშები იცვლება დასაქმებაზე დამოკიდებულებით ერთ სექტორში, ხშირად მთების გარეთ. ▯ევრი ხალხი რომლებიც ჯერ კიდევ ამუშავებენ მიწას, ინახავენ ცხოველებს ან იყენებენ ტყის რესურსებს, ამას აკეთებენ მხოლოდ საღამოობით, შაბათ-კვირას და/ან დასვენების პერიოდში. ისინი ინარჩუნებენ კავშირებს მთებთან ისინი ძირითადად კულტურულები არიან და არა შემოსავლის მომტანი.

მთების ძირითადი ფასეულობები

მიუხედავად იმისა, რომ ევროპელების შედარებით მცირე ნაწილი ცხოვრობს მთებში, ისინი

სასიცოცხლო მნიშვნელობისაა კონტინენტის მოსახლეობისთვის მრავალი თვალსაზრისით და აღიარებულია ევროპის მთა, როგორც „ევროპის დაუფასებელი ეკოლოგიური ხერხემალი“. ალბათ ყველაზე მნიშვნელოვანია მთების როლი, როგორც წყლის კოშკები, ჰაერის მასებიდან წყლის ამოღება და შენახვა, თოვლის სახით, ან ტბებსა და წყალსაცავებში მისი დაგროვება. გაზაფხულზე და ზაფხულში წყალი მოდის მთის მდინარეები ავსებენ ადრინდელ მაღალ დინებას. მთები უზრუნველყოფენ წლიური ნაკადის 31%-ს და ზაფხულში როცა

წყალი განსაკუთრებით საჭიროა დაბლობი ზონის სოფლის მეურნეობისთვის უზრუნველყოფენ 50%-ზე მეტით. მშრალ ადგილებში ხმელთაშუა და ბალკანეთის ევროპისათვის მთის წყალს კიდევ უფრო დიდი მნიშვნელობა აქვს.

როგორც კონტინენტური, ისე რეგიონალური მასშტაბით, ევროპის მთების მეორე საკვანძო როლი არის, როგორც მრავალფეროვნების ცენტრები. მთები

მოიცავს კონტინენტის ბევრ ბიოლოგიური მრავალფეროვნების ცენტრს და მათი მნიშვნელოვანი ნაწილი შენარჩუნებულია როგორც ეროვნული პარკები, ნაკრძალები და სხვა სახის დაცული ტერიტორიები.

ბიოლოგიური მრავალფეროვნება მოიცავს ევოლუციას და მიგრაციას გეოლოგიურ დროში, კონტრასტული პირობები სიმაღლეების ფართო დიაპაზონში და სხვადასხვა ასპექტზე და არსებობა მრავალი მიკროჰაბიტატის მნიშვნელოვანია. გარდა ამისა, ევროპის ბევრი მთა არქტიკის სამხრეთით შეიცავს სახეობებს, რომლებიც ყინულის ხანის რელიქვიებია - დარჩენილი მყინვარების უკან დახევისას - და მრავალი ჰაბიტატი და სახეობა, რომლებიც დაიკარგა საუკუნეების განმავლობაში ადამიანის საქმიანობის შედეგად მიმდებარე დაბლობებზე. მაღალი ბიოლოგიური მრავალფეროვნების ერთ-ერთი საზომია, ის რომ ორი მესამედია ევროპის ფლორისა ძირითადად ან მთლიანად მთიან რაიონებში გვხვდება. მიუხედავად იმისა, რომ სახეობების მნიშვნელოვანი რაოდენობის არსებობა ძირითადად დამოკიდებულია კონკრეტული ბიოფიზიკური ფაქტორების გავლენაზე, ზოგიერთი მთის ჰაბიტატი და სახეობა არის შედეგი და უნდა შენარჩუნდეს ადამიანის საქმიანობისას: როგორიცააბუნებრივი ალპური მდელოები და საძოვრები.

მთის პეიზაჟები ფლორის, ფაუნის, რელიეფის და კლიმატური პირობების მდიდარი მრავალფეროვნების სახლია, მაგრამ ასევე სახეზეა მთაში ბუნებრივი საფრთხის რისკები. მთიან რეგიონებს ბევრი ყველაზე ძლიერი მიწისძვრა ახსოვს, რომელთა უნიკალური, ისტორიული ტოპოგრაფიაა ძირითადად აქტიური ტექტონიკისა და ვულკანური ამოფრქვევის შედეგი. მხოლოდ სამი ბოლო მიწისძვრა - ჩინეთის მთებში (2008), ჰაიტი (2010) და იაპონია (2011) - გამოცხადებულია, რომ ამ მიწისძვრებს დაახლოოებით 320 000- ზე მეტი სიცოცხლე სიცოცხლე შეეწირა. დაღუპულთა უმეტესობა მეწყერმა იმსხვერპლა, შედეგით კი დატოვა მიწის ჩაძირული მიწის ლოკაციები, ბუნებრივი კაშხლებისა და ბარიერების რღვევა და ხშირი ცუნამი. კლიმატის ცვლილება, სავარაუდოდ, წაახალისებს მთებში ბუნებრივი რისკების რაობას, როგორიცაა წყალდიდობა, მეწყერი ან გვალვა.

მთის ქედები ხშირად ქმნიან მკაფიო კლიმატურ ბუნებრივ ბარიერებს, რომლებიც ხელს უწყობეს კლიმატისა და ამინდის ფორმირების პროცესს და მტკნარი წყლის რესრურუსის ხელმისაწვდომობასა და შენახვას. თუმცა, მთებს შეუძლიათ, ასევე წვიმის მატების სტიმულირება, სადაც წლიური ნალექის რაოდენობა შეიძლება აღემატებოდეს 20 მ. მთების ტოპოგრაფია, რომელიც გადაჭიმულია ზღვის დონიდან თითქმის 9 კმ სიმაღლეზე, ხელს უწყობს წვიმის წყალის საგრძნობ მატებას თანმდევი ეროზიული პროცესების შესაბამისი მგრძნობელობით მატებას, ასევე მყინვარული წყალის მდინარეები, რომლებიც გადიან ძალიან განსხვავებულ რელიეფურ სადინარებს, ძირს უთხრის კალაპოტის ფერდობებს და საბოლოოდ იწვევს ნიადაგის ეროზიას და ნგრევას

მთის ფერდობისას მწვერვალებადე. შედეგად მეწყერს შეუძლია ათობით კილომეტრის გადაადგილება კლდისა და ნაშალი მიწისა, რომელიც ხშირ შემთხვევაში ეწინააღმდეგება და არ ემორჩილება რისკის მართვის ყველაზე მძლავრ სტრატეგიებსაც კი.

საშიშროების სხვადასხვა ფორმების მიხედვით მთები ასევე მასპინძლობს მსოფლიოს უდიდეს კაშხლებს - ტბებს, როგორც ბუნებრივ, ასევე ადამიანის მიერ შექმნილს, რომლებიც მომეტებული სიხშირისა და სიმძლავრის მიწისძვრების ეპიცენტრებში მოხვედის შემთხვევაში პოტენციური საფრთხის შემცველნი არიან მთისწინეთისა და ბარის ზონებისათვის. ციცაბო და ვიწრო ხეობათა მთის მდინარეები უხვნალექიანობისას კალაპოტისპირეთისათვის ხშირად აგრესიულები ხდება, რაც საშიში წყალდიდობის გამოუსწორებელი შედეგების მომტანი შეიძლება გახდეს. მთის ფერდობთა ხანგრძლივი ეროზია განუწყვეტლივ ახალ ლანდშაფტურ პეიზაჟებს აყალიბებს ბარის ზონებში, ხოლო ასეთი პეიზაჟები კი ხშირად მაცდურობს მოსახლეობის ცდუნებეზე პეიზაჟების გამოყენება ხდება სასოფლო სამეურნეო თუ ინფრასტრუქტურული მშენებლობებისათვის, რაც სამომავლოდ გამოუსწორებელი შედეგის მომნტანია.

მთები ბუნებრივად აქტიური ლანდშაფტებია და ხშირად განიხილება, როგორც ძალიან ციცაბო ან საფრთხისკენ მიდრეკილი დასახლებისთვის. თუმცა, მოსახლეობის მთისადმი მზარდმა სურვილმა და მისმა დაუდევარმა წინდაუხედაობამ აღნიშული სახის ტერიტორიების ათვისებით ბუნებრივი რისკის საფრთხე შეუქმნა თავისთავს.

მთა, ადამიანი და კლიმატი

მთებში სოციალურ-ეკონომიკური ფაქტორები, მათ შორის დემოგრაფიული ცვლილებები გავლენას ახდენს თვით დაუცველობაზე და ფერდობთა ექსპოზიციაზე, მაშინ როცა კლიმატის ცვლილება გავლენას ახდენს საფრთხის სიხშირეზე და სიდიდეზე, მთის სარტყლებში ტემპერატურის, ქარისა და ნალექის სავარაუდო ცვლილებები თანდართულად იმოქმედებს წყლის ციკლზე და, შესაბამისად, თოვლის, ყინულის და წყლის განაწილებაზე. დნობადი მყინვარები ციცაბო მოჩუქურთმებული ფსკერის პეიზაჟებს ავლენს, რომლებიც დიდი დნობის მყინვარული წყლის ქვემდებარეა და ნალექთა რაოდენობის მატებით, პოტენციური, პერიოდული მეწყერის, წყალდიდობის და ნამსხვრევი მასის ერთად მიედინება სადინარებში.

არის თუ არა კლიმატის ცვლილება მზარდი საფრთხეების შემცველი? ოცდამეერთე საუკუნის დასაწყისში უკვე რამდენიმე ყველაზე თბილი და ნოტიო წელი იყო დაფიქსირებული. (2003-2010) ამ წლების ზაფხულში კლიმატის ინსტრუმენტული დაკვირვებით ევროპის ალპების მწვერვალებიდან ინტენსიურად დაიწყო კლდექვის გახშირებული ცვენა, ალპებში ფართო შეშფოთებას იწვევს მუდმივი ყინვის დეგრადაციის შესახებ კლდის ფერდობის

გამჭოლი ავარიის მიზეზები. არანორმალურმა მუსონურმა წვიმებმა გამოიწვია დამანგრეველი წყალდიდობები და ნამსხვრევები პაკისტანში, ინდოეთსა და ჩინეთში, ათასობით ადამიანი დაიღუპა და გაანადგურეს ორ მილიონზე მეტი საცხოვრებელი სახლი.

მთაში ბუნებრივი საფრთხეები, რისკები და კატასტროფები ხდება იქ, სადაც ადამიანის საქმიანობა კვეთს გეოლოგიურ, ჰიდროლოგიურ, ბიოლოგიურ ან სხვა ბუნებრივ დაბალასებულ პროცესებს. საშიშროება შეიძლება გავიგოთ, როგორც მოცემული გვერდითი ზემოქმედების ალბათობა მოცემულ რეგიონსა და პერიოდში. ამის ნაცვლად, რისკი შეიძლება გავიგოთ, როგორც საშუალო მოსალოდნელი ზარალი კონკრეტულისგან საშიშროება, რომელიც იზომება ყოველწლიურად ან სხვაგვარად. რისკი ხშირად გამოითვლება როგორც მათემატიკური საფრთხის, დაუცველობის (ან დაზიანების პოტენციალის) პროდუქტი და ღირებულება რისკის ქვეშ მყოფი ელემენტები. კატასტროფები და რისკების ინტეგრირებული მართვა მოიცავს პაკეტებს სტრატეგიული ქმედებებს, რომლებიც მიზნად ისახავს რისკის შემცირებას. რისკის შემცირების მიღწევა შესაძლებელია რისკების, დაუცველობისა და ექსპოზიციის შემცირებით (გამოვლენილი ელემენტების რაოდენობა საშიშროებამდე), ან მათი ნებისმიერი კომბინაციით. და ბოლოს, კატასტროფა ეხება უარყოფითს ბუნებრივი საფრთხეების შედეგებს, მაგ. ძირითადი სტრუქტურული დაზიანება ან სიცოცხლის დაკარგვა.

მეცნიერები დიდი ხანია დაინტერესებულნი არიან ბუნებრივი საფრთხის შერბილებისთვის გადაწყვეტილების მხარდაჭერით მთიან რელიეფში. კერძოდ, მკვლევარებმა პრიორიტეტად მიიჩნიეს მეწყერი, წყალთან და ნალექთან დაკავშირებული საფრთხეები კვლევისთვის. როგორც ჩანს სავარაუდოა, რომ კლიმატის ცვლილება ცვლის წყალზე გამოწვეული საფრთხეების სიდიდეს და სიხშირეს, როგორიცაა მუდმივი ყინვაგამძლე კლდე-კედლების არასტაბილურობა, ყინულის ზვავები, მყინვარის ჩავარდნა და კაშხლები. მიუხედავად ამისა, ტერმინი „კლიმატის ცვლილება მოსახლეობის “ მხოლოდ 10 პროცენტს აქვს გათვიცნობიერებული. მთის რეგიონებმა საფრთხეთხეებმა სახეობა-რაობის მიხედვით ჩინეთში, იტალიაში, ტაივანი, ირანი და ინდოეთი კვლევის შედეგების კუთხით ცენტრალური ადგილი დაიკავეს. ეს მიუთითებს უამრავ პრობლემაზე, რომელიც გამოწვეულია აქტიურ მოსახლეობაში მაღალი სიმჭიდროვით მთის ტერიტორიებზე, ასევე ცუდად დოკუმენტირებული რეგიონების გადახედვის საშიშროება ბუნებრივ საფრთხეებთან ურთიერთობისას.

მთიან რეგიონებში მიდგომები და ადაპტაციის სტრატეგიები გარკვეული ტენდენციებით შესამჩნევია სტიქიური კატასტროფების ისტორიული ჩანაწერის მიუხედავად. ზემოქმედების მრავალფეროვნება და შესაძლო არასაკმარისი ანგარიშგება გარკვეულწილად მთიან ტერიტორიებზე გეოფიზიკური

პროცესები, როგორიცაა მიწისძვრები და ვულკანური ამოფრქვევები (და მათი შედეგები) იყო პასუხისმგებელი ლომის წილზე ეკონომიკური ზარალით და ადამიანის სიცოცხლით დამთავრებული მთიან რაიონებში მეოცე საუკუნეში. თუმცა, ჰიდრომეტეოროლოგიური საფრთხეები - როგორიცაა ქარიშხალი, წყალდიდობა და გვალვები - დაზარალდა ადამიანების უდიდესი რაოდენობა, რაც ასახავს გლობალურ ტენდენციას თუ წარსული ჩანაწერი არის რაიმე ნიშანი, მაშინ კლიმატის ცვლილების გავლენა მთის რაიონებში სავარაუდოდ ყველაზე მეტად იგრძნობა დაზარალებული ხალხის მზარდი რაოდენობის თვალსაზრისით. ადაპტაციის სტრატეგიებმა უნდა გაითვალისწინოს ეს და თანაბარი ყურადღება დაეთმოს რისკის ციკლის თითოეულ კომპონენტს- კერძოდ, პრევენციისკენ მიმართული ძალისხმევის გზით, რეაგირება და აღდგენა მოცემულ სტიქიურ უბედურებაზე. პრევენციის მცდელობები არ უნდა მოიცავდეს მხოლოდ ძვირადღირებულ საინჟინრო ღონისძიებებს. ამის ნაცვლად, დაუცველობა მთის პოპულაციებში შეიძლება შემცირდეს შესაძლებლობების ამაღლებისა და ხელშეწყობის გზით საზოგადოების გამძლეობით, და დაბოლოს, გადაუდებელი მომზადების თემატური სწავლება-წვრთნა გვჭირდება ბუნებრივი საფრთხის რისკების შერბილებისათვის.

იაპონიის მთის მდინარეები ინტენსიურად რეგულირდება ჰიდროენერგეტიკისთვის და ეროზიის კონტროლისათვის. იაპონიის მთებში მომქმედი 4000-ზე მეტი ნალექის შემაკავებელი ხელს უწყობს ხშირი წყალდიდობის შერბილებას და მცირე ნამსხვრევებად მიედინება მდინარეები. იაპონიაში ბევრი ფერდობი არაერთხელ დასტაბილურდა საინჟინრო ზომების გამოყენებით შემომავალი მდინარის ნატანის დატვირთვის შესამცირებლად. კლიმატის ცვლილების მომავალი სცენარი ვარაუდობს უფრო ექსტრემალურ ნალექებს მოვლენები იაპონიაში, სავარაუდოდ გაზრდის წყალდიდობას და ნამსხვრევებს

იაპონიაში ძლიერი და ხანგრძლივი წვიმების სიხშირე 30 პროცენტით გაიზარდა ბოლო 30 წლის განმავლობაში. მეწყრული კატასტროფების წლიური სიხშირე აქაც ანალოგიურად გაიზარდა. ამის გადასაჭრელად ზომები მოითხოვს ფრთხილად ბალანსის შენარჩუნებას მდინარის მართვის სტრუქტურებს შორის და რისკის ქვეშ მყოფი აქტივების დაცვა. მეწყერებმა შეიძლება გაანადგუროს ეს გრძელვადიანი ეროზიის კონტროლისკენ ძალისხმევა. ჭარბი მეწყრული ნალექი მდინარის არხებში - მოსალოდნელია კლიმატის ცვლილების შედეგი იყოს, რამაც შეიძლება გაზარდოს ჩამონადენის კოეფიციენტი ისე, რომ წყალდიდობამ მდინარის არხის კალაპოტების დეგრადაციისა და საკონტროლო კაშხლების ძირის დაცემა გამოიწვიოს.

მთის მრავალფეროვნება

მთის რეგიონები გლობალური ბიომრავალფეროვნების ფოკუსია, და მსოფლიოს ბიომრავალფეროვნების ცხელ წერტილების დაახლოებით ნახევარს მასპინძლობს. ამაღლებული გრადიენტები, ცვლილებების ასპექტები და ცვალებადი გეოლოგია მთებში არსებული ნიადაგების სხვადასხვა ჰაბიტატების არსებობის ერთად თანაარსებობის შესაძლებლობას იძლევა.

მთებში ბინადრობს მრავალი ენდემური მცენარისა და ცხოველის სახეობები, რომლებიც, მხოლოდ მთებში გვხვდება. მთები მცენარეთა ძირითადი ცენტრებია სახეობების მრავალფეროვნების.

მთის ტყეები და ეკოსისტემური სერვისები ბუნებრივი მთის ტყეების სახეობების სასიცოცხლო რეზერვუარებია. მარადმწვანე ტროპიკული ღრუბელი ტყეები, განსაკუთრებით, ძალიან მდიდარია ენდემური სახეობებით - მაგრამ ისინი ასევე ყველაზე მეტად არიან მყიფე და ყველაზე შემცირებული ტიპის მთის ტყეები. მთის ტყეებიც ძირითადი ეკოსისტემური სერვისების აუცილებელი პროვაიდერები, როგორიცაა მტკნარი წყლის რესურსები ან დაცვა ბუნებრივი საფრთხის წინააღმდეგ. მსოფლიოს მრავალი უდიდესი ქალაქი მტკნარ წყალზეა დამოკიდებული მთის ეკოსისტემების მიერ მოწოდებული რესურსებით. მაგრამ ეკოსისტემური სერვისები ურთიერთქმედებენ დინამიური გზებით და ერთი ტიპის სერვისის დაცვის მცდელობამ შეიძლება გამოიწვიოს ზარალი სხვა სერვისის. მაგალითად, მთის ტყის მოჭრა მისი ღირებულების გამოსაყენებლად ცალმხვრივად იწვევს მეწყრისგან დაცვის შესაძლებლობის დაკარგვას.

მთები აგრობიომრავალფეროვნების მნიშვნელოვანი ცენტრებია, რომლებიც მასპინძლობს ადგილობრივ მრავალფეროვნებას ადაპტირებულ კულტურებს და პირუტყვს. ეს ჯიშები გადამწყვეტი გენეტიკური რესურსია რათა დაეხმაროს მზარდი გლობალური მსოფლიო მოსახლეობის სასურსათო უსაფრთხოების უზრუნველყოფას. აპრობირებული მთის სასურსათო მოსავლის კულტურები ან პირუტყვის ჯიშები ხშირად უკეთ ეგუებიან ექსტრემალურ მთის კლიმატსა და ტოპოგრაფიას მთის რეგიონებში და უკეთ შეუძლიათ მთის ფერმერების საარსებო წყაროს მდგრადი შენარჩუნება კლიმატის გლობალური ცვლილების პირობებში.

მთიან რეგიონებში სამთო მიწათსარგებლობის გაფართოება და გააქტიურება მთის ბიომრავალფეროვნების დაკარგვის დიდი წყაროა. გარდა ამისა, კლიმატის ცვლილება სულ უფრო მეტად განიხილება, როგორც მთავარი საფრთხე მთის ბიომრავალფეროვნებისთვის. რეგიონულ დონეზე ჰაერის ტემპერატურა გლობალურად იზრდება თავისი ცვალებადობის მასშტაბით. ცალკეული ორგანიზმები ან უნდა გაიქცნენ, ან მოერგონ ცვალებად გარემო პირობებს, რათა არ გადაშენდნენ. მაგალითად, პეპლების გარკვეული სახეობები მიგრირებენ

ჩრდილოეთით, ან უფრო მაღალ სიმაღლეებზე, ტემპერატურის მატებას თავის დასაღწევად. მცენარეები, რა თქმა უნდა, ვერ გადაადგილდებიან ასე სწრაფად, როგორც ცხოველები. მიუხედავად ამისა, აღმავალი ძვრები აღმოჩენილია ზოგიერთ მცენარეთა შორის სახეობები, ხოლო სხვა მცენარეები ადაპტირდნენ ძლიერ კლიმატურ ცვლილებებთან. ბევრი მთის მცენარეები ვიწრო ჰაბიტატის ტოლერანტობას ავლენენ. ამის გაკეთებით ხშირად სავარაუდოდ ისინი უფრო დაუცველნი არიან ცვალებად პირობებში. თუმცა, ტყის ხაზის ზემოთ, მთების ტოპოგრაფიული სიმდიდრე, ასევე უზრუნველყოფს მიკროჰაბიტატის ტემპერატურის მოზაიკას მოკლე დისტანციებზე, ტემპერატურაზე მეტად განსხვავებული პირობებით, კლიმატის ცვლილების მთავრობათაშორისი პანელის მიერ პროგნოზირებული ცვლილებათა მიხედვით, რაც უზრუნველყოფს სივრცეს "კლიმატური თავშესაფრებისთვის." როდესაც გლობალური ჰაერის ტემპერატურა იზრდება 2 °C-ით, შემცირდება უფრო გრილი ჰაბიტატების რაოდენობა, რაც წარმოქმნის სიმრავლის ეფექტს და გაზრდის კონკურენციას. ეს მთაში გავლენას მოახდენს როგორც მცენარეთა სახეობების ასევე ცხოველების მრავალფეროვნებაზე. ალპური ჰაბიტატები შეიძლება უფრო მიმზიდველი აღმოჩნდეს მცენარეთა სახეობებისთვის, ვიდრე დაბლობებისა მათი ტოპოგრაფიის გამო, რაც უზრუნველყოფს ხელსაყრელ მიკროჰაბიტატს. თუმცა, ზოგიერთმა იშვიათმა სახეობამ შეიძლება დამარცხდეს სივრცისთვის გრძელვადიან კონკურენციაში, განსაკუთრებით ვინც უფრო გრილი კლიმატის მომხრეა.

ხშირად უფრო ადვილია მხარდაჭერის მოპოვება იმ ნივთების დასაცავად, რომლებსაც აქვთ მიღებული ფულადი ღირებულება. მაგრამ ბიომრავალფეროვნება ეკონომიკური ვადებით ადვილად ვერ აღიქმება. რა თქმა უნდა, მთის გარკვეული კულტურებს – მაგ. ყავას ან ჩაის – აქვს აღიარებული ეკონომიკური ღირებულება. მაგრამ რა არის ალპური მცენარის ზუსტი ღირებულება ან პეპელას? სახეობების უმეტესობა წარმოადგენს ეკოსისტემების მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს, საიდანაც კაცობრიობა იღებს მოგებას პირდაპირ ან ირიბად, მაგალითად, ეკოსისტემური სერვისებით; კონკრეტული ეკონომიკური ღირებულებით ცალკეული სახეობის ან ეკოსისტემური სერვისებისზე თითქმის შეუძლებელია მიბმა. მაგალითად, გარემოს იძულების გამო მცენარეთა მრავალფეროვანი საფარის შენარჩუნება პრაქტიკულად არის ერთადერთი გზა ნიადაგის ეროზიის თავიდან ასაცილებლად არაპროგნოზირებად პირობებში. ევროპის ალპების ტყეები მოითხოვს მაღალ დონის ბიომრავალფეროვნებას, რათა უზრუნველყოს გრძელვადიანი დამცავი ფუნქცია მეწყერისაგან, კლდეების ჩამოვარდნისაგან და ზვავებისაგან. მთის მრავალფეროვანი ტყის დაცვით უზრუნველყოფილ იქნება დასახლებების, სატრანსპორტო მარშრუტებისა და ტექნიკური ინფრასტრუქტურის უსაფრთხო, მდგრადი შენარჩუნება.

მთის ბიომრავალფეროვნების მართვა სულ უფრო მეტად აღიარებულია გლობალურ პრიორიტეტად. მსოფლიოში დაცული ტერიტორიები ბოლო 50 წლის განმავლობაში სულ მცირე შვიდჯერ გაიზარდა. ძირითადად მთიან რაიონებში. თუმცა, საჭიროა ბიომრავალფეროვნების კონსერვაციის ძლიერი ძალისხმევა გააგრძელოს ბიომრავალფეროვნების დაკარგვის შემცირების 2030 წლის მიზნის მიღწევა. კლიმატის ცვლილებამ შეიძლება შექმნას დამატებითი ზეწოლა ბიომრავალფეროვნების შენახვაზე, სადაც ასევე კლიმატის ცვლილებამ ასევე შეიძლება გაიზარდოს მთებში რესურსების ინტენსიური გამოყენების მოთხოვნა.

ბიომრავალფეროვნების ღირებულებით ხშირად უფრო ადვილია მხარდაჭერის მოპოვება იმ ნივთების დასაცავად, რომლებსაც აქვთ მიღებული ფულადი ღირებულება. მაგრამ ბიომრავალფეროვნება ეკონომიკურ ვადებში ადვილად ვერ აღიქმება ვადები. რა თქმა უნდა, მთის გარკვეული კულტურები – მაგ. ყავას ან ჩაის – აქვს აღიარებული ეკონომიკური ღირებულება, მაგრამ რა არის ალპური მცენარის ზუსტი ღირებულება ან პეპელას? სახეობების უმეტესობა წარმოადგენს ეკოსისტემების მნიშვნელოვან შემადგენელ ნაწილს, საიდანაც კაცობრიობა იღებს მოგებას პირდაპირ ან ირიბად, მაგალითად, ეკოსისტემური სერვისებით; მიმაგრება კონკრეტული ეკონომიკური ღირებულება ცალკეული სახეობის ან ეკოსისტემური სერვისებიზე თითქმის შეუძლებელია. მაგალითად, გარემოს იძულებისას მცენარეთა მრავალფეროვანი საფარის შენარჩუნება პრაქტიკულად არის ერთადერთი გზა ნიადაგის ეროზიის თავიდან ასაცილებლად არაპროგნოზირებად პირობებში. ევროპის ალპების ტყეები მოითხოვს მაღალ დონის ბიომრავალფეროვნებას რათა უზრუნველყოს გრძელვადიანი დამცავი ფუნქცია მეწყერისაგან, კლდეების ჩამოვარდნისა და ზვავებისაგან. მთის მრავალფეროვანი ტყის დაცვა უზრუნველყოფს დასახლებების, სატრანსპორტო მარშრუტებისა და ტექნიკური ინფრასტრუქტურის შენარჩუნება.

მთის ტყეები

მთის ტყეები ალპებში და სხვა მთიან რეგიონებში უზრუნველყოფს გარემოს ეფექტურ დაცვას ბუნებრივი საფრთხისგან, როგორიცაა კლდეები, ზვავები და ზედაპირული მეწყერები. ბიომრავალფეროვნების ხელშეწყობა უზრუნველყოფს კლიმატური ცვლილებების პირობებში გარემოს მდგრად შენარჩუნებას და გრძელვადიან პერსპექტივაში გაზრდის მის დამცავ ფუნქციებს.

შვეიცარიის ტყეების თითქმის 50 პროცენტი, ხოლო საქართველოში 90 პროცენტი უზრუნველყოფს მთის ბუნებრივ დაცვას საფრთხეებისაგან. ტყეების მიერ მოწოდებული ბუნებრივი დაცვის შესაძლებლობის გარეშე წარმოუდგენელი იქნებოდა სხვა დამცავი ღონისძიებების გატარება ალპებისა და ზოგადად მთიან დიდ ტერიტორიებზე, სადაც მნიშვნელოვანი

საკომუნიკაციო, ურბანული სამთო ინფრასტრუქტურა (მაგ. გზები) მდებარეობს. დაცვის სხვა ზომებთან შედარებით, ტყეების მიერ მოწოდებული ბუნებრივი დაცვა დროთა განმავლობაში დინამიურია და შესაბამისად მიდრეკილია პერიოდული ან მკვეთრი ცვლილებების მიმართ. გლობალური პროგნოზირებული სცენარების მიხედვით დათბობისას, ჩვენ მოველით დამცავი ფუნქციების ზრდას ტემპერატურის გარშემო - მგრძნობიარე ხის ხაზებით. თუმცა, ტყეების დამცავი ფუნქციებიც შეიძლება იყოს მკვეთრად შემცირებული ფართომასშტაბიანი დარღვევების შედეგად, როგორიცაა ტყის ხანძარი ან მავნე მწერების გავრცელება - ორივე, სავარაუდოდ, გაიზრდება კლიმატის ცვლილების შედეგად. მართლაც, ტყეების დაცვის მართვის ერთ-ერთი ყველაზე დიდი გამოწვევაა იმის გაგება, თუ როგორ რეაგირებს ის არეულობებზე და როგორ შეინარჩუნოს ან გააძლიეროს მათი აღდგენის უნარი დიდი დარღვევების შემდეგ. თუმცა ამ მხვრივ ცოტა კვლევა ჩატარებული, რომელიც კონკრეტულად დაცვის ტყეებში ბიომრავალფეროვნებაზე იყო ფოკუსირებული. სამეცნიერო მტკიცებულება, რომელიც ჩვენ გვაქვს, მტკიცედ ადასტურებს იმ დასკვნას, რომ ტყის ეკოსისტემების მდგრადობა მრავალჯერ არის დამოკიდებული ბიომრავალფეროვნების დონეები მაგალითად, სახეობის დონეზე ნაჩვენებია, რომ სუფთა ნაძვნარები, რომელიც ძირითად ალპური ზონის ჩრდილოეთის ექსპოზიციაზეა გავრცელებული უფრო მეტად მიდრეკილია ნაძვის ლაფნაჭამია ხოჭოების გავრცელებისაკენ, ხოლო შერეული ფართფოთლოვანი ტყეები თავისი მრავალფეროვანი სახეობრივი მდგენელით უფრო მდგრადია თვით დაცვისადმი და ასეთი ბიოლოგიური აფეთქებების მიმართ უკეთ ინარჩუნებს დამცავ ფუნქციას.

მდგრადობა არის ტყის ეკოსისტემის შესაძლებლობა შეინარჩუნოს მისი ფუნდამენტური ბუნებრივი სტრუქტურა, ფუნქცია და როდესაც გამოწვევები შეჯახების წინაშე დგას, როგორიცაა უპრეცედენტო დათბობა ან ფართომასშტაბიანი ბუნებრივი დარღვევები. ანალოგიურად, ტყეები ასეთ დროს აჩვენებენ ფესვთა ტიპების უფრო მრავალფეროვნებას (სხვადასხვა ნიადაგის ფენებთან და სხვადასხვა სახეობის მიკორიზულ სოკოებთან თავსებადობა)რითაც ცენოზი ნაკლებად მიდრეკილია ნიადაგის ეროზიისა და ზედაპირული მეწყრებისკენ.

მთლიანობაში, მრავალფეროვნი ტყის კორომი სხვადასხვა ვერტიკალური ფენების და მკვდარი ხის ჩათვლით - უზრუნველყოფს ხელსაყრელ ჰაბიტატს ფლორის სხვა სახეობებისთვის და ფაუნის უფრო მეტ მდგრადობას ხელსუწობს მწერების დაზიანების ან აფეთქების მიმართ. თუნდაც ბუნებრივი მთის ტყეები, რომლებიც შედგება მხოლოდ ერთი ხემცენარე სახეობისგან (მაგ. ნაძვი) შეიძლება შეიცავდეს იშვიათი სახეობების სტრუქტურულად მრავალფეროვანი ტერიტორიების ჰაბიტატს. პეიზაჟზე უფრო ჰეტეროგენულ ლანდშაფტებზე გავრცელებული დამცავი ტყეები ნაკლებად მგრძნობიარეა ტყის მასიურ

ხანძრებიიის და სხვა ფართომასშტაბიანი ბუნებრივი არეულობისადმი, რადგან სივრცითი ტყის სტრუქტურის ცვალებადობა აფერხებს ბიოლოგიური არეულობის გავრცელებას. სინქრონულად ალპებში ტყის მემკვიდრეობამ განაპირობა განვითარების ფართო ჰომოგენური ეტაპები, რომელიც ამჟამად უზრუნველყოფს კარგ დაცვას ბუნებრივი საფრთხისგან, (მაგ. კლდეები, ზვავები) მაგრამ მათ შეუძლიათ გამძლეობის კომპრომეტირებაც გარკვეული საფრთხეებისად. მხოლოდ ტყის მართვის მიზნები მაქსიმალურად ბიომრავალფეროვნებასა და ადამიანური ინფრასტრუქტურის რისკების მინიმიზაცია ყოველთვის არ შეიძლება ერთმანეთს ემთხვეოდეს მოკლევადიან პერსპექტივაში, ისინი სულ უფრო მეტად იყრიან თავს, როდესაც განიხილება გრძელვადიანი პერსპექტივა, განსაკუთრებით კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებით. ეს სულ უფრო და უფრო აღიარებულია დაცვაზე პასუხისმგებელი სატყეო ორგანოების მართვის პოლიტიკაში.

მთები, კლიმატის ცვლილება და სასურსათო უსაფრთხოება

მთაში კლიმატის ცვლილება, სამომავლოდ სავარაუდოდ გააუარესებს მთის ბევრი ფერმერის საცხოვრებელ პირობებს, რომლებიც უკვე სასურსათო უსაფრთხოების თვალსაზრისთ დაუცველები არიან. საცხოვრებელი ადგილების ადგილობრივ პრაქტიკის გაუმჯობესებით და ადაპტაციის სწორი სტრატეგიებით, მათ შეუძლიათ გახდნენ მედეგნი უფრო მდგრადი დარტყმების მიმართ და შეამცირონ მათი დაუცველობა შიმშილისაგან.
მთებში მცხოვრები ხალხი მსოფლიოში ყველაზე დაუცველი, ღარიბი და მშიერია: განვითარებადი ქვეყნებში, მთის მოსახლეობის აბსოლუტური უმრავლესობა სიღარიბის მიღმა ცხოვრობს და საკვებით. მთიანი რელიეფი, თავისი ციცაბო ფერდობები და ხშირად მკაცრი კლიმატი ფერმერებსა და მეურნეებს ყოველდღიურ ცხოვრებისა და მუშაობისთვის სერიოზულ გმოწვევებს უქმნის. უფრო ნელია მაღალ სიმაღლეებზე მოსავლის ზრდა, ამდენად მთის ფერმერებს წელიწადში მხოლოდ ერთი მოსავალი მოცემა შეუძლია. გარდა ამისა, მთის ნიადაგებია ხშირად დეგრადირებული და გამოფიტულია მცენარისათვის საჭირო საზრდო სამარაგო ნივთიერებებით და არ იძლევა საკმარის გარემოს მცენარის განვითარებისათვის. სურსათისა და სოფლის მეურნეობის ორგანიზაციამ (FAO) შეაფასებით, დაახლოებით 45 პროცენტი მსოფლიოს მთის ტერიტორია არ არის ან მხოლოდ მცირედ არის შესაფერისი სასოფლო სამეურნეო კულტურების მოსაყვანად, პირუტყვის მოშენებისა ან სატყეო საქმიანობის განხორციელებისათვის.

ტრადიციული მთის მენიუ, როგორც წესი, შემოიფარგლება სახამებლის შემცველი საკვებით და ხშირად ხასიათდება დაბალი დიეტური მრავალფეროვნებით. კვების კვლევებმა აჩვენა, რომ მთიანეთში მცხოვრები

ადამიანები განსაკუთრებით განიცდიან მიკროელემენტების ნაკლებობას. აღმოჩნდა, რომ მათ აქვთ იოდის დეფიციტის ყველაზე მაღალი მაჩვენებლები.

სამომავლოდ სამთავრობათაშორისო პანელის წლის მეხუთე შეფასების ანგარიშის მიხედვით კლიმატის ცვლილებაზე, ტემპერატურის მატება და ექსტრემის გაზრდილ სიხშირე, ამინდის მოვლენები პირდაპირ უარყოფით გავლენას მოახდენს ნათესებზე, პირუტყვზე, ტყეებზე, მეთევზეობისა და აკვაკულტურის პროდუქტიულობაზე. მიწათმოქმედებაზე დამოკიდებული განსაკუთრებით რისკის ქვეშ არიან განვითარებად ქვეყნებში მთის მოსახლეობა. მთის ეკოსისტემები უკიდურესად დაუცველია კლიმატის ცვლილების მიმართ. ამავე დროთა განმავლობაში, ისეთი ზემოქმედებები, როგორიცაა მყინვარების სწრაფი დნობა და თოვლის საფარის შემცირება, გავლენას მოახდენს მთების მიღმა. მთის მყინვარების მოცულობის ცვლილებები და მათი სეზონური დნობის ნიმუშები, გაზრდილი ტემპერატურის ცვალებადობა და ექსტრემალური ნალექის მოვლენები დიდ გავლენას მოახდენს წყლის რესურსებზე ბევრ ნაწილში. მთებიდან მტკნარი წყალი ფუნდამენტია გლობალური უსაფრთხო საკვების მისაღწევად. როგორც მაღალმთიან, ისე დაბლობ რეგიონებში ბევრი ფერმერის ნათესი მასზეა დამოკიდებული სარწყავად. კლიმატით გამოწვეული საფრთხეები, როგორიცაა ქარიშხალი, მეწყერი, მყინვარული ტბა, წყალდიდობა და ზვავები გავლენას ახდენენ მთის თემებზე ინფრასტრუქტურის სარგებლობის შეფერხებით წვდომაზე, როგორიცაა ჯანდაცვის სერვისები, სკოლები, გაფართოების სერვისები, გზები და ბაზრები. ზეიზოლაცია ზღუდავს მთის ხალხის შესაძლებლობებს არა მხოლოდ ვაჭრობისთვის, არამედ შემოსავლის გამომუშავებაზე, რითაც დამატებით ძირს უთხრის მათ სასურსათო უსაფრთხოებას. სამთო მეურნეობა, რომელიც ძირითადად საოჯახო მეურნეობაა, არსებითად არის „მწვანე“: მთის სოფლის მეურნეობა დაბალ ზემოქმედებას ახდენს გარემოზე და ხელს უწყობს შერბილებას კლიმატის ცვლილებაზე სათბურის გაზების მხოლოდ ძალიან მცირე რაოდენობის გამოყოფით მცენარეებსა და ნიადაგებში ნახშირბადის სეკვესტრი იზრდება.

მთიან რეგიონებში მცხოვრები ხალხი ტრადიციულად მიჩვეულია იმ ფაქტს, რომ კლიმატი მნიშვნელოვნად განსხვავდება წლიდან წლამდე, სეზონიდან სეზონამდე და დღიდან დღემდე, ასევე სხვადასხვა სიმაღლეებსა და ფერდობების სხვადასხვა ექსპოზიციებს შორის. მათ აქვთ უნარი ადაპტირდნენ მათი ტრადიციული მიწათსარგებლობის სისტემებით ამ ცვალებადობასთან, მაგალითად, მზარდი გზით მზის მოყვარული მცენარეები ყველაზე თბილ ფერდობებზე და პირუტყვის გადაყვანა მაღალ ზაფხულის საძოვრებზე თოვლის დნობის შემდეგ. თუმცა, კლიმატის ცვლილებასთან ერთად, კლიმატის ცვალებადობა შეიძლება საბოლოოდ გაიზარდოს წარსული გამოცდილების საზღვრებს მიღმა და ეს მიწის მომხმარებელთა და მათი თემების ადაპტაციის შესაძლებლობებთან დიდ გამოწვევადვ რჩება.

ბევრი მთის ფერმერი, რომლებიც უკვე დაუცველია სავარაუდოდ ხედავენ რომ კლიმატის ცვილებისას მათი ცხოვრების საარსებო სასურსათო პირობები გაუარესდა, მოსავლის წარუმატებლობა და კარგვა პირუტყვის ზოგიერთი რისკი მათ წინაშე უკვე ნათლად ჩანს. ამავე დროს მათვის გადაუდებელი აუცილებლობაა კლიმატის ცვლილებთან, გამოწვევებთან გამკლავება, რომელიც იძლევა შესაძლებლობას გარდაქმნან გზა, რომლითაც მთის ბუნებრივი რესურუსების, კვების სისტემების უკეთ გამოყენებაში. მდგრადი ადგილობრივი, ტრადიციული პრაქტიკის გადაწყვეტილებების და ადაპტაციის ვარიანტების ადეკვატური პოლიტიკის, შესაძლებლობების განვითარებისა და მეცნიერების მეშვეობით დინამიურმა კვლევამ შეიძლება დაეხმაროს მთის მოსახლეობას კლიმატის ცვლილებისას მდგრადობის გაზრდაში მავნე ზემოქმედების მიმართ.

კლიმატის ცვლილების შესაძლებლობები მთებმა შეიძლება ასევე ისარგებლონ გარკვეული დადებითი ეფექტით. უფრო მაღალი ტემპერატურამ შეიძლება გაზარდოს ხე-ტყის მოსავლიანობა და უზრუნველყოს მოსავლის ზრდა მაღალ სიმაღლეებზე, ყოველ შემთხვევაში ადგილები, სადაც საკმარისი წყალია და ნიადაგი ადეკვატურია. გაფართოებული ზრდის სეზონმა და ნიადაგის დაჩქარებულმა დაშლამ შეიძლება გამოიწვიოს საკვები ნივთიერებების უკეთ შეთვისება ხე-მცენარეებში, ამით შესაძლოა ხელი შეეწყოს სხვა მცენარეთა უფრო მეტ ზრდასა და პროდუქტიულობას.

კლიმატის მიხედვით ჭკვიანი სოფლის მეურნეობა სულ უფრო მეტად გამოიყენება მთელ მსოფლიოში, როგორც გზა უზრუნველყოს მდგრადი სოფლის განვითარება სასურსათო უსაფრთხოებისთვის კლიმატის ცვლილების პირობებში. ის განიხილავს ფერმერულ მეურნეობაში არსებულ ცვლილებებს, რომლებიც მოითხოვს უფრო თბილ სამყაროს და განსაზღვრავს გადაწყვეტილებებს ადგილობრივ პირობებსა და ძირძველ ცოდნაზე დაყრდნობით. კლიმატის გონივრული მეურნეობას შეუძლია დაეხმაროს მთის თემებს გახდნენ უფრო გამძლეები.

FAO-ს განმარტებით ჭკვიანი სოფლის მეურნეობა არის მიდგომა განვითარების ტექნიკური, პოლიტიკიკური და საინვესტიციო უსაფრთხო პირობები სურსათის მდგრადი სოფლის მეურნეობის განვითარების მისაღწევად კლიმატის ცვლილების პირობებში. იგი ხელს უწყობს ეროვნული საკვების წარმოებას უსაფრთხოებისა და განვითარების სამი მიზნით: 1. სოფლის მეურნეობის პროდუქტიულობისა და შემოსავლების მდგრადი გაზრდა 2. ადაპტირება და კლიმატის ცვლილებისადმი მდგრადობის გაზრდა 3. შეძლებისდაგვარად შეამცირეთ და/ან ამოიღეთ სათბურის გაზების ემისიები კლიმატის ცვლილებისას ჭკვიანი სოფლის მეურნეობაში… • მიმართავს ადაპტაციას და ზრდის მდგრადობას შოკების მიმართ; • განიხილავს კლიმატის ცვლილების შერბილებას, როგორც პოტენციურ თანასარგებლობას; • არის ადგილმდებარეობის სპეციფიკური ცოდნის ინტენსიური მიდგომა; •

განსაზღვრავს ინტეგრირებულ ვარიანტებს, რომლებიც ქმნიან სინერგიას და ამცირებს კომპრომისებს; • განსაზღვრავს შვილად აყვანის ბარიერებს და უზრუნველყოფს შესაბამის გადაწყვეტილებებს; • აძლიერებს საარსებო წყაროს სერვისებზე ხელმისაწვდომობის გაუმჯობესებით, ცოდნა და რესურსები; • აერთიანებს კლიმატის დაფინანსებას სოფლის მეურნეობის ინვესტიციების ტრადიციულ წყაროებთან

წინსვლის გზა

მთის ფერმერებს კლიმატის მავნე ზემოქმედების წინააღმდეგ საბრძოლველად ბევრი ვარიანტი აქვთ ცვლილება და მთის შინამეურნეობების სასურსათო უსაფრთხოების უზრუნველყოფა. მათ შორისაა შემდეგი;

• ინტეგრირებული ლანდშაფტის მიდგომის მიღება და სოფლის მეურნეობის უკეთესი ინტეგრაცია, მეცხოველეობა, სატყეო მეურნეობა და აკვაკულტურა, რათა ხელი შეუწყოს შემოსავლის წყაროების დივერსიფიკაციას და მთის კვების სასუსათო სისტემების უფრო მდგრადი გახადოს კლიმატის ცვლილების მიმართ.

• მდგრადი და ორგანული ფრმერული მეურნეობის სისტემების დანერგვა და კვების სისტემების დივერსიფიკაცია. ორგანული მეურნეობა ამცირებს ინტენსიური მორწყვის აუცილებლობას გაძლიერებისას ნიადაგის უნარი შეინარჩუნოს წყალი და გააუმჯობესოს წყლის ხარისხი.

• ტრადიციული, სასურსათო კულტურების და პირუტყვის მაღალი აგრო ბიომრავალფეროვნების შენარჩუნება და ხელშეწყობა მათ, რომლებიც კლიმატის ცვლილებასთან გენეტიკური ადაპტაციის მნიშვნელოვან პოტენციალს გვთავაზობენ, ხელს უწყობს სასურსათო უსაფრთხოებას და შეუძლია შემოსავლის უზრუნველყოფა.

• ადგილობრივი გარემოსდაცვითი ცოდნის ხელშეწყობა, ინტეგრირება და გაზიარება, კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციის პრაქტიკა და სურსათის უსაფრთხოების სტრატეგიები და მათი გაძლიერება პოლიტიკის ღონისძიებებისა და ინვესტიციების საშუალებით.

• სათემო ბუნებრივი კატასტროფების რისკის მართვის (CBDRM) ხელშეწყობა და განვითარება ადგილობრივი ინსტიტუტებისა და ფერმერთა ჯგუფების ტექნიკური შესაძლებლობების მართვა კატასტროფის რისკების.

• ყველა დაინტერესებული მხარის შესაძლებლობების ჩამოყალიბება კლიმატის ცვლილების პროცესების ამოცნობის მიზნით და ტენდენციები, მოლაპარაკება და განხორციელება შემარბილებელი და კლიმატ გონივრული ადაპტაციის ღონისძიებები და ცნობიერების ამაღლება.

მთის ეკონომიკა, მდგრადი განვითარება და კლიმატის ცვლილება

მთები მოიცავს დედამიწის ხმელეთის ზედაპირის 24 პროცენტს და მასპინძლობს მსოფლიო მოსახლეობის 12 პროცენტს. გლობალური საქონლისა და მომსახურების 40 პროცენტი მოდის მთის წილზე, რაშიც იგულისხმება წყალი, ჰიდროენერგეტიკა, ხე-ტყე, ბიომრავალფეროვნება, მინერალები, დასვენება და წყალდიდობისგან დაცვა. მიუხედავად მათი დიდი წვლილისა, მთები განვითარების დღის წესრიგში კვლავ უგულებელყოფილია. ამ დროს კლიმატის ცვლილებამ მოიტანა ახალი გამოწვევები, მთის ეკონომიკები ძირითადად კლიმატმგრძნობიარე სექტორებია, როგორიცაა სამთო მიწათმოქმედება, სამთოსატყეო, სამთომეცხოველეობა და სამთოსასრგებლო მცენარეთა საქმე.

მთების მიერ მოწოდებული ეკოსისტემური მომსახურების მნიშვნელობა სულ უფრო და უფრო აღიარებულია. მაგრამ მთის ხალხი, რომელიც ეხმარება ამ სექტორების შენარჩუნებას, იშვიათად არიან ადეკვატურად დასაქმებულ-ანაზღაურებადი. ბოლო დროს მოსახლეობის სწრაფი ზრდა, ურბანიზაცია, ემიგრაცია, გლობალიზაცია, ეკონომიკური განვითარება და კლიმატის ცვლილება წარმოადგენს ახალ გამოწვევებს მთის მოსახლეობის ტრადიციული საარსებო სტრატეგიებისთვის დაძლევის მექანიზმებს. ოდესღაც თვითკმარი ხალხი ახლა სიღარიბის გამო მძიმე ეკონომიკური პრობლემების წინაშე დგას. ბევრ ქვეყანაში მთის მოსახლეობა უფრო ღარიბია, ვიდრე დაბლობის მოსახლეობა. აუცილებელია მთის ადაპტაციის მექანიზმების შემუშავება რომ მათ საშუალება მიეცეთ მართონ ცვლილებები და მდგრადი სარგებლობა მიიღონ მათი გარემოს ეკონომიკადან

მთის რეგიონებს მთელს მსოფლიოში აქვთ საერთო მახასიათებლები, მათ შორის უხეში რელიეფი, გამოხატული ტოპოგრაფიული ცვალებადობა, დისტანციურობა და ცუდი ხელმისაწვდომობა. ხოლო მთის ეკონომიკები მნიშვნელოვნად განსხვავდება, ისინი ჩვეულებრივ ჩამორჩებიან დანარჩენ ქვეყანას ან რეგიონს, სადაც ისინი მდებარეობენ. სოფლის ეკონომიკა განვითარებად სამყაროში ზოგადად სუსტია და მთის თემები არაპროპორციულად განიცდიან მას. მთიანი რელიეფი დაკავშირებულია მცირე და გაფანტულ წარმოებასთან, მაღალ სატრანსპორტო ხარჯები, მასშტაბური ეკონომკური შეზღუდვები, ცუდი ფიზიკური და ეკონომიკური ინფრასტრუქტურა და ცუდად განვითარებული სამრეწველო და მომსახურების სექტორები. პირველადი სექტორის საქმიანობა, როგორც წესი დომინირებს, მთის თემები ამარაგებენ ნედლეულით და ბუნებრივი რესურსების პროდუქტები დაბლობის მოსახლეობას. ბევრი მთის მოსახლეობა განვითარებადი ქვეყნები დამოკიდებულნი არიან სოფლის მეურნეობაზე, ტყეზე, საძოვრებზე, მეცხოველეობასა და კოლექციონირებაზე არამერქნული ტყის პროდუქტებზე მათი საარსებო წყაროსთვის. მათი მიწა ჩვეულებრივ უვარგისია ინტენსიური კულტივირებისთვის, არსებობს რამდენიმე სპეციალიზებული ბაზარი და არის დაბალ ინტენსივობის მიწათმოქმედება.

მთიანი რეგიონები ზოგადად შორს მდებარეობს საზღვაო პორტებიდან და სხვა ეკონომიკური ცენტრებიდან, რაც ხელს უწყობს მათ ეკონომიკურ მარგინალიზაციას. მიუხედავად იმისა, რომ მთის ადგილები შეიძლება იყოს მდიდარი რესურსებში ადგილობრივი ინვესტიციები, როგორც წესი, დაბალია და რესურსების აქტივობები იშვიათად უზრუნველყოფილია ადეკვატური დასაქმებით ან თუნდაც ღირსეული ცხოვრების პირობებით, ხშირად თემებში ძირითადი სოციალური და ეკონომიკური სერვისების ნაკლებობაა. მრეწველობა, სადაც დაარსებულია, ძირითადად სამთო მოპოვება, სამთო, ჰიდროენერგეტიკა და ხე-ტყე დარგების საწარმოო,სავაჭრო კავშირთა ასმეტრიულობიდან გამომდინარე ხელშეწყობა დაბლობ ენიჭება.

მთის ეკონომიკა და გლობალური საზოგადოება გასული საუკუნის განმავლობაში დრამატული ცვლილებების მომსწრე და მოწმე გახდა. გაოთხმაგებულია ადამიანური მოსახლეობა, ურბანული მოსახლეობა კი გაიზარდა 13 -ჯერ გაიზარდა, მოსავლიანობა გაორმაგდა, წყლის ამოღება შვიდჯერ გაიზარდა, მიწის მორწყვა ხუთჯერ, ენერგიის მოხმარება 13-ჯერ, სამრეწველო გამომუშავება 40-ჯერ და CO_2 გამონაბოლქვი 17 ჯერ. იყო სწრაფი გლობალური ცვლილებები დემოგრაფიაში, ეკონომიკის ზრდის, ურბანიზაციის, გლობალიზაციისა და ეკონომიკური ლიბერალიზაციის თანხლებით მიღწევები ტელეკომუნიკაციებსა და ტექნოლოგიებში.

ამ ფონზე, მოთხოვნა მთის რესურსებზე - იქნება ეს ძირითადი საქონელი (მაგ. ხე-ტყე) ან ნიშური პროდუქტები (მაგ. სამკურნალო მცენარეები) - უფრო მაღალია, ვიდრე ოდესმე ადრე და სხვადასხვა ცვლილებების ხშირი მიმდინარეობები. ვაჭრობის გაფართოებისკენ მიმართული ძალისხმევა და საგზაო და სატრანსპორტო ქსელების გაუმჯობესება მრავალ მთას აკავშირებს საზოგადოებებს ეროვნულ, რეგიონულ და გლობალურ ბაზრებზე. ბევრგან მთაში მეურნეობა გადადის საარსებო მინიმუმიდან კომერციულ სოფლის მეურნეობაზე, მათ შორის წარმოებაზე ფულადი კულტურების, მებაღეობისა და მენცენარეობის პროდუქტების გაყიდვებზე. ასევე არის ტურიზმი მთაში მზარდი. ამავდროულად, სოფლის ახალგაზრდები მიგრირებენ ქალაქებში და საზღვარგარეთ. ქალებისა და მოხუცების მიტოვება; ამან გამოიწვია „ფემინიზაცია". ზოგიერთ მთიან რეგიონში სამუშაო ძალა და ზოგიერთ შემთხვევაში მოსახლეობის დეპოპულაცია წესად იქცა. ჯერ კიდევ ამგვარ შრომით მიგრაციას ასევე შეუძლია უზრუნველყოს ფულადი გზავნილები, რომლებიც ამაღლებს ცხოვრების სტანდარტებს და ზოგიერთ შემთხვევაში გარდაქმნის შესაძლებლობებს მთაში.

მთები გადამწყვეტია მრავალი ყველაზე აქტუალური პრობლემისთვის, რომელიც გლობალური საზოგადოების წინაშე დგას დღეს - წყალი, ენერგია, სასურსათო უსაფრთხოება, კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია და ბიომრავალფეროვნების დაცვა. მთები გვთავაზობს მრავალფეროვან

ჰაბიტატებს იშვიათთა სპექტრით და ენდემური სახეობებით, არის მკვიდრი ეთნიკური ხალხების სახლი განსხვავებული კულტურებით და ურბანული მოსახლეობისთვის კულტურული, სულიერი და რეკრეაციული რესურსების წყაროა.

მთები ეკოსისტემური მომსახურების სასიცოცხლო წყაროა, რაშიც მნიშვნელოვან როლს ასრულებს საერთო ეკონომიკური განვითარება, გარემოს დაცვა, ეკოლოგიური მდგრადობა და ადამიანის კეთილდღეობა. განსაკუთრებით აღსანიშნავია, რომ მთის მიერ მოწოდებული მტკნარი წყალი კრიტიკულად მნიშვნელოვანია ყველა კონტინენტზე.
მიუხედავად იმისა, რომ სათბურის გაზების ემისიები გლობალურად იზრდება, მთის ეკონომიკა და საზოგადოებები ჯერ კიდევ ზოგადად აჩვენებენ დაბალი ნახშირბადის კვალს. მიწათმოქმედება მთები ძირითადად ფუნქციონირებს დაბალი გარე საშუალებებით, ხშირად აუცილებლობით და არა არჩევანით. გარდა ამისა, მთის წარმოების სისტემები - მათ შორის ნიადაგის კონსერვაცია, წყალგამყოფი ადგილობრივი თესლის ჯიშების დაცვა და კონსერვაცია - დადებითი გარე ფაქტორები გლობალური საზოგადოებას შეიძლება დაეხმაროს კლიმატის ცვლილების მოგვარების ზემოქმედებებში.
გლობალური ბიომრავალფეროვნების ცხელი წერტილების ნახევარი და ყველა დაცული ტერიტორიის მესამედია დღეს მთები. ისინი გადამწყვეტია ბიოლოგიური მრავალფეროვნების შენარჩუნებისა და გამოყენებისთვის მწვანე ეკონომიკაში. მთის რეგიონებმა ბევრისთვის გენეტიკური რესურსი უზრუნველყო ძირითადი საკვები კულტურებით, რომელიც შეიცავს გენეტიკური მრავალფეროვნებას, რაც შეიძლება მნიშვნელოვანი აღმოჩნდეს მსოფლიოს საკვები კულტურების გამძლეობის ზრდისათვის კლიმატის ცვლილებისა და სხვა ცვლილებების მიმართ. მთები ასევე მნიშვნელოვან როლს თამაშობს რეგიონალური და გლობალური კლიმატის რეგულირებაში, ოროგრაფიული ნალექის, აორთქლების ტრანსპირაციის, გაფართოებული ტერიტორიების გავლენის გზით ყინულისა და თოვლისა და ტყეები, რომლებიც აგროვებენ ნახშირბადს და ამცირებენ კლიმატის ცვლილებას.
მთის რეგიონები განსაკუთრებული ეკონომიკური, სოციალური და გარემოსდაცვითი გამოწვევების წინაშე დგას მათი თანდაყოლილი ბიოფიზიკური მახასიათებლებისა და უფრო ფართო სოციალურ-ეკონომიკური პოლიტიკის გამო. განვითარებადი სამყაროს მთის ეკონომიკის წინაშე მდგარი ძირითადი გამოწვევებია არათანაბარი გაცვლა, სიღარიბე, უთანასწორობა და კლიმატის გლობალური ცვლილება. ეკონომიკური პოლიტიკა და განვითარების ნიმუშები ხშირად მიკერძოებულია მთის მიმართ. ეროვნული ეკონომიკური პოლიტიკა ძირითადად ორიენტირებულია მთის რესურსების მოპოვებაზე ისარგებლოს დაბლობებმა, რაც ხშირად იწვევს კონფლიქტს და სოციალურ დაძაბულობას. ნედლეული მასალები, კაპიტალი და ადამიანური რესურსები მიედინება მთებიდან დაბლობზე, სადაც საინვესტიციო შესაძლებლობები

უკეთესია და ანაზღაურება უფრო მაღალია უკეთესის გამო ფიზიკური და ეკონომიკური ინფრასტრუქტურა და ბაზრის შესაძლებლობები.

მდგრადი მთის ეკონომიკის აშენება მოითხოვს ადგილობრივი ეკონომიკის გაუმჯობესებას და უთანასწორობის შემცირებას დაბლობ ტერიტორიებთან მიმართებაში, ეკოსისტემური სერვისების უზრუნველყოფა შენარჩუნებულია ყველას საკეთილდღეოდ. მთის ეკონომიკის გასაუმჯობესებლად ძალისხმევამ შეიძლება, ასევე შეამსუბუქოს ზეწოლა მიმდებარე დაბლობ ზონებზე მიგრაციის ზრდის შემცირებით სოციალური სერვისების მოთხოვნებით სხვა საკითხებთან ერთად. ახალმა პოლიტიკამ უნდა უზრუნველყოს მთის რესურსები არა ზედმეტად ექსპლუატირებული ეკონომიკური სარგებლისთვის, როგორც დეგრადაცია მთის ეკოსისტემები ზიანს აყენებს მთის თემებს, ისევე როგორც მთელ რეგიონებს და საბოლოოდ მთელ მსოფლიოს.

უნდა განვითარდეს გლობალური, რეგიონული და ეროვნული მექანიზმები, რომლებიც აღიარებენ და კომპენსაცია მთის თემებს შეტანილი წვლილისთვის ეკოსისტემის შენარჩუნებაში მომსახურება, რომელიც ყველას სარგებელს მოგვიტანს. პოლიტიკამ ასევე უნდა უზრუნველყოს მთის წახალისება თემებმა გააგრძელონ ბუნებრივი რესურსების კონსერვაცია, უზრუნველყოფის გაძლიერება ეკოსისტემური სერვისებისა და შემოსავლის გამომუშავება ეკოლოგიურად სუფთა გზებით. მთაში ინვესტიციების პერსპექტიული სფეროებია ეკოტურიზმი და მდგრადი ბიოეკონომიკა.

ამინდი და კლიმატი მთაში

მთები ამინდის ყოველდღიურ ფორმირებაზე გავლენას ახდენენ. ტოპოგრაფიულად მთები ასევე წვიმის ფორმირებაში ღებულობს მონაწილეობას. როგორც ყოველთვის ზღვებისა და ოკეანეების სანაპიროდან თბილი ჰაერის მასები ხმელეთის მიმართულებით მოძრაობს მთებამდე,

მთის წინებიდან ჰაერის მასები მიუყვება აღმასვლით დახრილ ფერდობებსა და მთის კალთებს, სადაც ზღვიდან მონაქროლი თბილი ჰაერის მასები აღმასვლის დროს სიმაღლის მატებასთან ერთად იწყებს გაციებას, ჰაერი მაშინ ცივდება საბოლოოდ როდესაც, ის უკვე მაღალ სიმაღლის ნიშნულს აღწევს , რის შედეგადაც მთებზე ღრუბლები და წვიმა წარმოიქმნება, , რომელსაც გდააგილებაში იმ დროს მთაზე არსებული, გაბატონებული ქარის მასები ეხმარება სხვადასხვა მიმართულებით გავრცელებაში, ოროგრაფიული ეფექტით როგორც ჰორიზონტალურ ისე ვერტიკალური მიმარტულებით.

როგორც ცირკულარული რეგიონები, ასევე მთები განიცდიან გლობალური კლიმატის ცვლილების შედეგებს უფრო სწრაფი ტემპებით, რაც უშუალო

კავშირშია მთის მობინადრეთა და მთიელთა იმ სასიცოცხლო ეკოსისტემების ადაპტაციასთან და შენარჩუნებასთან, რომელზეც ბუნებრივად დამოკიდებულნი არიან.

დადგენილია, რომ კრიზისულად ქსტრემალური კლიმატის ცვლილება ხდება 3000 მეტრზე მაღლა, სადაც კლიმატის ცვლილებასთან ერთად იწყება მთის შესაძლო ბუნებრივი ზემოქმედების საფრთხეების ზრდას ისეთ მოვლენებზე, როგორიცაა ქარიშხალი, მეწყერი და ზვავი. აღსანიშნავია, რომ ეს არ არის, მხოლოდ ჰაერის ტემპერატურის მატების

პრობლემა. უფრო მეტიც, ეს არის ასევე ატმოსფეროში გაზრდილი ტენიანობა, რომელიც მოდის თბილი ჰაერის სახით, რომელიც შეიცავს მომეტებულ წყალის

ორთქლს ზღვებიდან აორთქლების შედეგად ატმოსფეროში მოხვერილი ტენიანი ჰაერის მასების სახით.

მთის ამინდის საინტერესო ფაქტები და განმარტებები:

ამინდი არის ზოგადი ტერმინი, რომლის ფორმირებაში მონაწილეობს; წყლის აორთქლების ფაზები, (წვიმა, თოვლი) ჰაერის ცვლილებები თავისი წნევათა სხვადასხვაობით, რომელიც ქმნის ქარს.

კლიმატი არის ამინდის გრძელვადიანი გაზომვების სტატისტიკური ანალიზი.

მზის ენერგია, რომელიც მართავს დედამიწის ამინდს. ამინდი არის ატმოსფეროში

მზის ენერგია და წყლის ორთქლი პროდუქტი, ასევე ნახშირორჟანგის მსგავსად, წყლის ორთქლი არის სათბურის ემისიური გაზის შეცველიც . სათბურის გაზები ნაწილობრივ იჭერს დედამიწის ზედაპირზე მზის გამოსხივებულ თბურ ენერგიას.

ტროპოსფერო ატმოსფეროს ყველაზე დაბალი ნაწილია. მისი სისქე დაახლოებით 14 კმ-ია

ეკვატორი და პოლუსებზე დაახლოებით 8 კმ სისქეზეა. ტროპოსფერო შეიცავს დედამიწის უმეტეს ნაწილს ჟანგბადითა და წყლის ორთქლის სახით. დედამიწის არც ერთი მთა არ ვრცელდება ტროპოსფეროს ზემოთ. დედამიწის ატმოსფერო ძირითადად აზოტია (~ 70%). მრავლესობაშია აეროზოლები (ატმოსფეროში ძალიან მცირე შეჩერებული მყარი ნაწილაკები) გვხვდება ~3000-ზე ქვემოთ მათ შორისაა შავი ნახშირბადი წიაღისეული საწვავის არასრული წვისგან, ტყის ხანძრებიდან და ზღვის მარილის აეროზოლები ოკეანედან.

ატმოსფერული წნევა არის ჰაერის წონა ჩვენს გარშემო. ატმოსფერული წნევა ეცემა სიმაღლის მატებასთან ერთად. ატმოსფეროს წნევა ზღვის დონეზე ოდნავ აღემატება 100 კპა (კილოპასკალები.) წნევა ევერესტის მწვერვალზე არის დაახლოებით 30 კპა.

ზღვის ზევით ცის გონდოლამდე ჰაერის წნევა არის დაახლოებით 90 კპა. ეს კარგიამინდის მაჩვენებელია. დაბალი წნევის სისტემები მოიცავს ქარს და ნალექებს; მაღალი წნევა სისტემები ნათელია. უკმარისობის სიხშირე არის ატმოსფეროს ტემპერატურის ცვლილების სიჩქარე, რასაც ვერტიკალურ სიმაღლეზე მოძრაობისას განვიცდით. ზამთარში მთის მწვერვალები შეიძლება ბევრად უფრო თბილი იყოს ვიდრა ტემპერატურა ხეობის ფსკერზე. ამას **ინვერსია** ჰქვია.

ანაბატური ქარები არის თბილი აღმავალი ქარები, რომლებიც მთის ფერდობზე ათბობენ მთის ხმელეთის ზედაპირს ვიდრე მიმდებარე ტერიტორიების ჰაერი.

კატაბატური ქარები არის გრილი ქარები, რომლებიც უბერავს რელიეფის დაღმართზე სიმძიმის ძალის ქვეშ, როდესაც მთის ზედაპირი უფრო ცივია, ვიდრე მიმდებარე ჰაერი.

ალპენგლოუ არის მზის სხივების წითელი ელფერი მთის რეგიონებში მზის ამოსვლისას ან მზის ჩასვლისას. რაც უფრო მეტ მანძილზე გადის მზის სინათლე ატმოსფეროს ქვედა ნაწილს მით უფრო სინათლის მოკლე ტალღის სიგრძე (ლურჯი შუქი) ატმოსფეროში აეროზოლებით იფანტება. სინათლის დარჩენილი გრძელი ტალღების სიგრძე ძირითადად წითელია, რაც იძლევა ვარდისფერ ფერს მთებისთვის.

ამინდი

მთებში კლდეები "გამოყოფილია" გარემოს ბუნებრივი პროცესების კომბინაციით, რომელიც ცნობილია, როგორც "ამინდობის" სახით. ოგადად, ცვალებადი ამინდი გარდაქმნის მყარ კლდეს პატარა ნაჭრებად, რომელსაც რეგოლითს უწოდებენ, რომელიც უფრო და უფრო პატარა ნაწილაკებად იშლება, რომელიც ხელს უწყობს კლდის მასის მთლიანად დაშლას ისე, რომ კლდის ნაშალი გარდაიქმნას სითხის ნაწილად, გახდეს ამინდი შეიძლება იყოს შემდეგი ფორმის: ფიზიკური ატმოსფერო: მექანიკური სტრესები, რომლებიც დაწესებულია კლდის ერთეულებზე და მის შიგნით;

- წყლის/ყინულის გაყინვა-დათბობის ციკლები იწვევს კლდეებში ბზარების წარმოქმნას, ჩაღრმავებას და გაფართოებას. კლდეში გაფართოებითა და შეკუმშვით წყალი ხვდება ნაპრალებში და როდესაც ის იყინება ბზარი ფართოვდება,რაც აიძულებს ბზარს უფრო მეტად ზრდის, როგორც სიმსხოში ისე სიგრძეში, როცა ის დნება ექსტრემალურმა ტემპერატურამ შეიძლება გამოიწვიოს გაფართოება (ცხელი) / შეკუმშვა (ცივი).

- ჰიდრავლიკური მოტეხილობისას - წყლის დინებაზე სხვადასხვა ძალები მოქმედებს.

- აბრაზიის დროს ნაწილაკების პირდაპირი ზემოქმედებით ლოდებიდან წვრილ

ქვიშამდე ქარის ან წყლის ზემოქმედებით იწყება ეროზიული სხვასხვა ფორმის პროცესი.

ბიოლოგიური ამინდი: ამ დროს ცოცხალი ორგანიზმების აქტივობა ძლიერდება, რის გამოც;

- ორგანიზმები ჩაღრმავეებიან ნიადაგის ქვედა შრეებში.

- მცენარის ფესვთა სისიტემა მოქმედებს.

- ბიოქიმიური ამინდი (მაგ. ლიქენები)

მსოფლიოს მთიანი რეგიონები გლობალურად

1 მილიარდზე მეტი ადამიანი ცხოვრობს მსოფლიოს მთიან რეგიონებში, რომლებიც გამოირჩევიან თავისი გეოლოგიური მახასიათებლებით, მათი ბიომრავალფეროვნება, მაცხოვრებელთა ეთნოკულტურები დაუცველია გლობალური კლიმატის ცვლილების მიმართ.

დრეს მთები უფრო სწრაფად თბება, ვიდრე დაბლობები და შედეგები საფრთხეს უქმნის მთის ეკოსისტემების სიცოცხლეს, მაჩვენებელი ცვლილებებისა უპრეცედენტოა, ხოლო ესტრემალური საფრთხის სავარაუდო პროგნოზირება კი გაზრდილი რისკების შემცველია.

მთაში ხალხი დღემდე ბუნებრივად ისტორიის მანძილზე ეგუებოდა ბუნებაში მიმდინარე ცვლილებების ბუნებრივ რიტმს, მაგრამ კლიმატის გლობალური ცვლილების მიმდინარე ტემპს აქვს მთის თემებისათვის ადაპტაციის გაუსაძრისი შედეგები, რომელიც არღვევს საზოგადოების სააკლიმატიზაციო ადაპტირების ციკლს, ამას ხელსუწყობს, ასევე გლობალური კლიმატური

ცვლილებების საადაპტაციო ღონისზიებების დღემდე უსუსური ძალისხმევა და მთის მდგრადი განვითარების მხარდამჭერი რესუსრუსების სიმცირე.

გლობალური კლიმატური ცვლილებების ფონზე დღეს ყველაფერი, რაც მთაში ხდება, არ რჩება მხოლოდ მთაში და შედეგები მთებში კლიმატის ცვლილებაზე გავლენას ახდენს, ასევე დაბლობების ბუნებრივ ბუნებაზე, როგორც ცუდად ისე კარგად. პირველ რიგში შედეგებს მთებთან ყველაზე ახლოს მდებარე ადგილები მთისწინები გრძნობს შესაბამის ეფექტს, მაგრამ საბოლოოდ მოგვიანებით ყველა ჰიფსომეტრია იგრძნობს. დაახლოებით 2 მილიარდი ადამიანი დაბლობში მცხოვრები მთებიდან მტკნარ წყალზეა დამოკიდებული. ჰიდროენერგეტიკის განვითარება და მთებში წყლის ციკლის დარღვევამ შეიძლება საფრთხეს შეუქმნას დაბლობში მცხოვრებთა წყლის უსაფრთხოებას. საბოლოოდ, გლობალური სარწყავი სოფლის მეურნეობის 68 პროცენტის გათვალისწინებით, რომელიც დამოკიდებულია მთის მტკნარ წყალზე, წყლის დაუცველობა შეიძლება გავრცელდეს დაბლობებზეც და ასევე გამოიწვიოს ფართო სასურსათო უზრუნველყოფის დაუცველობა მდიდარ ბიოლოგიურ და კულტურულ მრავალფეროვნებას მასპინძლობს მთები სასიცოცხლო მნიშვნელობის საქონელს და მომსახურებას, როგორიცაა წყალი, საკვები, ენერგია, მინერალები და სამკურნალო მცენარეები; ტურიზმისა და დასვენების შესაძლებლობების მომსახურების შეთავაზება; და განასახიერებს ესთეტიკურ და სულიერ ფასეულობების განასახიერება. ამ ეკოსისტემურ მომსახურებას განსაკუთრებით მტკნარი წყლის მიწოდება - არის გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს არა მხოლოდ მთიან რეგიონების, არამედ მილიარდობის ქვედა დინების რეგიონების ხალხისათვის.

მთებში დაჩქარებული კლიმატური გავლენა

ბევრი მთიანი რეგიონის მოსახლეობა და ეკოსისტემები კლიმატის ცვლილების საგრძნობ გავლენას განიცდიან თავისი თანდართული, სერიოზული, შეუქცევადი შედეგებით, როგორიცაა თოვლის საფარის მასშტაბის და ხანგრძლივობის შემცირება, იზრდება მყინვარის დანაკარგი და მასა, ზომა, მყინვარული ტბების რაოდენობა და სეზონური ამინდის ცვლილებების ნიმუშებში - ყველაფერი დაკავშირებულია მთებში თერმული ბუნებრივი რეჟიმის რღვევასთან და ტემპერატურის მატებასთან, რაც თავისი მგრძნობელობით პირველად ყოველივე მთებში ვლინდება.

კასკადური რისკების ზრდა

რთული და ბუნებრივი კასკადური სტიქიური მოვლენები ხდება მაშინ, როდესაც ერთი ბუნებრივი საფრთხე იწვევს ერთ ან რამდენიმე სხვა შესაძლო პოტენციური ზიანის მომცემ საფრთხეს, რომელიც განსაკუთრებით მთიანეთის ზონისათვის არის დამახასიათებელი

- წყალდიდობის, გვალვის, მეწყერის, ზვავისა და მთის ამინდის ექსტრემალური მოვლენების, ტყის ხანძრების, მიწისძვრების, ვულკანების ამოფრქვევის, მეწყერი, კლდეთა ცვენისა და კასკადური მოვლენების მასშტაბის და ინტენსივობის გაზრდის საფრთხის იწვევს. ეს მოვლენები შეიძლება მოხდეს ხანმოკლე ან ხანგრძლივი პერიოდის განმავლობაში რაც იწვევს მნიშვნელოვანად აზიანებს მთის ბუნებრივ ეკოსისტემებს და სოციალურ ინფრასტრუქტურას და ხელს უწყობს მოსახლეობის სასიცოცხლო და საარსებო გარემოს მდგრადობის დაკარგვას.

რა არის მთები?

აღიარებული სიმართალეა, მთები ბუნების ერთ-ერთი უდიდესი ქმნილება და ეგზოტიკური სილამაზეა. რა შეიძლება შევადაროთ იმ განსაცვიფრებელ განცდას, როცა დგახართ მთის წვერზე, მხოლოდ ცისფერი ცაა თქვენს ზევით, ხოლო ქვემოთ დანარჩენი სამყარო, რომელიც ასე პაწაწინა გამოიყურება თეთრი ღრუბლების მიღმა... ასეთ მომენტებში გრძნობ სილამაზეს და ბუნების ძალას და ამავე დროს მის სისუსტესაც.

დრემდე მეცნიერები მთებს განმარტავენ, როგორც რელიეფის ამაღლებულ ფორმას, რომელიც აღმართულია მიმდებარე დაბლობზე. თუ ისინი ვულკანები არ არიან, მთები იშვიათად დგანან მარტო, მაგრამ, როგორც წესი ქმნიან მთის მწვერვალებისა და ქედების ბუნებრივ ანსამბლს რაც ხელს უწყობს მთიან ქვეყნების ან მთის სისტემების ჩამოყალიბებას.

მთები შეიძლება იყოს მაღალი (3000 მ-ზე მეტი), საშუალო სიმაღლის (1000-3000 მ) და დაბალი (1000 მ-მდე). დაბალ მთებს ჩვეულებრივ აქვთ მომრგვალებული მწვერვალები და ნაზი ფერდობები, მაგრამ მაღალ მთებს აქვთ ციცაბო ფერდობები და კუთხოვანი მწვერვალები.

მთები და კლიმატი

მთები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ კლიმატის ფორმირებაში. ისინი ქმნიან ბარიერს ჰაერის მასებისთვის, რომელიც ადვილად ვერ გადალახავს მაღალ მწვერვალებს. ამ მიზეზით, ერთი და იგივე მთების სხვადასხვა ფერდობზე ხშირად განსხვავებული კლიმატური პირობებია, უფრო მეტი ნალექი ერთ

მხარეს, ვიდრე მეორეზე. საშუალო ტემპერატურა და ლანდშაფტები ასევე შეიძლება მნიშვნელოვნად განსხვავდებოდეს

მთები ასევე გამორჩეულია იმით, რომ ისინი აერთიანებენ სხვადასხვა კლიმატის დიდ რაოდენობას მცირე ფართობზე: კლიმატი და ლანდშაფტები იცვლება სხვადასხვა დონეზე მთის ქვემოდან მწვერვალამდე, ამიტომ მათ უწოდებენ "სიმაღლის ზონებს.

თქვენ ალბათ გაგიკვირდებათ, რატომ არის მთის მწვერვალები ხშირად დაფარული მუდმივი თოვლით, თუნდაც ტროპიკულ განედებში. პირველმა მთამსვლელებმა სწრაფად აღმოაჩინეს, რომ რაც უფრო მაღლა ადიოდნენ, მით უფრო დაბალი იყო ტემპერატურა და მით უფრო უჭირდა სუნთქვა. ჰაერი თბება მზისა და დედამიწის ზედაპირის მიერ. ბუნებრივ აქსიომას წარმოადგენს ის, რომ სიმაღლის მატებასთან ერთად ჰაერის წნევა და მისი ტემპერატურა თანდათან იკლებს.

სიმაღლეზე ტემპერატურა დედამიწის ზედაპირიდან საშუალოდ ეცემა 6 °C-ით ყოველ კილომეტრზე. ასე რომ, თუ 4000 მ მთის ძირში ტემპერატურაა +24 °C, ტემპერატურა მწვერვალზე იქნება დაახლოებით 0 °C. სწორედ ამიტომ, თუნდაც ტროპიკებში ჰაერის საშუალო ტემპერატურა არასოდეს დაეცემა ნულის ქვემოთ, მაგრამ ამ პირობებში მაღალ სიმაღლის მთებზე მაინც შეიძლება იყოს მუდმივი თოვლი.

მთები გავლენას ახდენს კლიმატზე, მაგრამ ისინი ასევე დიდად არიან დამოკიდებული მასზეც. მთის რეგიონები პირველია, ვინც რეაგირებს კლიმატური პირობების ბუნებრივ ცვლილებებზე. მთებში კლიმატის ცვლილების მთავარი „ინდიკატორი“ არის მყინვარები, რომლებიც მცირდება ან იზრდება იმისდა მიხედვით, მთასი კლიმატი უფრო თბილია თუ ცივი.

მყინვართა დნობის სილამაზე

მყინვარები წარმოიქმნება მთის მწვერვალებზე და ხეობებში, როდესაც მთების ზედა ნაწილებში თოვლის დაგროვება ყინულებად იქცევა. მყინვარის ფორმირებას სჭირდება ცივი და ნოტიო კლიმატი, რის გამოც წლის განმავლობაში უფრო მეტი თოვლი მოდის, ვიდრე დნობის დროს აქვს. როგორც კი ტემპერატურა მოიმატებს და ნალექი იკლებს, მყინვარი წყვეტს ზრდას და იწყებს დნობას.

მთის მყინვარებმა მთელ მსოფლიოში დაიწყეს დნობა ("უკან დახევა") დაახლოებით 15000 წლის წინ, როდესაც გამყინვარების ბოლო პერიოდმა

ადგილი დაუთმო თბილი კლიმატის ახალ პერიოდს. ამ დნობის პროცესს თან ახლდა ხანმოკლე პერიოდები, როდესაც მყინვარები კიდევ ერთხელ დაწინაურდნენ. ისტორიიდან ვიცით, რომ V-VII საუკუნეებში მრავალი მთის უღელტეხილი, რომლებიც ამჟამად მყინვარებით არის დაკავებული, საქარავნო გზად გამოიყენებოდა. შემდეგ კლიმატი გაცივდა, მყინვარებმა დაიწყეს ზრდა და მე-17-18 საუკუნეებისთვის ეს უღელტეხილები ბუნებრივად ჩაიკეტა და აღარ იყო გახსნილი. ერთ-ერთი მაგალითია ცნობილი წმინდა გოტარდის უღელტეხილი ალპებში. როდესაც პოეტმა ფრედერიკ შილერმა აღწერა ეს 1799 წელს: „საშინელ გზას მიჰყავს საზეიმო უფსკრულამდე, სიცოცხლესა და სიკვდილს შორის თავბრუდამხვევია“, თოვლით დაფარული უღელტეხილის გადაკვეთა საშინლად საშიში იყო და მხოლოდ ზაფხულის რამდენიმე თვეში იყო შესაძლებელი.

თუმცა, ბოლო 40 წლის განმავლობაში, მყინვარები მთელს მსოფლიოში განსაკუთრებით სწრაფად უკან იხევდნენ. მეცნიერები განგაშის ზარს აცხადებენ: მთის მყინვარების სწრაფი დნობა, რომელსაც დღეს ვხედავთ, არ ემთხვევა ბუნებრივ კლიმატურ ციკლს. მთის ყინულის მოცულობის შემცირებამ შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფული შედეგები მთის რეგიონების გარემოსა და ეკონომიკისთვის, ასევე განსაკუთრებით მთების ირგვლივ დაბლობებზე, სადაც მსოფლიოს მოსახლეობის მეექვსედი ცხოვრობს.

ჰიმალაის მყინვარები უკან იხევს საშუალოდ 10-15 მ წელიწადში. განგოტრის მყინვარი, რომელიც არის მდინარე განგის სათავე, განსაკუთრებით სწრაფად დნება, ყოველწლიურად 30 მ-ით უკან იხევს. განგოტრი წყლის ერთ-ერთი მთავარი წყაროა 500 მილიონი ადამიანისათვის, რომლებიც ცხოვრობენ მდინარე განგის გასწვრივ.

პერუში მყინვარებიც ძალიან სწრაფად უკან იხევს. ყველაზე კონსერვატიული შეფასებით, ბოლო 30 წლის განმავლობაში მათი ფართობი მესამედით შემცირდა.

აფრიკის ვულკანმა, კილიმანჯარო, ყველაზე უარესი განიცადა: მისი ცნობილი ყინულის ქუდი, რომელიც უკვდავყო ერნესტ ჰემინგუეის რომანში "კილიმანჯაროს თოვლებში" თითქმის მთლიანად გაქრა.

მე-19 საუკუნის შუა ხანებში მყინვარის ეროვნული პარკი კლდოვან მთებში, შეერთებულ შტატებსა და კანადას შორის საზღვარზე იყო 150-მდე მყინვარი. 21-ე საუკუნის დასაწყისისთვის დარჩა მხოლოდ 25 და მეცნიერები ვარაუდობენ, რომ მყინვარები მთლიანად გაქრება პარკიდან უახლოეს ათწლეულებში, ამიტომ მნახველებმა, რომლებსაც სურთ ნახონ, რითი იყო თავდაპირველად ცნობილი პარკი, უნდა იჩქარონ, ანალოგიური ვითარებაა მყინვარების დნობასთან დაკავშირებით საქართველოს მთავარ კავკასიონის სამხრეთ

კალთებზე ისტორიულად მდებარე მყინვარების ამჟამინდელ ფიზიკურ მდგომარეობაზეც.

როგორ მოქმედებს კლიმატის ცვლილება მთაში მცხოვრებ ადამიანებზე?

მთაში ცხოვრება ადვილი არ არის, მაღალი სიმაღლე, რთული რელიეფი და ხშირად ცვალებადი ამინდი გაცილებით ართულებს მთის ფერმერული სისიტემების მდგრად მართვას ვიდრე დაბლობზე.

უძველესი დროიდან ადამიანები დასახლდნენ ვიწრო მთის ხეობებში, ერთმანეთისგან გამოყოფილი მაღალი მთის ქედებით ციცაბო ფერდობებით, რაც ხშირად ძალიან ართულებს კონტაქტებს მეზობელ ხეობებს (და მოსახლეობას) შორის. ახლაც, მთიან რეგიონებში მცხოვრებ ადამიანებს ხშირად აქვთ შემორჩენილი საკუთარი უნიკალური ადათ-წესები, ეთნოკულტურა და ცხოვრების წესი. მთის ხალხის ცხოვრების წესი და მათი ძირითადი საარსებო წყარო სოფლის მეურნეობა და ტურიზმი პირდაპირ არის დამოკიდებული კლიმატზე. კლიმატის მცირე ცვლილებამაც კი შეიძლება უარყოფითად იმოქმედოს მთიან რეგიონებში მცხოვრებთა კეთილდღეობაზე.

კლიმატი და მთის ტურიზმი.

ალპების მაგალითი გვიჩვენებს, თუ როგორ მოქმედებს კლიმატის ცვლილება მთიან რაიონებში ტურისტულ ყოფაზე. ამჟამად სამთო სათხილამურო ტურიზმი უზრუნველყოფს ალპური, ევროპული ქვეყნების შემოსავლის 20%-მდე. ავსტრიაში, გერმანიაში, შვეიცარიასა და საფრანგეთში ალპებში მცხოვრები 13 მილიონი ადამიანისთვის თოვლის ნაკლებობა ეკონომიკური კატასტროფაა: აქ ჩამოსული ტურისტების ორი მესამედი ამას აკეთებს იმისათვის, რომ თხილამურებითა და სნოუბორდით დატკბეს.

ევროპული პროგნოზები სერიოზულ შეშფოთების საფუძველს იძლევა: 2030 წლისთვის 1000 მ სიმაღლეზე დაბლა ალპებში თოვლი თითქმის არ იქნება, რაც ბევრ პოპულარულ სამთო-სათხილამურო კურორტს უარს ეტყვის. ავსტრიის სათხილამურო კურორტების ნახევარი 1300 მ სიმაღლეზეა და იძულებული იქნება დაიხუროს თოვლის ნაკლებობის გამო. პესიმისტური პროგნოზები უკვე იწყებს ახდენას: 2006-2007 წლების ზამთარში 660 ალპური სათხილამურო კურორტიდან 60-მდე დარჩა დახურული და ბევრი სხვა, მხოლოდ ხელოვნური თოვლის გამოყენებით ფუნქციონირებდა, რამაც მნიშვნელოვნად გაზარდა მათი

ისედაც მაღალი ხარჯები. შედეგია ის, რომ ალპებში არდადეგებზე მსურველთა მოთხოვნა დაეცა.

როგორ ძლებენ მთის რეგიონები თოვლის გარეშე? სპორტისა და დასვენების ინდუსტრია ახალ ბუნებრივ რეალობასთან მაქსიმალურად ადაპტირდა, ალპებში მუშაობს ტურიზმისა და დასვენების სხვა ტიპების განვითარებაზე ორიენტირებული ტურისტული პროდუქტები, რომლებიც ნაკლებად არიან დამოკიდებული თოვლზე. ტერიტორიები, რომლებიც სამთო სათხილამურო სასრიალო სივრცეები იყო, გარდაიქმნება დასასვენებელ პარკებად და მთელი წლის განმავლობაში საამთო სათხილამურო გამაჯანსაღებელ კურორტებად. შეიძლება დადგეს დრო, როდესაც ხალხი ალპებზე მოვა არა ზამთრის სპორტისთვის, არამედ გასეირნებისთვისმთის ტბებზე, მთის ა დგილობრივი ნატურალური საკვების დაგემოვნებისა და მთის სუფთა ჰაერის სუნთქვისათვის.

მთების ბუნებრივი კატასტროფები.

ტურისტული ბიზნესის კლება არ არის ყველაზე მომაკვდინებელი საფრთხე მთის მოსახლეობისთვის გლობალური დათბობისგან. მათთვის ასევე საშიშროებას წარმოადგენს ბუნებრივი კატასტროფების - ზვავების, მეწყრებისა და წყალდიდობის მოსალოდნელობები რომლებიც მთებში სულ უფრო ხშირი გახდა კლიმატის ცვლილების გამო და რომელიც საფრთხეს უქმნის ადამიანის სიცოცხლეს და ასევე დიდ ზიანს აყენებს ადგილობრივ ეკონომიკას.

როდესაც მყინვარი უკან იხევს, ის წარმოქმნის დნობის წყალს, რომელიც გროვდება მთის ხეობაში და ქმნის მყინვარულ ტბას. წყლის რაოდენობის მატებასთან ერთად შესაძლოა ტბა ადიდდეს და ნაპირები გაარღვიოს და წყალდიდობა გამოიწვიოს. მეცნიერები თვლიან, რომ ჰიმალაებში 20 მყინვარული ტბა ნეპალში და 24 ბუტანში სერიოზულ საფრთხეს უქმნის ხეობის ქვემოთ მცხოვრებ ადამიანებს. თუ ეს ტბები ნაპირებს არღვევენ და წყალი ხეობაში ჩაედინება, ბევრ ადამიანს სიცოცხლის ან თუნდაც სახლების დაკარგვის საფრთხე ემუქრება.

რამდენიმე ასეთი წყალდიდობა უკვე მოხდა ინდოჩინეთის ბოლო წლებში ბუტანის მდინარეების ტიმფუს, პაროსა და პუნახა-ვანგდუს ხეობებში. მთის ადგილობრივი მოსახლეობისთვის საფრთხე შეიძლება შემცირდეს დამცავი არხებისა და კაშხლების მშენებლობით, სდაც ასეთი საფრთხეები იდენტიფიცირებულად პროგნოზირებადია.

კლიმატი და მტკნარი წყლის მარაგი.

მტკნარი წყლის მარაგის სამომავლოდ შემცირება, როგორც მთიან რაიონებში, ასევე მთების მიმდებარე დაბლობებში სერიოზულ საფრთხეს წარმოადგენს. მყინვარები დედამიწაზე მტკნარი წყლის ერთ-ერთი მთავარი წყაროა, რადგან ისინი მრავალი მდინარის წყაროა. ყინულის მოცულობის შემცირება გამოიწვევს წყლის დეფიციტს მთების მიმდებარე რეგიონებში, რაც გაუარესებს პირობებს სოფლის მეურნეობის, სამთო და ელექტროენერგიის წარმოებისთვის. მტკნარი წყლის ნაკლებობა მთებთან ახლოს მდებარე რაიონებში უკვე იწვევს სერიოზულ პოლიტიკურ კონფლიქტებს მსოფლიოს ზოგიერთ ნაწილში.
მთები ყოველთვის იყო დაკავშირებული კლიმატურ საშიშროებასთან და დედამიწაზე კლიმატის ცვლილებამ შესაძლოა რისკები გაზარდოს. ტემპერატურის მატებამ, ნალექების რაოდენობის ცვლილებამ, მთის მყინვარების დნობამ და არაპროგნოზირებადი ბუნებრივი კატასტროფების გახშირებამ შეიძლება გამოიწვიოს კატასტროფული შედეგები მთის რეგიონების ბუნებრივ გარემოზე, მოსახლეობის სოციალურ-ეკონომიკურ და ეკოლოგიურ ყოველდღიურ კეთილდღეობაზე და მთის ქედის მიმდებარე რეგიონებზე.

თავი5. მწვანე განვითარება

კლიმატის ცვლილება, სწრაფი ეკონომიკური და მოსახლეობის ზრდა, მოხმარებისა და სერვისების მკვეთრი ზრდა და რესურსების ამოწურვა არის უდიდესი გლობალური გამოწვევა, რომელიც საფრთხეს უქმნის დედამიწის საარსებო წყაროს. ყველა ქვეყანამ და თითოეულმა მოქალაქემ არსებითად უნდა შეცვალოს ცხოვრების წესი და წარმოებისა და მოხმარების ნიმუშები და გადავიდეს ეკოლოგიურად სუფთა, „მწვანე“ ცხოვრების წესზე. ეს გლობალური გამოწვევები განიხილებოდა გაეროს მდგრადი განვითარების კონფერენციაზე, რომელიც ჩატარდა 2012 წელს [1]. კონფერენციამ რეკომენდაცია მისცა, რომ ქვეყნებმა მიიღონ ინკლუზიური მწვანე ეკონომიკა, როგორც მდგრადი განვითარებისა და სიღარიბის შემცირების მექანიზმი. გარდა ამისა, გაეროს სააგენტოებმა დაადგინეს მწვანე ეკონომიკის, მწვანე წარმოების და მწვანე ზრდის კონცეფციები, რომლებიც მიზნად ისახავს ისეთი ეკონომიკის შექმნას, რომლებსაც აქვთ დაბალი ნახშირბადის ემისიები, ეფექტურად გამოიყენებენ ბუნებრივ რესურსებს და შეამცირებენ გარემოს დაბინძურებას და დეგრადაციას.

მწვანე განვითარების კონცეფცია

„მწვანე განვითარება“ გულისხმობს განვითარების ნიმუშს, რომელიც ამცირებს სიღარიბეს ინკლუზიური ეკონომიკის მეშვეობით, რომელშიც რესურსები გამოიყენება ეფექტურად და ნარჩენების გარეშე, მხარს უჭერს ეკოსისტემურ სერვისებს, ამცირებს სათბურის გაზების ემისიას და ნარჩენებს;

„მწვანე ეკონომიკა“ არის ის, რაც იწვევს ადამიანის კეთილდღეობისა და სოციალური თანასწორობის გაუმჯობესებას, ამასთან მნიშვნელოვნად ამცირებს გარემოსდაცვითი რისკებს და ეკოლოგიურ სიმცირეს;

„მწვანე ზრდა“ ნიშნავს ეკონომიკურ ზრდას სათბურის გაზების ემისიების შემცირებით, რაც უზრუნველყოფს გარემოს მდგრადობას, ხელს უწყობს სოციალურ ინკლუზიურობას და მონაწილეობას;

„მწვანე ინდუსტრია“ არის ინდუსტრიული პროცესი, რომელიც იყენებს ენერგიასა და რესურსებს ეფექტურად, სათბურის გაზების შემცირებული ემისიებით და ადამიანებისა და გარემოსთვის ზიანის ან რისკის გარეშე;

„მწვანე სამუშაო“ ნიშნავს დასაქმებას, რომელიც ხელს უწყობს ენერგიის, ნედლეულისა და წყლის მოხმარების შემცირებას, სათბურის გაზების და ნარჩენების ემისიების შემცირებას, ეკოსისტემის შენარჩუნებას და აღდგენას, და

გარემოს დაცვისა და გარემოს ხარისხის გაუმჯობესებას კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაციით;

„მწვანე ქალაქი“ ნიშნავს ქალაქს ან ურბანულ დასახლებას, რომელიც უზრუნველყოფს კომფორტულ საცხოვრებელ პირობებს და განვითარების შესაძლებლობებს ჭკვიანი ინფრასტრუქტურული სერვისების გამოყენებით, როგორიცაა ენერგია, გათბობა, წყალმომარაგება, კომუნიკაცია, საზოგადოებრივი ტრანსპორტი და ნარჩენების ადეკვატური მართვა;

„მწვანე შენობა“ ნიშნავს შენობის სტრუქტურას, რომელიც ქმნის კომფორტულ საცხოვრებელ და სამუშაო გარემოს სამშენებლო მასალების გამოყენებით, რომლებიც არ იწვევს უარყოფით ზემოქმედებას ადამიანის ჯანმრთელობასა და გარემოზე, ენერგოეფექტური გათბობის ხსნარებით, დაბალი ემისიებით და წვიმის წყლის შეგროვების ტექნოლოგიით. და კანალიზაციის გამწმენდი სისტემა;

„მწვანე შესყიდვები“ ნიშნავს საქონლისა და მომსახურების შესყიდვას, რომელიც შექმნილია ან განკუთვნილია ენერგიისა და ბუნებრივი რესურსების ეფექტური გამოყენების, ეკოსისტემური სერვისების მდგრადობის, კლიმატის ცვლილების ადაპტაციისა და მწვანე საცხოვრებელი გარემოს შესაქმნელად;

„მწვანე ინვესტიცია“ ნიშნავს პროექტებსა და საქმიანობაში დაფინანსებას და ინვესტირებას, რომლებიც იყენებენ ტექნოლოგიას, რომელიც ამცირებს ენერგიის, წყლისა და ნედლეულის მოხმარებას, ეკოსისტემური სერვისების ღირებულების შენარჩუნებისას; „მწვანე გადასახადი“ ნიშნავს გადასახადს, რომელიც მიზნად ისახავს წარმოების, მომსახურების, იმპორტისა და მოხმარების შემცირებას გარემოზე უარყოფითი ზემოქმედებით [2];

„ეკოსისტემური სერვისები“ გულისხმობს ეკოსისტემიდან მიღებულ სარგებელს, რომელიც მოიცავს საკვებით, ნედლეულით და რესურსებით უზრუნველყოფას, კლიმატის რეგულირებას და გარემოს სწრაფი დეგრადაციის ზემოქმედებას და ადამიანის სიცოცხლისა და ფიზიკური და სულიერი კეთილდღეობის შენარჩუნებას.

მწვანე განვითარების ზრდის მოდელზე გადასვლა უზრუნველყოფილი იქნება ისეთი მექანიზმების გამოყენებით, როგორიცაა ბუნებრივი რესურსების სარგებლის შეფასება და რაციონალური გამოყენება, პროდუქტიულობის გაზრდა, მწვანე ინვესტიციები და მწვანე შესყიდვები, სამუშაოებისა და სერვისების გაფართოებით, რომლებიც მიმართულია ეკოსისტემის ბალანსის შენარჩუნებაზე. და რესტავრაცია, ეკოლოგიურად სუფთა წარმოებისა და

სერვისების ჩამოყალიბება და მწვანე ცხოვრების წესის პოპულარიზაცია. მწვანე განვითარებაზე გადასვლის განმსაზღვრელი ძირითადი ინდიკატორები მოიცავს ბუნებრივი რესურსების გამოყენების გაუმჯობესებულ ეფექტურობას, გადამუშავების დონეს, მწვანე დასაქმებას და მწვანე შესყიდვების პროპორციას და ენერგიის, წყლის, სათბურის გაზების ემისიების ეკოლოგიური ანაბეჭდის შემცირებას და საქონელი და მომსახურება წარმოებისა და მომსახურების ერთეულზე.

მწვანე განვითარების უზრუნველსაყოფად დაცული იქნება შემდეგი პრინციპები:

-რესურსების ეფექტური, ეფექტური და რაციონალური გამოყენება;

- დარგობრივი პოლიტიკა და დაგეგმვა უნდა შეესაბამებოდეს მწვანე განვითარების კონცეფციებს;

-სუფთა და მოწინავე ტექნოლოგიების პოპულარიზაცია;

- უზრუნველყოს მოქალაქის მონაწილეობა მწვანე ეკონომიკური ზრდის შექმნაში;

- ეკოლოგიურად სუფთა დამოკიდებულებების, ჩვევებისა და კომპეტენციების ჩამოყალიბება;

-გამჭვირვალობა, ანგარიშვალდებულება და პასუხისმგებლობა.

მწვანე განვითარების უზრუნველსაყოფად მიიღწევა შემდეგი სტრატეგიული მიზნები:

სტრატეგიული მიზანი #1: მდგრადი მოხმარებისა და წარმოების მოდელის ხელშეწყობა ბუნებრივი რესურსების ეფექტური გამოყენებით, სათბურის გაზების დაბალი ემისიებით და ნარჩენების წარმოქმნის შემცირებით;

სტრატეგიული მიზანი #2: ეკოსისტემის ტარების უნარის შენარჩუნება გარემოს დაცვისა და აღდგენის აქტივობების გაძლიერებით და გარემოს დაბინძურებისა და დეგრადაციის შემცირებით;

სტრატეგიული მიზანი #3: ინვესტიციების გაზრდა ბუნებრივ კაპიტალში, ადამიანურ განვითარებასა და სუფთა ტექნოლოგიებში მწვანე ეკონომიკის მხარდაჭერისთვის დაფინანსების, გადასახადების, დაკრედიტების და სხვა წახალისების შემოღებით;

სტრატეგიული მიზანი #4: მწვანე ცხოვრების წესის დამკვიდრება სიღარიბის შემცირებით და მწვანე სამუშაო ადგილების ხელშეწყობით;

სტრატეგიული მიზანი #5: განათლების, მეცნიერებისა და ტექნოლოგიების წახალისება, რომ გახდეს მწვანე განვითარების კატალიზატორი და განავითაროს კულტურული ღირებულებები და საარსებო წყაროები, რომლებიც ჰარმონიაშია ბუნებასთან;

სტრატეგიული მიზანი #6: მოსახლეობის განსახლების გეგმის შემუშავება და განხორციელება კლიმატის ცვლილების შესაბამისად, ბუნებრივი რესურსების ხელმისაწვდომობისა და რეგიონების მდგრადობის გათვალისწინებით.

პოლიტიკის იმპლემენტაცია

მწვანე განვითარების პოლიტიკა ჩართული იქნება მთავრობის სამოქმედო პროგრამაში, სექტორული პოლიტიკის დოკუმენტებში და საჯარო საინვესტიციო პროგრამებში.

1. პოლიტიკურმა პარტიებმა და კოალიციებმა უნდა ასახონ მწვანე განვითარების კონცეფციების განხორციელების გზები თავიანთ საარჩევნო პლატფორმებში ყველა დონეზე და შეადგინონ განსახორციელებელი პროგრამები.

2. სტიმული მიეცემათ მოქალაქეებს, კერძო სექტორს და სამოქალაქო საზოგადოებას, რათა წაახალისონ მათი მონაწილეობა პოლიტიკის განხორციელებაში და გააფართოვონ მათ შორის თანამშრომლობა და პარტნიორობა. 3. მთავრობა ატარებს ყოველწლიურ შეფასებას მწვანე განვითარების პოლიტიკის განხორციელების შესახებ და წარუდგენს პარლამენტს განსახილველად.

4. მწვანე განვითარების პოლიტიკის განხორციელების შედეგები შეფასდება შესაბამისი მეთოდოლოგიისა და მოდელირების საფუძველზე.

პირველი ეტაპი ჩამოაყალიბებს მწვანე განვითარების მოდელებსა და ნორმებს ყველა ეკონომიკურ და სოციალურ სექტორში, რომლებიც დაფუძნებულია ქვეყნის გარემოებებზე, და შეიქმნება სამართლებრივი ბაზა მწვანე განვითარების პროგრესის უზრუნველსაყოფად და ინფრასტრუქტურისა და ხელახალი განვითარების მცდელობებს, რომლებიც მიმართულია გრძელვადიანი მდგრადი განვითარებისკენ. აქტიურად იქნება მობილიზებული ეკონომიკის განვითარება.

იქმნება სოციალურად სამართლიანი, ინკლუზიური და მაღალეფექტური მწვანე ეკონომიკის სისტემა, სადაც შენარჩუნებულია გარემოს მდგრადობა, ეკოსისტემური სერვისებიდან მიღებული სარგებელი რაციონალურად არის მიღებული და კლიმატის ცვლილებასთან ადაპტაცია მორგებულია. მწვანე ეკონომიკაზე გადასვლა აღიარებული იქნება, რადგან ეკონომიკურ სტრუქტურაში ჭარბობს მაღალი ტექნოლოგიები და ინოვაციური წარმოება და ჩამოყალიბდება მწვანე ეკონომიკა.

უფრო და უფრო მეტი ქვეყანა და რეგიონი აქტიურად ეკიდება მწვანე განვითარებას და მსოფლიო მიდის ახალი მწვანე ეპოქისკენ უფრო სწრაფად, ვიდრე ოდესმე. მაგრამ ჯერ კიდევ ბევრი გამოწვევა გვაქვს წინ. ჩვენ გვჭირდება შემდგომი გარღვევა ციფრულ ტექნოლოგიაში, განვსაზღვროთ რეგულაციები, სისტემები და სტანდარტები და ხელი შევუწყოთ უფრო მეტ კოორდინაციას სხვადასხვა ინდუსტრიებს შორის. ეს მოითხოვს ერთობლივ ინოვაციებს როგორც ციფრულ ტექნოლოგიაში, ასევე დაბალი ნახშირბადის ზრდაში, ასევე უფრო მეტ თანამშრომლობას ყველა საზოგადოებაში, ინდუსტრიაში, ღირებულების ჯაჭვებში და ეკოსისტემებში. ციფრული ინოვაცია არის გასაღები დაბალი ნახშირბადის ზრდის მისაღწევად. ეს ორი ერთმანეთს აძლიერებს, ამიტომ ჩვენ უნდა გავაძლიეროთ ინვესტიციები კვლევასა და განვითარებაში, რათა მივაწოდოთ სწორი ხელშემწყობი ტექნოლოგიები. ეს ძალისხმევა ფოკუსირებული უნდა იყოს ინოვაციებზე სამ სფეროში: მწვანე და დაბალი ნახშირბადის ციფრული ინფრასტრუქტურა, განახლებადი ენერგია და სამრეწველო ტრანსფორმაცია. ეს ხელს შეუწყობს ენერგოეფექტურობის გაუმჯობესებას და მეტი განახლებადი ენერგიის მოზიდვას გლობალურ ენერგეტიკულ მიქსში, რაც გზას გაუხსნის ჭეშმარიტად მწვანე და დაბალ ნახშირბადის ზრდას. ვინაიდან მწვანე და დაბალი ნახშირბადის ზრდა წარმართავს მომავალი სოციო-ეკონომიკური განვითარების მიმართულებას, ის თავის მხრივ ხელს შეუწყობს ახალ ინოვაციებს ციფრულ ტექნოლოგიაში. ურთიერთგაძლიერების ეს სათნო წრე არის ყველაზე ეფექტური გზა მდგრადი მწვანე განვითარების მისაღწევად. ამავდროულად, მსოფლიოში ამჟამად მოკლებულია ნახშირბადის დაბალი ზრდის ერთიანი სტანდარტები. ჩვენ სასწრაფოდ უნდა გავაუმჯობესოთ ემისიების შემცირების სტანდარტები ციფრული სისტემებისთვის, გავაძლიეროთ ემისიებთან დაკავშირებული დიდი მონაცემების განვითარება და დავადგინოთ სტანდარტები ციფრული ინფრასტრუქტურის ნახშირბადის ანაბეჭდის გაზომვისთვის. ასევე უნდა იქნას მიღებული ზომები ამ სტანდარტების ეფექტური განხორციელების უზრუნველსაყოფად. მაგალითად, ჩვენ უნდა დავამყაროთ ციფრული სისტემები ნახშირბადის ემისიების რეალურ დროში მონიტორინგისთვის და

ერთად ვიმუშაოთ ნახშირბადის ემისიის სტანდარტებისა და სისტემების შემუშავებაზე ციფრული ინფრასტრუქტურისთვის. და ბოლოს, ასევე მნიშვნელოვანია ეკოსისტემური თანამშრომლობის გაძლიერება ინდუსტრიებსა და საწარმოებს შორის მიწოდების ჯაჭვის ზემოთ და ქვემოთ. მაგალითად, ტექნიკური მოდელები, როგორიცაა ნახშირბადის ანაბეჭდის სტანდარტები, ხელს უწყობს უფრო მეტ ჩართულობას მწვანე პრაქტიკაში მთავრობებს, ინდუსტრიებსა და საწარმოებს შორის და ამცირებს ნახშირბადის ემისიას მთელ მიწოდების ჯაჭვში. ჩვენ ასევე უნდა გავაძლიეროთ საერთაშორისო თანამშრომლობა და კოორდინაცია ტექნოლოგიების, დაფინანსების, სტანდარტებისა და რეალურ პროექტებში, რათა ერთობლივად განვავითაროთ კლიმატის სისტემატური მმართველობა გლობალურ დონეზე.

გლობალური დათბობისა და ზოგადად კლიმატის ცვლილების გამო, პროგნოზირებულია კლიმატთან დაკავშირებული რისკების ხანგრძლივობა, სიდიდე, სიდიდე და სიხშირე, რომელიც გაიზრდება და გაუარესდება [2]. კლიმატის ცვლილებასთან დაკავშირებული HMR მოიცავს ექსტრემალურ ტემპერატურას, ქარს, გვალვას, ძლიერ ნალექს, ჭექა-ქუხილს, სეტყვას, წყალდიდობას და მეწყერს; მათი სიხშირე და მასშტაბები მომავალში მოსალოდნელია გაიზრდება. ბუნებაზე დაფუძვნებული გადაწყვეტილებები (NBS) დადასტურდა, რომ ეფექტურია HMR-ის მართვაში (კალანტარი და სხვ., 2018). NBS არსებითად იყენებს ბუნებისგან მიღებულ გაკვეთილებს HMH-ით გამოწვეული ზიანის შესამცირებლად (კალანტარი და სხვ., 2019). NBS შედარებით ახალი კონცეფციაა და გვთავაზობს მნიშვნელოვან ხარჯ-ეფექტურ მეთოდებს სტრუქტურული ჩარევების აცილებისთვის (მაგ. ბეტონის შენობები). თუმცა, გამოწვევად რჩება NBS-ის ეფექტურობის შესახებ სანდო სამეცნიერო მონაცემების მოპოვება კონკრეტულ სივრცულ და დროულ მასშტაბებში. NBS-ის კონცეფცია მჭიდრო კავშირშია მდგრად, ჰარმონიულ და ეკოლოგიურ განვითარებასთან, რესურსების რაციონალურ გამოყენებასთან, ადამიანისა და გარემოს ერთობლიობასთან, ასევე გარემოს დაცვის პრიორიტეტთან [6].

დასკვნები

- ამინდის ხარისხიანი პროგნოზი საქართველოს ტერიტორიაზე საკმაოდ მოთხოვნადი, მაგრამ ამავდროულად რთული შესადგენია. ქვეყნის ტერიტორიის 85% მაღალმთიანია და ურთულესი ოროგრაფიული ხასიათით გამოირჩევა. საქართველოს ტერიტორიის 3/4 განსაკუთრებით მოწყვლადია წყალდიდობების, წყალმოვარდნებისა და ღვრაცოფების მიმართ. აღნიშნული ტერიტორიები გამოირჩევა განსკუთრებით რთული ოროგრაფიით და

დანეწევრებულია სხვადასხვა ექსპოზიციის მდინარის ხეობებითა და ხრამებით. მდინარეთა უმრავლესობის წყალუხვობის პერიოდი გაზაფხულია, როდესაც კონვექტიური ნალექების ზემოკლევადიანი და მოკლევადიანი აკურატული პროგნოზი გაცილებით უფრო ეფექტურს გახდის ჰიდროლოგიური მოდელების ამოქმედებას, ხარისხიანი ჰიდროლოგიური პროგნოზი საქართვლოსათვის მეტად აქტუალური პრობლემაა. ჰაერის მასების ურთიერთქმედება რელიეფის ამ რთულ ფორმებთან წლის ნებისმიერ დროს ამინდის ლოკალური პირობების მრავალფეროვნებითა და ხშირად ექსტრემალურობით გამოირჩევა. კონვექტიური პროცესები თანმხლები მოვლენებით: ნისლი და დაბალი ღრუბლები, ნალექის წარმომქმნელი ლოკალური მოვლენები; ამინდი ზამთრის პირობებში (თოვლი, ყინული, ლიპყინული, ზვავი) ეს იმ მოვლენების მოკლე ჩამონათვალია, რომელთა ზემოკლევადიანი და მოკლევადიანი პროგნოზირება საქართველოსათვის ძალიან ღირებულია. ვარიაციული ანალიზისა და ფარული სითბოს ინიციაციის ხარჯზე ამინდის მოდელების მნიშვნელოვანი გაუმჯობესების მიუხედავად 0-6 სთ ვადაში ზემოკლევადიანი პროგნოზის ხარისხი მაინც შედარებით დაბალია. ცალკეული სინოპტიკური მოვალენებისათვის, რომელთა სივრცული დიაპაზონი რამდენიმე მეტრიდან - 2კმ-მდე მასშტაბიდან 200-2000 კმ-მდე მერყეობს. შესაბამისად ზემოკლევადიანი და მოკლევადიანი პროგნოზის წინასწარობის დროც რამდენიმე წუთიდან 12 საათამდე იცვლება. ასეთი პროგნოზის აკურატულობა დიდად არის დამოკიდებული მიწისპირა ქსელის სიხშირეზე, რადარისა და თანამგზავრის ინფორმაციასა და მაღალი გარჩევის ამინდის ლოკალურ მოდელზე. ტრადიციულად ზემოკლევადიანი პროგნოზი დაკვირვების მონაცემების ტრენდის დროითი ექსტრაპოლირებაა, რომელიც ევრისტიკული მეთოდებით მიიღება, მაშინ როცა მოკლევადიანი პროგნოზი ძირითადად ამინდის მოდელების შედეგებს ეყრდნობა. მონოგრაფიაში განხილულია საქართველოში და საერთაშორისო წამყვანი ცენტრების მიერ შექმნილი არსებული მეთოდები და სხვადასხვა სირთულის მოდელები. დედამიწის შემსწავლელ მეცნიერებებში ტერმინი Big Data პოპულარული გახდა ახალი ტექნოლოგიებისა და ინოვაციების წყალობით, რომლებიც გაჩნდა გასული ათწლეულის განმავლობაში, დიდი მოცულობის და სწრაფად წარმოქმნილი ჰეტეროგენული მონაცემების ანალიზის საჭიროების გათვალისწინებით, ამიტომ შეგროვება და დამუშავება ხდება მაღალი სიჩქარით. ხელოვნური ინტელექტის ტექნოლოგიები შესაძლებელს ხდის დიდი მონაცემების ინტეგრირებას პროგნოზირებად და დანიშნულების მართვის ინსტრუმენტებში კლიმატის სისტემების მდგრადობის გასაუმჯობესებლად.

დიდი მონაცემები მიზნად ისახავს ხელი შეუწყოს კლიმატთან დაკავშირებულ რისკებზე მოქმედებებს მონაცემთა დიდი მოცულობის,

მრავალფეროვნებისა და ხარისხის მიწოდებით შაბლონების იდენტიფიცირებისა და მონაცემების ხელმისაწვდომობის მიზნით. ამრიგად, დიდი მონაცემების მიდგომა შეიძლება გახდეს ძირითადი ინფორმაციის წყარო გადაწყვეტილების მიმღებთათვის შესაბამისი სტრატეგიების შექმნისა და ადაპტაციის, მიმდინარე და მომავალი პრობლემების იდენტიფიცირების და დროული მოქმედებისთვის აღდგენის ეტაპების იდენტიფიცირების თვალსაზრისით.

დედამიწის სადამკვირვებლო სისტემის (Earth Observing System) პროგრამის ფარგლებში დაიწყო დედამიწის შესწავლა თანამგზავრული დაკვირვების მონაცემებით, NASA, NOAA და EUMETSAT პროგრამების ფარგლებში განხორციელდა თანამგზავრების გაშვება აღჭურვილებს სხვადასხვა ტიპის სენსორებით. აქტუალური გახდა იონოსფეროს ამინდის ამოცანა, რომლის მიხედვით დედამიწაზე ამინდის ჩამოყალიბება იწყება ატმოსფეროს მაღალ ფენებში. NASA-ს მაგნიტური ველის სადამკვირვებლო თანამგზავრი MMS, THEMIS და მზეზე დაკვირვების თანამგზავრები SOHO, SDO, SOLAR PROBE, და სხვ. გაშვების შემდეგ განუწყვეტლად გადმოსცემენ ინფორმაციას მზის პარამეტრების ცვალებადობაზე, კოსმოსური სხივების მახასიათებლებზე და დედამიწის მაგნიტური ველის რეაქციაზე ამ ცვლილებებზე

❖ მთები უზრუნველყოფს აუცილებელ საქონელს და მომსახურებას, მათ შორის მტკნარი წყლის უზარმაზარ რესურსებს, ენერგიას ჰიდროენერგეტიკის სახით, მდიდარ ბიომრავალფეროვნებას, მნიშვნელოვან მინერალებს და ულამაზეს პეიზაჟებს დასვენებისა და ტურიზმისთვის. მთები აუცილებელია გლობალური მდგრადი განვითარებისთვის. ისინი უნდა იყოს შეტანილი გლობალური პოლიტიკის ჩარჩოებში. მთებში კლიმატის ცვლილება რეალობაა. მთები საგრძნობლად თბებოდა ბოლო 100 წლის განმავლობაში და ეს დათბობა გრძელდება. ამან შეიძლება საფრთხე შეუქმნას საქონლისა და მომსახურების მიწოდებას მთიანი რაიონებიდან. მთებში კლიმატის ცვლილებისა და მისი გლობალური ეფექტების შესახებ მონაცემების ნაკლებობა აფერხებს ეფექტურ მოქმედებას. გრძელვადიანი მონიტორინგი და სტანდარტიზებული მონაცემების თავისუფალი და შეუზღუდავი გაცვლა ქვეყნებში და მათ შორის არსებითად უნდა გაუმჯობესდეს.
მოქმედების დრო ახლაა. დადასტურებული ღონისძიებები მოიცავს წყალშემკრები აუზის მართვის გაუმჯობესებას ეროვნულ და ტრანსსასაზღვრო დონეზე, წყლის შენახვის გაძლიერებას; რისკების ინტეგრირებული მართვის გაფართოება; ბიომრავალფეროვნებისა და აგრობიომრავალფეროვნების შენარჩუნება, რაც სარგებელს მოაქვს მთის თემებისთვის; ეფექტური ინსტიტუტების ხელშეწყობა და კარგი მმართველობის პრინციპების დაცვა; და ცოდნის პლატფორმების შექმნა გაზიარება და შესაძლებლობების განვითარება. კლიმატის ცვლილებასთან

ადაპტაციისა და შერბილებისთვის დაფინანსების მრავალი მექანიზმი არსებობს, განსაკუთრებით საჯარო სექტორისა და სამოქალაქო საზოგადოების მხრიდან. დამატებითი დაფინანსება შეიძლება მოდიოდეს კერძო სექტორიდან, ფულადი გზავნილებიდან და სპეციალური წყაროებიდან, როგორიცაა სახსრები, რომლებიც ანაზღაურებენ მთიან ტერიტორიებს მათ მიერ მოწოდებულ საქონელსა და მომსახურებაზე. სიღარიბის დაძლევა და სასურსათო უსაფრთხოების გაუმჯობესება მოითხოვს სპეციალურ ინსტრუმენტებს, რომლებიც სცილდება კლიმატის ცვლილების მოქმედებებს. ამ ინსტრუმენტებს შეიძლება დაემატოს კლიმატით ჭკვიანი სოფლის მეურნეობა და ეკონომიკური დივერსიფიკაცია. კაცობრიობისთვის ძირითადი საქონლისა და მომსახურების მიწოდებაში მათი სასიცოცხლო როლის გათვალისწინებით, მთები უნდა იყოს ჩართული კლიმატის ცვლილების დებატებში, ასევე 2015 წლის შემდგომ განვითარების დღის წესრიგში და მდგრადი განვითარების მიზნებში.

- საქართველოს ტყეები კავკასიის ეკორეგიონის ნაწილს წარმოადგენენ, რომელიც გლობალურ დონეზე იდენტიფიცირებული 200 მნიშვნელოვანი ეკორეგიონის რიცხვში შედის. ტყეების 90%-ზე მეტი განლაგებული მთების (დიდი და მცირე კავკასიონი) კალთებზე, რის გამოც მათი სამეურნეო გამოყენება შეზღუდულია. საქართველოს ტყეების ძირითადი დანიშნულებაა ნიადაგდაცვითი, წყალდაცვითი, წყალმარეგულირებელი, ზვავსაწინააღმდეგო და სხვ. დედამიწის სადამკვირვებლო სისტემის Earth Observing System (EOS) პროგრამის ნაწილს წარმოადგენს დედამიწის ვეგეტაციის გავლენის შესწავლა ფართო-მასშტაბიან გლობალურ პროცესებში, დედამიწის როგორც სისტემის ფუნქციონალურობის დასადგენად. ეს მოითხოვს ვეგეტაციის გლობალური გავრცელების, ასევე მის ბიოფიზიკურ და სტრუქტურულ თავისებურებების და სივრცულ-დროით ვარიაციების შესწავლას. სატყეო მეურნეობაში თანამედროვე ტექნოლოგიებიდან წარმატებით გამოიყენება დისტანციური ზონდირება, დისტანციურად გადმოცემული ინფორმაცია უზრუნველყოფს ალტერნატიული სახის მონაცემებს. ყველაზე ხშირად გამოიყენება ხილულ-ახლო ინფრაწითელი (VIS-NIR) დეტექტორები მცენარეული საფარისთვის. ხილულ-ახლო ინფრაწითელი წყაროების ყველაზე გავრცელებული პროდუქტია ვეგეტაციის ინდექსის ნორმალიზებული სხვაობა (NDVI), რომელის საშუალებითაც ხდება დაკვირვება ვეგეტაციაზე.დისტანციური ზონდირების საშუალებით შეიძლება შეგროვდეს შემდეგი მონაცემები: ტყის ხემცენარეთა ჯიში, ვარჯის გვირგვინი, მიწის ზედა ბიომასა, დაცემული რადიაცია, ფენოლოგია, დომინანტური ხემცენარეების ფოთლის ორიენტაცია და დაკვირვების სხვა მონაცემები.ყველაზე ხშირად იყენებენ მცენარეული შეფასების მონაცემებს წყაროებიდან: AVHRR, LANDSAT (MSS და TM), SPOT, AVIRIS, CASI, RADARSAT. თითოეულ მათგანს შეუძლია გადმოსცეს მონაცემები პიქსელის სხვადასხვა ზომებით, დროითი სიხშირით და დონის ტექნიკური სირთულის მიხედვით.

❖ სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის წესს განსაზღვრავს კონკრეტული არეალისთვის დამახასიათებელი კლიმატი, რომლის ცვლილებასთან ერთად იცვლება სასოფლო-სამეურნეო პრაქტიკაც. ახლო მომავალში, კლიმატის ცვლილების ზემოქმედების შედეგად მაღალი ალბათობით შეიცვლება მთიანი რეგიონების მცენარეული კულტურების პროდუქტიულობა და მათი ვერტიკალური ზონალობით ტრანსფორმაცია. ამიტომ, სოფლის მეურნეობის დარგის განვითარების ახლებური მიდგომა გულისხმობს დარგის გარდაქმნას იმგვარად, რომ გაიზარდოს მისი ეფექტურად მართვისა და მდგრადი განვითარების შესაძლებლობები, რაც ფორმულირებულია, როგორც კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა. იგი პასუხობს კონკრეტული არეალისთვის დამახასიათებელ კლიმატის ცვლილების გამოწვევებს. სწორედ, აღნიშნული აგროკლიმატური რესურსების ეფექტური მართვა და მდგრადი განვითარების პრინციპების განხორციელება უდევს საფუძვლად, ჩვენს მიერ ჩატარებულ სამეცნიერო გამოკვლევებს მთიანი რეგიონებისათვის. საქართველოს აღმოსავლეთ და დასავლეთ მთიანი რეგიონებისათვის მუნიციპალიტეტების მიხედვით, შეფასებულია ძირითადი აგროკლიმატური მახასიათებლები, სავეგეტაციო პერიოდში განსაზღვრულია სასოფლო-სამეურნეო კულტურების სითბოთი და ტენით უზრუნველყოფა. მთიანი რეგიონებისათვის გაანალიზებულია აგროკულტურებისათვის საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენა - წაყინვები და უყინვო პერიოდის ხანგრძლივობა. აქტიურ ტემპერატურათა და ნალექების ჯამების მიხედვით, გამოყოფილია აგროკლიმატური ზონები მთიანი და მაღალმთიანი რეგიონებისათვის, შესაბამისი პერსპექტიული კულტურების გავრცელების მითითებით. კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა ითვალისწინებს კლიმატური პარამეტრების მოსალოდნელ ცვლილებას და ხელს უწყობს ისეთი ფერმერული მიდგომების დანერგვას, რომელიც შეცვლილ პირობებს შეესაბამება და ზრდის მოსავლიანობას. კლიმატის ცვლილებით გამოწვეულმა ტემპერატურის და ნალექების რეჟიმების ცვლილებამ, სეზონების წანაცვლებამ და ამ სეზონებისთვის დამახასიათებელმა ვეგეტაციის პერიოდების, ნიადაგის ტენიანობის ცვლილებებმა შეამცირა ტრადიციული მეთოდით სოფლის მეურნეობის დარგებში მოსავლის რაოდენობა. აქედან გამომდინარე, მნიშვნელოვანია ჩვენს მიერ ჩატარებული საქართველოს მთიანი რეგიონების აგროკლიმატური მახასიათებლების შეფასება რეალური პრობლემების გათვალისწინებით (მომავლის კლიმატური სცენარებით), რომლებიც შეინიშნება კლიმატის ცვლილების პირობებში. ჩვენი სამეცნიერო კვლევის

შედეგები, კლიმატის ცვლილების მომავლის სცენარის გათვალისწინებით, რეგიონალურ და მუნიციპალიტეტების დონეზე განსაზღვრავს სასოფლო-სამეურნეო საქმიანობის ტრადიციულ და პერსპექტიულ მიმართულებებს. ზემოაღნიშნულიდან გამომდინარე, კლიმატგონივრული სოფლის მეურნეობა უზრუნველყოფს სოფლის მეურნეობის დარგის მდგრად განვითარებას. მთიან რეგიონებში გარემოს ეკოლოგიური მდგომარეობიდან გამომდინარე, ალტერნატიული გზა უსაფრთხო სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოების, რომელიც ითვალისწინებს გარემოს დაცვას, მის შენარჩუნებას, ნეგატიური ტენდენციების თავიდან აცილებას და აუცილებელ განვითარებას არის ორგანული მიწათმოქმედება. საქართველოს მაღალმთიან ზონაში ორგანული მიწათმოქმედების განვითარების ბუნებრივი ეკოლოგიური ბალანსის საფუძველს წარმოადგენს მემცენარეობასა და მეცხოველეობას შორის ჰარმონიული დამოკიდებულება. აღნიშნული მიმართულებით ერთიანი კომპლექსური, მრავალწლიანი კვლევები სამხრეთ საქართველოს მაღალმთიან ზონაში (2200 მ ზღ. დონიდან, ნინოწმინდის მაღალმთიანი აგრომეტეოროლოგიური ბაზა), რაც გულისხმობს სოფლის მეურნეობის წარმართვას ბუნებრივი, ეკოლოგიურად უვნებელი მეთოდების (ორგანული სასუქი, ბიოენერგოაქტივატორი - ,,ბიორაგი'') გამოყენებით და ამდენად უსაფრთხო სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების მიღებას, აგროკლიმატური პირობების გათვალისწინებით, ჩვენს მიერ პირველად იქნა ჩატარებული. მაღალმთიან ზონაში პერსპექტიული კულტურების პროდუქტიულობაზე და მის ხარისხზე აგრომეტეოროლოგიური პირობების გავლენის შესწავლის საფუძველზე, კონკრეტულად შემუშავდება შესაბამისი რეკომენდაციები მარცვლეული, ბოსტნეული და სურნელოვან-არომატული კულტურების წარმოებისათვის. ექსპერიმენტით მიღებული შედეგები უზრუნველყოფს: 1. საქართველოს მაღალმთიან ზონაში ეკოლოგიურად სუფთა სასოფლო-სამეურნეო პროდუქტების წარმოებას; 2. მაღალმთიანი ზონის მოსახლეობის დასაქმებას და ახალგაზრდა თაობის მიგრაციის შემცირებას; 3. მიღებული პროდუქციით საქართველოს სამომხმარებლო ბაზრის გამდიდრებას; 4. ადგილობრივი მოსახლეობის შემოსავლების ზრდას და მათი სოციალურ-ეკონომიკური პირობების გაუმჯობესებას; 5. მაღალმთიან ზონაში ფერმერული მეურნეობების განვითარებას; 6. ადგილობრივ წარმოებას მდგრადი საკვები ბაზის შექმნას.

- საქართველოს ტერიტორიაზე განვითარებული მეტეოროლოგიური მოვლენები და ჰიდრომეტეოროლოგიური საფრთხეები, კერძოდ: სეტყვა, თავსხმა წვიმა, ჭექ-ქუხილი, ექსტრემალური ქარი, ექსტრემალური ტემპერატურა, ქარიშხალი, გვალვა, ასევე, წყალდიდობა, მეწყერი, ზვავი, და ა.შ. მოსალოდნელია, რომ უფრო გახშირდეს კლიმატის ცვლილების, ეკოსისტემის დეგრადაციის, მოსახლეობის ზრდისა და ურბანიზაციის გამო.

მსოფლიოში ეკონომიკური და სხვა ზარალი სტიქიური უბედურებების შედეგად იზრდება. კატასტროფების საერთაშორისო მონაცემთა ბაზის (EM-DAT) მიხედვით, ბოლო 70 წლის განმავლობაში, ჰიდრომეტეოროლოგიურმა კატასტროფებმა აჩვენა ყველაზე მაღალი ზრდის ტემპი ნებისმიერი ტიპის სტიქიურ უბედურებებთან შედარებით. საქართველოში სტიქიური უბედურებები სახელმწიფოს მდგრადი განვითარების მუდმივ უარყოფით ფაქტორად უნდა განიხილებოდეს. ჩამოთვლილი საფრთხეებიდან გამომდინარე, პრობლემების მნიშვნელობა ასტიმულირებს მათში მიმდინარე გამომწვევი მიზეზებისა და ფიზიკური პროცესების აქტიურ შესწავლას. ჭექა-ქუხილით და სეტყვით დღეების რაოდენობის სტატისტიკური სტრუქტურა და სივრცითი და დროითი მახასიათებლები, კავშირი ჭექა-ქუხილის ხანგრძლივობისა და ჭექა-ქუხილის დღეების რაოდენობას შორის, ტერიტორიაზე სეტყვის პროცესების ინტენსივობის გრძელვადიანი დინამიკის მახასიათებლები. შესწავლილია სეტყვის პროცესების კავშირი ჭექა-ქუხილთან, ჭექა-ქუხილის აქტივობის თავისებურებები კახეთში, ჭექა-ქუხილის ელექტრულ და რადარულ პარამეტრებს შორის კავშირი. ამ კავშირებისა და კონვექციური ღრუბლების სარადარო პარამეტრების მონაცემების გათვალისწინებით, აშენდა კახეთისთვის მიწისზედა ელვის განაწილების რუკა. წარმოდგენილია სეტყვის განაწილების მოდელირების შედეგები კახეთის ტერიტორიაზე საშუალო მაქსიმალური დიამეტრის მიხედვით ატმოსფეროში გაყინვის დონის მონაცემებისა და ღრუბლებში სეტყვის მაქსიმალური ზომების სარადარო გაზომვების გამოყენებით. პროცესების ინტენსივობის გრძელვადიანი დინამიკის მახასიათებლები. შესწავლილია სეტყვის პროცესების კავშირი ჭექა-ქუხილთან, ჭექა-ქუხილის აქტივობის თავისებურებები კახეთში, ჭექა-ქუხილის ელექტრულ და რადარულ პარამეტრებს შორის კავშირი. ამ კავშირებისა და კონვექციური ღრუბლების სარადარო პარამეტრების მონაცემების გათვალისწინებით, შედგენილი იქნა კახეთისთვის მიწისზედა ელვის გამონადენის განაწილების რუკა. წარმოდგენილია სეტყვის განაწილების მოდელირების შედეგები კახეთის ტერიტორიაზე საშუალო მაქსიმალური დიამეტრის მიხედვით ატმოსფეროში გაყინვის დონის მონაცემებისა და ღრუბლებში სეტყვის მაქსიმალური ზომების სარადარო გაზომვების გამოყენებით.

შესწავლილი იქნა ატმოსფერული ნალექების, ჭექა-ქუხილის და სეტყვის პროცესების კავშირი ატმოსფეროს ანთროპოგენურ დაბინძურებასთან აღმოსავლეთ საქართველოს პირობებში. შემუშავებულია ჭექა-ქუხილის აქტივობისა და ატმოსფეროს აეროზოლური დაბინძურების ურთიერთკავშირის სტატისტიკური მოდელები. კერძოდ, დადგინდა, რომ ჭექა-ქუხილის და სეტყვის პროცესების ინტენსივობა მნიშვნელოვნად არის დამოკიდებული ატმოსფეროს აეროზოლური დაბინძურებაზე (რადიოაქტიურის ჩათვლით), თუმცა ეს დამოკიდებულება საკმაოდ

რთულია. ზოგადად, ატმოსფეროს არარადიოაქტიური აეროზოლური დაბინძურების ზრდამ გამოიწვია სეტყვის დაზიანების ინტენსივობის ზრდა და, შესაბამისად, სეტყვის საწინააღმდეგო ოპერაციების ეფექტურობის შემცირება.

კლიმატის მოსალოდნელი ცვლილების პროგნოზირებისთვის გამოყენებულია RCP4.5 სცენარი. გლობალური პროგნოზის მასშტაბის გასაუმჯობესებლად გამოყენებული იქნა RegCM რეგიონული კლიმატური მოდელის 4.6.0 ვერსია. აღნიშნულ ვერსიაში რიგი ფიზიკური და ქიმიური პროცესების აღწერისა და პარამეტრიზაციის მექანიზმებია დახვეწილი. ამ მოდელში გათვალისწინებულია მტვრისა და აეროზოლების ზემოქმედებაც. გარდა ამისა, RegCM 4.6.0 ვერსია ჰორიზონტალური მასშტაბის გაუმჯობესების საშუალებას იძლევა ჩადგმული არის მეთოდით (one way nesting). რეგიონული კლიმატური მოდელის ყველა სიმულაცია ჩატარდა ჯერ უფრო უხეში მასშტაბის (30 კმ) და შედარებით დიდი ფართობის არეზე, ხოლო შემდეგ გადათვლილი იქნა 10 კილომეტრიან ბადეზე.

პირველად საქართველოში განხილულია დედამიწის მაგნიტური ველის მოდელი WMM5, რომლითაც მთელი დედამიწისთვის წარმოებს მაგნიტური ველის მდგენელების გამოთვლა და პროგნოზირება, მოდელი მნიშვნელოვანია, რადგან ელექტრო მოწყობილობების გამართული ფუნქციონირებისთვის აუცილებელია დედამიწის შეუშფოთებელი მაგნიტური ველი და ამინდის ზუსტი პროგნოზისთვის საჭიროა მისი გაწყვილება ამინდის რიცხვით მოდელთან. ეს ეტაპი საქართველოში ჯერ არ სრულდება. წარმოდგენილი მონოგრაფია დააჩქარებს ამ პროცესს.

❖ მწვანე ეკონომიკა არის ეკონომიკური განვითარების ის მოდელი, რომელიც ამცირებს გარემოსდაცვით რისკებს და ეკოლოგიურ პრობლემებს, მიზნად ისახავს მდგრად განვითარებას და გარემოზე უარყოფითი ზეგავლენის მწვანე ეკონომიკა მოიცავს ექვს მთავარ სექტორს:
1) განახლებადი ენერგია (მზის, გეოთერმული, ქარის, ბიოგაზის და სითბური უჯრედების ენერგია);
2) მწვანე შენობები (მწვანე პროდუქტები და მასალები, ენერგიის მწვანე მოდიფიკატორები);
3) სუფთა ტრანსპორტი (ალტერნატიული საწვავი, ჰიბრიდული და ელექტრო სატრანსპორტო საშუალებები);
4) წყლის მენეჯმენტი (წყლის და წვიმის გამწმენდი სისტემები, შიდა წყლის ლანდშაფტი);
5) ნარჩენების მართვა (ნიადაგის ნაყოფიერების გაუმჯობესება, უტილიზაცია)
6) მიწის მართვა (ორგანული სოფლის მეურნეობა, ტყეების განაშენიანება,

ურბანული ტყეები და პარკები) თითოული სექტორის განვითარება ეკოლოგიურ პრობლემებთან ბრძოლის გზაზე ძალიან მნიშვნელოვანია. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ბუნებაზე დაფუძნებული გადაწყვეტილებების გამოყენება გარემოს შენარჩუნებისა და კლიმატის ცვლილების ნეგატიური შედეგების შერბილებისთვის.

Institute of Hydrometeorology of

Georgian Technical University

Study of weather and climate using the ensemble method for the mountain sustainable development

Marika Tatishvili, Maia Meladze,

Giorgi Meladze, Noe Khozrevanidze

Editors

Liana Kartvelishvili – Dr. of Geographic sSciences, Professor

Givi Japaridze – Academician of Agrarian Sciences

Reviewer

Zaur Chankselian – Dr. of Agricultural Sciences, Professor; Academician of the Academy of Agricultural Sciences of Georgia

Demur Demetrashvili – Dr. of Physic.-Math. Sciences, Professor

The Monograph was published by financial support of Shota Rustaveli Sciece Foundation Grant SP 23-917

Publisher ”Samshoblo”

ISBN 978-9941-9884-7-9

Tbilisi

2024

Chapter1

Ensemble weather forecasting

What is ensemble weather forecasting? An ensemble weather forecast is a set of forecasts that present the range of future weather possibilities. Multiple simulations are run, each with a slight variation of its initial conditions and with slightly perturbed weather models. These variations represent the inevitable uncertainty in the initial conditions and approximations in the models. They produce a range of possible weather conditions. Why is it important to measure the level of uncertainty in a forecast? The uncertainty associated with every forecast means that different scenarios are possible, and the forecast should refl ect that. Single 'deterministic' forecasts can be misleading as they fail to provide this information. Take agriculture as an example: a farmer needs to know the range of possible conditions the crops may experience so that they can be protected. Ensemble forecasts show how big that range is at different forecast times. What are the advantages of ensemble prediction? By generating a range of possible outcomes, the method can show how likely different scenarios are in the days ahead, and how long into the future the forecasts are useful. The smaller the range of predicted outcomes, the 'sharper' the forecast is said to be. Good ensemble forecasts are not just sharp but also reliable. If a reliable forecast says that there is a 70% chance of top temperatures rising above a certain threshold, then in 70% of cases when such a forecast is made temperatures will indeed rise above that threshold

ECMWF started to provide operational weather predictions in 1979. These first forecasts were offered without an uncertainty estimate, and so a research effort to investigate such an approach was initiated in the 1980s. It took more than a decade to develop a workable ensemble prediction technique, and ECMWF produced the first ensemble forecasts in 1992.

Extended and long-range predictions

ECMWF issues extended-range weather predictions up to 46 days ahead. They are ensemble forecasts, and they show predicted week-to-week changes in the weather. Long-range predictions, also called seasonal forecasts, are mainly issued up to seven months ahead. They are ensemble forecasts too, and they provide expected future atmospheric, land, and oceanic conditions averaged over one to three months. The longest-range predictions issued by ECMWF are 13-month forecasts of sea-surface temperature anomalies in the El Niño region in the equatorial Pacific. Why do we cover these time ranges? ECMWF produces such forecasts for two reasons. The first is that there is interest in forecasts for relatively long time frames among a range of customers. For example, the production of renewable energy depends on future sunshine levels and winds over the next few weeks and months. Also, sea-surface temperatures in the equatorial Pacific are known to have a big effect on weather patterns elsewhere, so we try to forecast those as long ahead as possible. Another advantage of these forecasts is that they help challenge our forecasting systems and show where improvements are needed, benefiting our forecasts at all time ranges.

Extended-range predictions are produced from the same coupled ocean–atmosphere model that is used for the medium range, but at a lower resolution. An important source of predictability in this time range originates from a 30–60 day fluctuation in tropical weather, called the Madden–Julian Oscillation (MJO). The use of a coupled ocean–atmosphere system helps to capture some aspects of MJO variability. Other sources of extendedrange predictability include stratospheric and soil moisture initial conditions. How are long-range predictions produced? Longer-term predictions of the climate are possible because the ocean, the cryosphere and elements of the land evolve more slowly than the atmosphere. The influence of these Earth system components can be detected in the average weather over a month or season. For example, monthly average rainfall in March to May in the Nordeste region of Brazil is related to sea-surface temperatures in the tropical Pacific and Atlantic in the months before and during the rainy season. Our calculations include the increase in greenhouse gases such as carbon dioxide and methane, which has a substantial impact on our forecasts. What does the future hold? Extended- and long-range prediction may become even more important in a changing climate marked by more extremes than before, and when the information provided by the climatology is no longer a good guidance. Prediction systems are updated regularly to keep up with the latest scientific developments. A forecast upgrade to be introduced in 2023 will bring increased frequency and ensemble size for extended-range forecasts. A similar change is planned for long-range forecasts in 2024. We are also working to improve the realism of the stratosphere in our forecasting system, since this can play an important role in predictability at extended- and longer-range timescales. What does the Copernicus Climate Change Service offer? ECMWF’s extended-range and long-range predictions are publicly available on our website. The long-range predictions also feed into the seasonal forecast pages of the EU’s Copernicus Climate Change Service (C3S) implemented by ECMWF. These pages show seasonal forecasts for a range of parameters from eight forecasting centres, including ECMWF, and combined C3S multi-system seasonal charts.

Earth system modelling at ECMWF

Why is Earth system modelling important for weather forecasting? In addition to the atmosphere, Earth system components such as the ocean, ocean waves, sea ice, and the land surface can have a significant impact on the evolution of the weather. Accurately modelling the interactions between all these components in numerical weather prediction systems therefore improves weather forecasts. ECMWF’s Earth system model aims to represent interactions between as many Earth system components as required, at the necessary level of complexity and as initialized by data assimilation, to achieve the

Centre’s forecasting goals. What are the benefits for ECMWF forecasts? Continuing to develop an Earth system approach is a key pillar of ECMWF’s Strategy because it is essential for improving the skill of weather forecasts. ECMWF uses the same Earth system model across different timescales (medium, extended and long range) in a seamless prediction system. All Earth system model components interact with each other during the forecast simulation, and feedbacks between the components are explicitly modelled. Without an Earth system approach, such feedbacks would not be represented. This would, for example, lead to snow-covered surfaces in the wrong place in spring or autumn, or result in sea-ice cover where warmer temperatures have long removed it. How is this approach useful for environmental services? An Earth system approach can also provide a wide range of information about environmental conditions, such as soil moisture, flood and fire risk and air quality. That is why Earth system modelling underpins the work of the EU-funded Copernicus Climate Change Service (C3S) and Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) implemented by ECMWF, as well as the Centre’s contribution to the Copernicus Emergency Management Services (CEMS)

How does Earth system modelling fit into the forecasting system? The data assimilation system combines the latest observations with model information to obtain the best possible estimate of the current state of the Earth system. Based on those initial conditions, the Earth system model is run to predict the likely evolution of the atmosphere and related parts of the Earth system. To produce ensemble forecasts, uncertainty estimates are used to perturb the initial conditions and the model to reflect the full range of possible outcomes. The data assimilation algorithms, the perturbation techniques and the full suite of model components together make up ECMWF’s Integrated Forecasting System (IFS). How does the atmospheric model work? The atmospheric model divides the atmosphere into a three-dimensional grid comprising billions of grid boxes. Average values of variables such as wind and temperature are predicted for each grid box by numerically solving equations that describe advection by the wind, the balance of atmospheric pressure forces on a rotating planet and the redistribution of heat. The algorithms and their implementation on a supercomputer are called the dynamical core. When the impact on the flow by relatively small-scale processes cannot be resolved by the model, they are simulated separately in socalled parametrization schemes. Radiation, small-scale convection, turbulence and drag processes are examples of such unresolved processes. The dynamical core, the parametrization schemes and other Earth system model components have to work hand in hand to deliver successful weather predictions. How are other Earth system components modelled? The ocean model used in the IFS works in a similar way to the atmospheric model, but advection is slower and coastlines provide additional boundary conditions. Ocean waves are represented through a statistical description, while the sea-ice model represents the movement, formation and melting of sea ice in response to changing atmospheric conditions. A land-surface model is tightly coupled to the atmospheric model to represent the evolution of surface properties such as soil moisture, vegetation and snow. Atmospheric chemistry, greenhouse gases and aerosols are all represented within the atmospheric model.

What role does the model resolution play? One way to improve forecast skill and make forecasts more detailed is to increase the horizontal and vertical resolution of Earth system model components. ECMWF's strategic aim is to go down to a horizontal atmospheric grid spacing of a few kilometers for ensembles of global forecasts. Research is under way to determine the changes in our Earth system model that are required to make this possible without overwhelming the computational capacity of the Centre's current and future supercomputers. This includes work on an alternative dynamical core and on adapting the existing parametrization schemes to grid spacings at which a growing number of physical processes start to be resolved. How is Earth system modelling developing at ECMWF? ECMWF scientists are constantly seeking to improve all aspects of the Earth system model. Earth system observations, including satellite observations, help us to understand Earth system processes and to model them successfully. Active areas of research include improved representations of the stratosphere as well as of soil moisture, vegetation, snow cover, sea ice and aerosols to extend the range at which useful forecasts can be made.

Earth system data assimilation What is Earth system data assimilation? Earth system data assimilation combines the latest observations with a short-range forecast constrained by previous observations to obtain the best possible estimate of the current state of the Earth system. That estimate, called the analysis, is used as the initial conditions on which weather forecasts are based. The quality of forecasts crucially depends on the accuracy of the analysis. If analyses are produced for extended periods reaching back decades, but using one and the same data assimilation system, they become a 'reanalysis' of past weather and climate. Why do we need to combine observations with short-range forecasts? Observations are unevenly distributed and come with errors. They cannot provide a complete and accurate picture of the state of the Earth system across the globe at a given point in time. Fortunately, we know a lot about that state from a highly skillful short-range forecast based on the previous analysis and thus on previous observations. Data assimilation adjusts that forecast slightly in a physically consistent manner so that it matches the latest observations closely, considering uncertainties in the observations and the short-range forecast. Different mathematical techniques can be used to combine Earth system observations with short-range forecasts. The method used at ECMWF for the atmosphere is called four-dimensional variational data assimilation (4D-Var). 4D-Var iteratively adjusts the initial conditions of a short-range forecast to bring it into closer agreement with meteorological observations in space and time. The adjustments are made in a manner which respects the physical laws that govern the Earth system. The adjusted forecast then serves to defi ne the initial conditions of a new forecast. ECMWF implemented 4D-Var in 1997. This quickly led to a dramatic improvement in forecast quality. Since then, continued enhancements of the 4D-Var system and the introduction of a probabilistic approach through an Ensemble of Data Assimilations system have improved forecasts further. What kind of observations are used? Some observations reflect conditions at the location of the instrument. Such in-situ measurements come for example from weather stations, aircraft, radiosondes, ships or buoys. Other observations are based on remote sensing, for example from satellites or ground-based radar. Most satellite instruments measure electromagnetic radiation emitted from the Earth's surface and the atmosphere. The signals received can be used to infer conditions at the surface or in the atmosphere. Passive sensors measure radiation that is emitted naturally, while active sensors measure the backscatter of radiation emitted from the instrument. How important are different kinds of observations? Remote sensing, especially using satellite instruments, has become ever more important because of the global coverage it provides. As we became better at extracting satellite data information and the amount of global weather data increased, the skill of forecasts in areas with few in-situ observations, such as the southern hemisphere, increased sharply. In-situ weather data continue to be very important, and they have a key role in calibrating remote sensing instruments, but overall today satellite data make the biggest contribution to global forecast skill.

What is the Ensemble of Data Assimilations? The analysis on which forecasts are based comes with uncertainties. This is inevitable due to the errors that are present in the observations and the short-range forecasts. While we cannot reduce those errors to zero, we can quantify the uncertainties. To this end, multiple 4D-Var data assimilations are run in parallel using slightly perturbed observations, models and atmospheric boundary conditions, such as sea-surface temperature. ECMWF has run such an Ensemble of Data Assimilations (EDA) since 2010 to help define the initial conditions for ensemble forecasts as well as for high-resolution deterministic forecasts.

1.1 Satellites

Land surface temperature

Land surface temperature is how hot the "surface" of the Earth would feel to the touch in a particular location. From a satellite's point of view, the "surface" is whatever it sees when it looks through the atmosphere to the ground. It could be snow and ice, the grass on a lawn, the roof of a building, or the leaves in the canopy of a forest. Thus, land surface temperature is not the same as the air temperature that is included in the daily weather report.

The maps were made using data collected during the daytime by the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA's Terra satellite. Temperatures range from -25 degrees Celsius (deep blue) to 45 degrees Celsius (pinkish yellow). At mid-to-high latitudes, land surface temperatures can vary throughout the year, but equatorial regions tend to remain consistently warm, and Antarctica and Greenland remain consistently cold. Altitude plays a clear role in temperatures, with mountain ranges like the North American Rockies cooler than other areas at the same latitude.

Scientists monitor land surface temperature because the warmth rising off Earth's landscapes influences (and is influenced by) our world's weather and climate patterns. Scientists want to monitor how increasing atmospheric greenhouse gases affect land surface temperature, and how rising land surface temperatures affect glaciers, ice sheets, permafrost, and the vegetation in Earth's ecosystems.

Commercial farmers may also use land surface temperature maps like these to evaluate water requirements for their crops during the summer, when they are prone to heat stress. Conversely, in winter, these maps can help citrus farmers to determine where and when orange groves could have been exposed to damaging frost.

Total rainfall

Globally, rain is the main source of fresh water for plants and animals rainfall is essential for life across Earth’s landscapes. In addition to moving tremendous amounts of water through Earth’s atmosphere, rain clouds also move tremendous amounts of energy. When water evaporates from the surface and rises as vapor into the atmosphere, it carries heat from the sun-warmed surface with it. Later, when the water vapor condenses to form cloud droplets and rain, the heat is released into the atmosphere. This heating is a major part of Earth's energy budget and climate.

The rainfall maps show total monthly rainfall in millimeters from NASA’s Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG) dataset. High rain totals are represented in dark blue, while small rainfall totals are shown in white.

The most obvious pattern in the total rainfall maps is seasonal change. A band of heavy rain moves north and south of the Equator seasonally. In fact, about two-thirds of all rain falls along or near the equator, and countries in those latitudes often have several months of near-daily rain followed by months of dryness as the rain band moves north and south. The Asian monsoon brings rain to China, Southeast Asia, and India between April and September. From October through May, South America goes through a rainy season, but even parts of the Amazon Rainforest goes a few months each year without significant rain.

Net radiation

Earth's net radiation, sometimes called net flux, is the balance between incoming and outgoing energy at the top of the atmosphere. It is the total energy that is available to influence the climate. Energy comes in to the system when sunlight penetrates the top of the atmosphere. Energy goes out in two ways: reflection by clouds, aerosols, or the Earth's surface; and thermal radiation—heat emitted by the surface and the atmosphere, including clouds. The global average net radiation must be close to zero over the span of a year or else the average temperature will rise or fall.

These maps show monthly net radiation in watts per square meter. Places where the amounts of incoming and outgoing energy were in balance are white. Places where more energy was coming in than going out (positive net radiation) are orange. Places where more energy was going out than coming in (negative net radiation) are purple. The measurements were made by the Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) sensors on NASA's Terra and Aqua satellites.

Over the course of a year, the most obvious pattern is seasonal changes in net radiation. Incoming sunlight increases in the hemisphere experiencing summer, which makes the energy imbalance strongly positive (more watts of energy coming in than going out). As the September equinox approaches, a zone of positive net radiation is nearly centered over the equator, and energy deficits lie over the poles. As the season changes into winter, the net radiation becomes negative across much of the Northern Hemisphere and positive in the Southern Hemisphere. The pattern reverses on the March equinox.

Averaged over the year, there is a net energy surplus at the equator and a net energy deficit at the poles. This equator-versus-pole energy imbalance is the fundamental driver of atmospheric and oceanic circulation.

Snow cover

Snow is precipitation that forms when water vapor freezes. Because snow is so reflective, it plays an important role in regulating climate: it reflects incoming sunlight back into space, cooling the planet. Snow also supports life. Melting of seasonal snow (as well as glaciers) provides water for drinking and irrigating crops in many parts of the world. Snowmelt moisturizes soil and reduces the risk of wildfire. Too much snow, however, can lead to springtime floods when the snowpack melts.

These snow cover maps are made from observations collected by the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA’s Terra satellite. Snow cover values range from medium blue (greater than 0 percent) to white (100 percent). Landmasses that do not sustain snow cover and places where MODIS did not collect data are gray. Because MODIS relies on visible light to assess snow cover, the sensor cannot collect data over the highest latitudes of the Northern Hemisphere during winter when no sunlight reaches those regions.

Snow and ice cover most of the Earth’s polar regions throughout the year, but the coverage at lower latitudes depends on season and elevation. High-altitude landscapes such as the Tibetan Plateau and the Andes and Rocky Mountains maintain some amount of snow cover almost year round. Land area is larger and snow cover is more variable in the Northern Hemisphere than in the Southern Hemisphere.

Cloud cover

In addition to their role as rain- and snow-makers in Earth's water cycle, clouds play a major part in Earth's energy budget—the balance of energy that enters and leaves the climate system. Clouds may have a warming or cooling influence depending on their altitude, type, and when they form. Clouds reflect sunlight back into space, which causes cooling. But they can also absorb heat that radiates from the Earth's surface, preventing it from freely escaping to space. One of the biggest sources of uncertainty in computer models that predict future climate is how clouds influence the climate system and how their role might change as the climate warms.

These maps show what fraction of an area was cloudy on average each month. The measurements were collected by the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA's Terra satellite. Colors range from blue (no clouds) to white (totally cloudy). Like a digital camera, MODIS collects information in gridded boxes, or pixels. Cloud fraction is the portion of each pixel that is covered by clouds. Colors range from blue (no clouds) to white (totally cloudy).

From month to month, a band of clouds girdles the equator. This band of persistent clouds is called the Intertropical Convergence Zone, the place where the easterly trade winds in the Northern and Southern Hemispheres meet. The meeting of the winds pushes warm, moist air high into the atmosphere. The air expands and cools, and the water vapor condenses into clouds and rain. The cloud band shifts slightly north and south of the equator with the seasons. In tropical countries, this shifting of the Intertropical Convergence Zone is what causes rainy and dry seasons.

Another frequently cloudy place is the Southern Ocean. Although there is not as much evaporation in the high latitudes as in the tropics, the air is cold. The colder the air, the more readily any water vapor in the air will condense into clouds.

Aerosol

Tiny solid and liquid particles suspended in the atmosphere are called aerosols. Windblown dust, sea salts, volcanic ash, smoke from wildfires, and pollution from factories are all examples of aerosols. Depending upon their size, type, and location, aerosols can either cool the surface, or warm it. They can help clouds to form, or they can inhibit cloud formation. And if inhaled, some aerosols can be harmful to people's health.

These maps show average monthly aerosol amounts around the world based on observations from the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA's Terra satellite. Satellite measurements of aerosols, called aerosol optical thickness, are based on the fact that the particles change the way the atmosphere reflects and absorbs visible and infrared light. An optical thickness of less than 0.1 (palest yellow) indicates a crystal clear sky with maximum visibility, whereas a value of 1 (reddish brown) indicates very hazy conditions.

High aerosol amounts are linked to different process in different places and times of year. High aerosol amounts occur over South America from July through September. This pattern is due to land clearing and agricultural fires that are widespread across the Amazon Basin and Cerrado regions during the dry season. Aerosols have a similar seasonal pattern in Central America (March-May), central and southern Africa (June-September, and Southeast Asia (January-April).

In other cases, however, aerosol concentrations are not related to fires. For example, from May through August each year, aerosol amounts rise dramatically around the Arabian Peninsula and nearby oceans due to dust storms. Elevated aerosol amounts nestle at the foothills of the Himalaya Mountains in northern India in some months, and linger over eastern China for much of the year. These elevated aerosol amounts are due to human-produced air pollution.

Vegetation

Satellites observe global-scale patterns of vegetation that scientists use to study changes in plant growth as a result of climate and environmental changes as well as human activity. Photosynthesis plays a big role in removing carbon dioxide from the atmosphere and storing it in wood and soils, so mapping vegetation is a key part of studying the carbon cycle. Farmers and resource managers also use satellite-based vegetation maps to help them monitor the health of our forests and croplands.

On these maps, vegetation is pictured as a scale, or index, of greenness. Greenness is based on several factors: the number and type of plants, how leafy they are, and how healthy they are. In places where foliage is dense and plants are growing quickly, the index is high, represented in dark green. Regions where few plants grow have a low vegetation index, shown in tan. The index is based on measurements taken by the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on NASA's Terra satellite. Areas where the satellite did not collect data are gray.

The most obvious pattern that the maps show is a global one: vegetation greenness is high around the equator all year long, where temperatures, rainfall and sunlight are abundant. Between the equator and the poles, the vegetation greenness rises and falls as the seasons change.

TOTAL ELECTRON CONTENT

The Total Electron Content (TEC) is the total number of electrons present along a path between a radio transmitter and receiver. Radio waves are affected by the presence of electrons. The more electrons in the path of the radio wave, the more the radio signal will be affected. For ground to satellite communication and satellite navigation, TEC is a good parameter to monitor for possible space weather impacts.

TEC is measured in electrons per square meter. By convention, 1 TEC Unit TECU = $10\wedge^{16}$ electrons/m^2. Vertical TEC values in Earth's ionosphere can range from a few to several hundred TECU.

The TEC in the ionosphere is modified by changing solar Extreme Ultra-Violet radiation, geomagnetic storms, and the atmospheric waves that propagate up from the lower atmosphere. The TEC will therefore depend on local time, latitude, longitude, season, geomagnetic conditions, solar cycle and activity, and troposphere conditions. The propagation of radio waves is affected by the ionosphere. The velocity of radio waves changes when the signal passes through the electrons in the ionosphere. The total delay suffered by a radio wave propagating through the ionosphere depends both on the frequency of the radio wave and the TEC between the transmitter and the receiver. At some frequencies the radio waves pass through the ionosphere. At other frequencies, the waves are reflected by the ionosphere.

The change in the path and velocity of radio waves in the ionosphere has a big impact on the accuracy of satellite navigation systems such as GPS/GNSS. Neglecting changes in the ionosphere TEC can introduce tens of meters of error in the position calculations. The Global Positioning System (GPS), the US part of GNSS, uses an empirical model of the ionosphere, the Klobuchar model, to calculate and remove part of the positioning error caused by the ionosphere when single frequency GPS receivers are used. When conditions deviate from those predicted by the Klobuchar model, GPS/GNSS systems will have larger positioning errors.

GALACTIC COSMIC RAYS

Galactic Cosmic Rays (GCR) are the slowly varying, highly energetic background source of energetic particles that constantly bombard Earth. GCR originate outside the solar system and are likely formed by explosive events such as supernova. These highly energetic particles consist of essentially every element ranging from hydrogen, accounting for approximately 89% of the GCR spectrum, to uranium, which is found in trace amounts only. These nuclei are fully ionized, meaning all electrons have been stripped from these atoms. Because of this, these particles interact with and are influenced by magnetic fields. The strong magnetic fields of the Sun modulate the GCR flux and spectrum at Earth.

Over the course of a solar cycle the solar wind modulates the fraction of the lower-energy GCR particles such that a majority cannot penetrate to Earth near solar maximum. Near solar minimum, in the absence of many coronal mass ejections and their corresponding magnetic fields, GCR particles have easier access to Earth. Just as the solar cycle follows a roughly 11-year cycle, so does the GCR, with its maximum, however, coming near solar minimum. But unlike the solar cycle, where bursts of activity can change the environment quickly, the GCR spectrum remains relatively constant in energy and composition, varying only slowly with time. (See Forbush decrease for short-term changes of GCR related to space strong solar events)

These charged particles are traveling at large fractions of the speed of light and have tremendous energy. When these particles hit the atmosphere, large showers of secondary particles are created with some even reaching the ground. These particles pose little threat to humans and systems on the ground, but they can be measured with sensitive instruments. The Earth’s own magnetic field also works to protect Earth from these particles largely deflecting them away from the equatorial regions but providing little-to-no protection near the polar regions or above roughly 55 degrees magnetic latitude (magnetic latitude and geographic latitude differ due to the tilt and offset of the Earth's magnetic field from its geographic center). This constant shower of GCR particles at high latitudes can result in increased radiation exposures for aircrew and passengers at high latitudes and altitudes. Additionally, these particles can easily pass through or stop in satellite systems, sometimes depositing enough energy to result in errors or damage in spacecraft electronics and systems.

GEOMAGNETIC STORMS

A geomagnetic storm is a major disturbance of Earth's magnetosphere that occurs when there is a very efficient exchange of energy from the solar wind into the space environment surrounding Earth. These storms result from variations in the solar wind that produces major changes in the currents, plasmas, and fields in Earth's magnetosphere. The solar wind conditions that are effective for creating geomagnetic storms are sustained (for several to many hours) periods of high-speed solar wind, and most importantly, a southward directed solar wind magnetic field (opposite the direction of Earth's field) at the dayside of the magnetosphere. This condition is effective for transferring energy from the solar wind into Earth's magnetosphere.

The largest storms that result from these conditions are associated with solar coronal mass ejections (CMEs) where a billion tons or so of plasma from the sun, with its embedded magnetic field, arrives at Earth. CMEs typically take several days to arrive at Earth, but have been observed, for some of the most intense storms, to arrive in as short as 18 hours. Another solar wind disturbance that creates conditions favorable to geomagnetic storms is a high-speed solar wind stream (HSS). HSSs plow into the slower solar wind in front and create co-rotating interaction regions, or CIRs. These regions are often related to geomagnetic storms that while less intense than CME storms, often can deposit more energy in Earth's magnetosphere over a longer interval.

Storms also result in intense currents in the magnetosphere, changes in the radiation belts, and changes in the ionosphere, including heating the ionosphere and upper atmosphere region called the thermosphere. In space, a ring of westward current around Earth produces magnetic disturbances on the ground. A measure of this current, the disturbance storm time (Dst) index, has been used historically to characterize the size of a geomagnetic storm. In addition, there are currents produced in the magnetosphere that follow the magnetic field, called field-aligned currents, and these connect to intense currents in the auroral ionosphere. These auroral currents, called the auroral electrojets, also produce large magnetic disturbances. Together, all of these currents, and the magnetic deviations they produce on the ground, are used to generate a planetary geomagnetic disturbance index called Kp. This index is the basis for one of the three NOAA Space Weather Scales, the Geomagnetic Storm, or G-Scale, that is used to describe space weather that can disrupt systems on Earth.

During storms, the currents in the ionosphere, as well as the energetic particles that precipitate into the ionosphere add energy in the form of heat that can increase the density and distribution of density in the upper atmosphere, causing extra drag on satellites in low-earth orbit. The local heating also creates strong horizontal variations in the in the ionospheric density that can modify the path of radio signals and create errors in the positioning information provided by GPS. While the storms create beautiful aurora, they also can disrupt navigation systems such as the Global Navigation Satellite System (GNSS) and create harmful geomagnetic induced currents (GICs) in the power grid and pipelines.

THEMIS

The Time History of Events and Macroscale Interactions during Substorms (THEMIS) mission is a five-satellite Explorer mission whose primary objective is to understand the onset and macroscale evolution of magnetospheric substorms. Most importantly, THEMIS will find out which magnetotail process is responsible for substorm onset: (a) a local disruption of the plasma sheet current; or, (b) that current's interaction with the rapid influx of plasma emanating from lobe flux annihilation at ~25Re. Three inner probes at ~10Re will monitor current disruption onset, while two outer probes, at 20 and 30Re respectively, will remotely monitor plasma acceleration due to lobe flux dissipation.

The five small satellites were launched together on a Delta II rocket and they carry identical sets of instruments including an electric field instrument (EFI), a flux gate magnetometer (FGM), a search coil magnetometer (SCM), a electro-static analyzer, and solid state telescopes (SST). The mission consists of several phases. In the first phase, the spacecraft will all orbit as a tight cluster in the same orbital plane with apogee at 15.4 Earth radii (RE). In the second phase, also called the Dawn Phase, the satellites will be placed in their orbits and during this time their apogees will be on the dawn side of the magnetosphere. During the third phase (also known as the Tail Science Phase) the apogees will be in the magnetotail. The fourth phase is called the Dusk Phase or Radiation Belt Science Phase, with all apogees on the dusk side. In the fifth and final phase, the apogees will shift to the sunward side (Dayside Science Phase).

All five satellites will have similar perigee altitudes (1.16-1.5 Re) but varying apogee altitudes (P1: ~30 RE, P2: ~20 RE, P3 & P4: ~12 RE, P5: ~10RE) with corresponding orbital periods of ~4, 2, and 1 days, respectively. This results in multi-point magnetic conjunctions. Every four days the satellites will line up along the Earth's magnetic tail with magnetic foot points in the North American sector, allowing the tracking of disturbances through different geospace regions from tail to ground.

The satellite data will be combined with observations of the aurora from a network of 20 ground observatories (all sky imagers, magnetometers) across the North American continent. In addition to its primary goal, THEMIS will answer critical questions in radiation belt physics and solar wind - magnetosphere energy coupling. THEMIS is complementary to MMS in terms of the temporal and spatial scales of the phenomena observed by these two constellation missions. THEMIS's focus is macroscale, whereas MMS will observe micro/meso scale features.

The THEMIS-B (THEMIS-P1) and THEMIS-C (THEMIS-P2) were repurposed to study the lunar environment in 2009. In late 2009, the remaining fuel in both spacecraft was used to send them to orbit the L1 and L2 points, opposite the near- and far-sides of the Moon, respectively. The spacecraft were renamed ARTEMIS (Acceleration, Reconnection, Turbulence and Electrodynamics of the Moon's Interaction with the Sun), with the P1 and P2 designations maintained. ARTEMIS-P1 reached the L2 Lagrange point on 25 August 2010, and ARTEMIS-P2 reached the L1 Lagrange point on 22 October 2010. Both spacecraft were then moved into equatorial lunar orbits with periapsis altitudes of approximately 100 km and apoapses of 19000 km, with periods of 26 hours, in June and July, 2011.

The scientific objectives of the repurposed ARTEMIS mission are to study how particles are accelerated at reconnection sites and shocks, how turbulence develops and evolves in Earth's magnetotail and in the solar wind, and the structure, formation, refilling, and downstream evolution of the lunar wake and particle acceleration processes within it.

Sentinel

The Sentinel-4 and -5 missions are dedicated to monitoring the composition of the atmosphere for Copernicus Atmosphere Services. Both missions will be carried on meteorological satellites operated by Eumetsat.

To be carried on the geostationary Meteosat Third Generation satellites, the Sentinel-4 mission comprises an Ultraviolet Visible Near-infrared (UVN) spectrometer and data from Eumetsat's thermal InfraRed Sounder (IRS), both embarked on the MTG-Sounder (MTG-S) satellite. After the MTG-S satellite is in orbit, the Sentinel-4 mission also includes data from Eumetsat's Flexible Combined Imager (FCI) embarked on the MTG-Imager (MTG-I) satellite.

Sentinel-5

To be carried on the polar-orbiting MetOp Second Generation satellite, the Sentinel-5 mission comprises an Ultraviolet Visible Near-infrared Shortwave (UVNS) spectrometer and data from Eumetsat's IRS, the Visible Infrared Imager (VII) and the Multi-viewing Multi-channel Multi-polarization Imager (3MI).

The Sentinel-4 and -5 missions will provide information on atmospheric variables in support of European policies. Services will include the monitoring of air quality, stratospheric ozone and solar radiation, and climate monitoring.

Sentinel-5 Precursor – also known as Sentinel-5P – is the first Copernicus mission dedicated to monitoring our atmosphere. The satellite carries the state-of-the-art Tropomi instrument to map a multitude of trace gases such as nitrogen dioxide, ozone, formaldehyde, sulphur dioxide, methane, carbon monoxide and aerosols – all of which affect the air we breathe and therefore our health, and our climate.

With a swath width of 2600 km, it maps the entire planet every day. Information from this new mission is used through the Copernicus Atmosphere Monitoring Service for air quality forecasts and for decision-making.

Tropomi – a spectrometer – maps the global atmosphere every day with a resolution as high as 7 km × 3.5 km. At this resolution, air pollution over cities can be detected.

The mission also contributes to services such as volcanic ash monitoring for aviation safety and for services that warn of high levels of UV radiation which can cause skin damage. In addition, scientists also use the data to improve our knowledge of important processes in the atmosphere related to the climate and to the formation of holes in the ozone layer.

Sentinel-5P is the result of close collaboration between ESA, the European Commission, the Netherlands Space Office, industry, data users and scientists. The mission has been designed and built by a consortium of 30 companies led by Airbus Defence and Space UK and NL.

Sentinel-5P was developed to reduce data gaps between the Envisat satellite – in particular the Sciamachy instrument – and the launch of Sentinel-5, and to complement GOME-2 on MetOp.

In the future, both the geostationary Sentinel-4 and polar-orbiting Sentinel-5 missions will monitor the composition of the atmosphere for Copernicus Atmosphere Services. Both missions will be carried on meteorological satellites operated by Eumetsat.

Saber

The Sounding of the Atmosphere using Broadband Emission Radiometry (SABER) is one of four instruments that constitute the TIMED spacecraft, the first mission of the NASA Solar Connections program. Data from the SABER instrument consists of Level 1B, Level 2A and Level 2B data. Level 1B data consists of calibrated radiance profiles converted to radiance units with instrument effects removed, geolocated and gridded to a uniform angle spacing. Level 2A data consists of profiles of kinetic temperature, presure and density, profiles of emission rates of nitrogen oxide (NO), hydroxyl (OH), and oxygen (O2); mixing ratios of ozone (O3), water vapor (H2O), carbon dioxide (CO2), oxygen (O), and hydrogen (H). Level 2B data consists of profiles of CO2, O and H mixing ratios. Profiles of cooling rates from CO2, NO, O3, and H2O; profiles of heating rates from O3, O2, and CO2; profiles of heating rates from various ractions; profiles of emission and heating efficiency from OH and O2; and profiles of geotropic wind.

SABER is one of four instruments on NASA's Timed (Thermosphere Ionosphere Mesosphere Energetics and Dynamics) mission. It was built by Utah State University Space Dynamics Laboratory and is managed by NASA Langley Research Center.

Scientific objectives

SABER enhances knowledge of the radiation budget–the balance between Earth's incoming and outgoing energy–by making the first comprehensive global measurements of the energy balance in Earth's upper atmosphere. It measures infrared radiation or heat emitted by the atmosphere over a broad altitude and spectral range in this region. It also accurately determines how strongly the upper atmosphere is heated by ultraviolet radiation from the Sun.

SABER measures the vertical distribution of ozone, water vapor and carbon dioxide which are important gases that warm and cool the Mesosphere and Lower Thermosphere / Ionosphere (MLTI) region through absorption of solar radiation and emission of infrared radiation (heat energy).

SABER's observations provide new information about how temperature, density and pressure change with altitude. They also track the movement of air between the poles, from lower to upper atmospheric regions, from season to season and around the globe. During the mission, SABER will produce a global picture of how the MLTI region changes over time.

In summary, the objectives comprise:

- Study the MILT thermal structure and its variations
- Implement studies of energetics and radiatively active species in the non-LTE environment
- Analyze Oy and HOy chemistry
- Conduct dynamics studies

Measurement Objectives

- Conduct global-scale, simultaneous, vertical profile measurements of temperature, key chemical constituents, and key emission features, including the following:

– Kinetic temperature

– O_3, H_2O, NO, CO_2

– $O_2(1\Delta)$, OH(u), NO(u), O_3(n3), CO_2(n2)

– Atomic species O and H (O inferred 4 different ways)

- Conduct measurements (e.g., T, O_3, H_2O, CO_2) that can be used to derive and study dynamical quantities such as geopotential height and potential vorticity
- Conduct measurements of O_3, H_2O, OH(u), O, and H to study ozone and odd hydrogen photochemistry in this region
- Conduct measurements of key radiative emissions to study energetics in the TIMED core region

– True cooling: CO_2(n2), NO(u), O_3(n3), H_2O(n2)

– Solar heating: O_3, O_2, CO_2(n3)

– Chemical heating: O_3, O_2, OH(u)

– Reduction of solar and chemical heating efficiencies: $O_2(1\Delta)$, OH(u), O_3(n3), CO_2(n3)

The TIMED Platform

The TIMED mission is studying the influences of the Sun and humans on the least explored and understood region of Earth's atmosphere - the Mesosphere and Lower Thermosphere/Ionosphere (MLTI). The MLTI region is a gateway between Earth's environment and space, where the Sun's energy is first deposited into Earth's environment. TIMED is focusing on a portion of this atmospheric region located approximately 40-110 miles (60-180 kilometers) above the surface.

The TIMED spacecraft is observing this relatively unexplored frontier from its 388-mile (625-kilometer) circular orbit around the Earth. Employing advances in remote-sensing technology, the spacecraft's instrument suite is working with a worldwide network of ground-based observation sites to obtain an unprecedented set of comprehensive global measurements of the region's temperature, pressure, wind and chemical composition, along with its energy inputs and outputs.

The science objective of the TIMED mission is to understand the MLTI region's basic pressure, temperature and wind structure and the spatial and temporal variations that result from the transfer of energy into and out of this region.

Beside SABER, GUVI (Global Ultraviolet Imager . a spatial scanning, far-ultraviolet spectrograph that is globally measuring the composition and temperature profiles of the MLTI region, as well as its auroral energy inputs), SEE (Solar Extreme Ultraviolet Experiment - a spectrometer and suite of photometers that is measuring solar ultraviolet radiation, the primary energy deposited into the MLTI atmospheric region, which includes solar soft X-rays and extreme-ultraviolet and far ultraviolet radiation) and TIDI (TIMED Doppler Interferometer - an instrument that is globally measuring the wind and temperature profiles of the MLTI region) are onboard of TIMED.

Data products are accessible via TIMED's web site (www.timed.jhuapl.edu).

1.3 Machine Learning

Machine Learning is a set of algorithms that improve their performance on a set task through experience." Often this is achieved by a combination of statistical methods and numerical optimization to incrementally improve the machine learning system and gain insight into the task that generalizes to future variations of that same task. This notion of a task is a little abstract, but it leads us right into the different types of machine learning. The most commonly known type of machine learning is supervised learning. In supervised learning, we have a dataset and labels or output data for this dataset. Then we train a machine learning model to map the samples in our dataset to the according labels. Tasks within this type of machine learning are classification tasks, like detecting clouds in satellite images, or regression tasks, like predicting the temperature from observations at weather stations. ML modelling is different to classical numerical models we build, where we have the data and the rules and obtain answers from the model. In supervised machine learning, we flip this notion on its head and provide data and answers to derive the rules (albeit those rules are often implicitly stated).

Another type of machine learning is defined in opposition to supervised learning: unsupervised learning. This type of learning is relevant for large datasets that do not come with labels or output data. Here machine learning can be used to explore the internal structure of the data to obtain insights. Typical tasks in unsupervised machine learning are clustering data. This task consists of building groups of samples in the dataset that belong together based on similarities within the data itself. An example here would be grouping weather regimes globally to find similarities in regional patterns. Another common task consists of reducing the complexity of data. Some datasets contain multiple complex measurements, which can be challenging to process as a human and even for computers. Atmospheric chemistry comes to mind, where many aerosols and molecules are recorded. This task, called dimensionality reduction, represents the original data, which is still as expressive but easier to visualize and parse for subsequent processes. The next type of machine learning has recently gained more traction and sits between supervised and unsupervised machine learning: semi-supervised machine learning. This type relies on partially labelled datasets, and this is often the case for extremely large datasets, where assigning corresponding outputs for every sample would simply be too expensive. Semi-supervised algorithms then use both the internal structure of the data and the assigned outputs of some samples to transfer these labels to both the labelled and unlabelled portions of the data. A possible task for this problem is cloud detection in satellite images. There we have an extensive amount of data, however, assigning cloud labels takes human interpreters a significant amount of time. Here, we can label clouds in a subset of the data and semisupervised learning can still use the full dataset, despite a lack of complete labels. The final type of machine learning is called reinforcement learning. This type is a little different to the other types we just learned about. Here we define rules and rewards in an environment for an algorithm to explore and learn from. The most straightforward example task for this type of machine learning is game AI, like the recent advances in computers playing chess and Go. Other tasks include self-driving vehicles and autonomous robots. There are fewer example tasks in weather and climate, as these environments can be tricky to define for complex systems like the global atmospheric system. However, it has been used in decision systems for irrigation based on weather data.

To use Earth system models to perform weather and climate predictions requires the use of supercomputers. Machine learning can help to reduce the amount of computing which is required for conventional modelling. This has several reasons. One: Conventional models are very complex and require the use of many different mathematical algorithms and very big computing codes. In contrast, the algorithms that are used for machine learning – and in particular for deep learning – are often comparably simple. This does not only mean that the code which is used can be very short and that many components of the code can be reused several times, which reduces complexity, it also means that the numerical operations and data structures are very simple in comparison to conventional models which makes it easy to optimize the code on different hardware such as CPUs or GPUs. Two: Deep learning tools can often be based on so-called dense linear algebra. This includes simple linear components – such as a matrix-matrix multiplication – which require many operations per data unit which is moved and stored. In contrast, conventional tools often move many data units and require a comparably small number of operations per data unit. However, modern hardware can be used much more efficiently if many operations are performed per data unit and a heavy use of dense linear algebra is optimal to achieve good performance. Three: In numerical models, specific variables need to be represented by a specific number of numerical bits. Conventional models are typically using 32 or 64 bits per variable which is stored. In contrast, a deep learning tool can often work at much lower numerical precision – such as 16, or 8 or even 4 numerical bits. This allows to process the data much faster and to reduce computational cost.

Four: Progress in AI is based on the use of supercomputers. The global market of artificial intelligence is gigantic with trillions of dollars being invested every year. This is dwarfing all equivalent investment for other application areas in supercomputing. Consequently, all leading hardware vendors are developing computing hardware which is optimized for use in applications of artificial intelligence or machine learning, for example via customized accelerator to allow for the use of low numerical precision and dense linear algebra. Even if no machine learning would be used in the Earth system models of the future, developers would still need to change the way how they design the models to make sure they can run efficiently on the new machine learning hardware. Five: There is a lot of new software that enable scientists to make quick progress when developing machine learning tools. There are libraries – such as PyTorch or TensorFlow – which enable domain scientists who are no specialists in machine learning to build powerful machine learning tools with minimal effort. And the software is not only easy to use, it also allows to run the tools that are developed efficiently on supercomputers on many different hardware configurations.

Deep learning has revolutionized many fields in recent years, including image and speech recognition, natural language processing, and even game playing. And with its ability to analyze vast amounts of data and make complex decisions, it has the potential to transform the field of weather and climate prediction as well. So, what is deep learning? At its core, deep learning is a subfield of machine learning that uses algorithms inspired by the structure and function of the brain, specifically the neurons that make up the brain. These algorithms, known as artificial neural networks, are designed to recognize patterns and make decisions based on input data. But how does deep learning work? An artificial neural network is made up of layers of interconnected "neurons," which perform simple calculations on its input and passes the result to the next layer. The input data is fed through the network, layer by layer, until it reaches the output layer, where the final decision or prediction is made. In fact, it's called deep learning, because we started out with a single layer and figuring out how to mathematically solve stacking these networks deeper was an important step in the 1980s. In fact, a two-layer neural network is capable of approximating any mathematical function. Nowadays we stack up to hundreds of layers to account for real-world data, since not everything can be neatly described by a mathematical function.

One of the key features of deep learning is its ability to learn from data. During the training process, the network is presented with a large set of labelled examples and makes predictions based on these examples. Whenever the predictions are incorrect, the network adjusts its internal weights and biases to better fit the data. This process is repeated over and over, until the network can accurately predict the correct output for a given input. But in my experience, the most useful part about neural networks is its versatility. Many different disciplines work on solutions to their unique problems that often have overlap with weather and climate prediction. The field of medicine for example works on imaging and interpreter bias and the field of economy puts significant resources behind demand forecasting systems. Due to the black-box nature of deep learning we can appropriate these insights for our problems and combine them into suitable solutions. Almost like playing with Lego So, why is deep learning particularly well suited for weather and climate prediction? Weather and climate involve complex systems with many interacting variables, where classical physical systems are often expensive or have to use approximations. Deep learning can be used to analyse a large number of variables and their interactions to make more accurate predictions. In addition, the vast amounts of data available for weather and climate prediction make it an ideal field for deep learning. Modern weather prediction relies on data from satellites, weather stations, and other sources, and the volume of this data is only increasing. Deep learning algorithms can handle this large amount of data and the common wisdom is that in more training data yields better predictions. Finally, deep learning algorithms are able to improve as they are exposed to more data. This means that as we continue to collect more data on the Earth's weather and climate, our forecasting abilities will only continue to improve if done right.

A second approach is to use machine learning methods to generate an ensemble using generative modelling techniques. Generative modelling is often defined as creating data from noise. The core idea is that given training data from an unknown distribution we can train a parametric model (like a deep neural network with parameters theta) that can generate samples from the unknown data distribution. Generative modelling can thus be used for applications such as time-series forecasting, outlier detection, and most importantly for us in this module, to generate missing data or artificial samples with certain characteristics. A particularly simple generative model method has been used for postprocessing in weather centres for decades. Ensemble model output statistics (or EMOS) considers the statistics of past model outputs and observations to generate a distribution for post-processing of ensemble forecasts. Many forecasters probably don’t think of this as a generative model but it fits the definition of generative modelling we just defined. There are two main types of generative models: ones for which we assume the shape of the distribution either exactly or approximately, and ones for which we do not. The EMOS method falls into the case of the former, as do a more sophisticated generative model technique known as Variational Autoencoders. Generative models where we do not assume the shape of the distribution include diffusion models and generative adversarial networks (or GANs).

Chapter 2. Climate Risk Management

The effects of climate change are already being felt today: According to the latest climate projections, **extreme weather events** are set **to increase in frequency and magnitude** in the future. These events, such as storms/cyclones and floods, along with slow-onset changes like sea level rise and desertification, and the resulting socio-economic aspects pose a growing risk to the sustainable development of all countries and can lead to economic and non-economic **losses and damages**. Least developed countries (LDCs) and small island development states (SIDS) are particularly **vulnerable to such risks**, meaning that their natural and social systems are more exposed to the negative impacts of climate change and less able to cope with them. Despite current efforts for mitigation and adaptation, **residual risks** of adverse impacts of climate change remain. Assessing and managing risks in order to **avert, minimize, and address Loss and Damage** is therefore of central importance.

Climate change is one of the defining challenges of the 21st Century. The impacts of this phenomenon are devastating and far-reaching, affecting the environment and all aspects of humanity. Findings suggest that to mitigate climate change risks, one of the most effective tools is the use of climate risk management and ESG practices.

Recent studies have indicated that climate change has economic and financial implications that can significantly affect the investment landscape. Rising sea levels and extreme natural disasters caused by global warming can disrupt a firm's production. Assets of companies that are heavily dependent on fossil fuels can be exposed to the risk of losing most of their value if households, governments, and firms make bold and rapid moves toward sustainable options.

Broadly, climate risk is the formal assessment of the consequences, likelihoods, and responses to the implications of climate change and how societal constraints shapes adaptation choices. In the financial space, climate risks to assets can be disaggregated into three: regulatory or transition risk, litigation risk, and physical risk.

The transition risk encompasses climate policies and regulations that are presently being restructured to shift the global economy away from fossil fuels. Political initiatives that are introduced to reduce carbon emissions can make business models based on the exploitation of fossil fuels lose much of their economic value. If financial investors do not integrate this possibility, this can lead to a carbon burble – which basically means that fossil fuel-dependent companies may be overvalued.

This risk is far from theoretical: the Paris agreement, signed in 2016 by 195 countries, obligates these governments to limit the temperature increase to 1.5 above pre-industrial levels. In efforts to comply with some parts of this agreement, states are starting to execute environmentally friendly regulations that affect current corporate cash flows.

The business and economic impact of warmer temperatures, more frequent and severe weather events, and rising sea levels constitute the last type of climate risk—physical risk. Research also suggests that extreme or abnormal rainfalls and temperatures systematically and significantly increase the risk of conflict and violence.

Comprehensive Climate Risk Management (CRM) is a systemic framework that seeks to **anticipate, avoid and prevent all types of climate risks** as well as to **absorb remaining impacts** from extreme weather events and slow-onset changes. Thereby, it integrates the two research strands of **Climate Change Adaptation** (CCA) and **Disaster Risk Reduction** (DRR) into a sustainable development framework.

Comprehensive Climate Risk Management aims to address and reduce the negative consequences of climate change by **averting climate risks** through the **reduction of**

greenhouse gas emissions, **minimising climate risks through adaptation, and risk management** or **managing residual climate risks via instruments such as climate risk financing or transformative measures**

As a public and policy issue, climate change boils down to four overarching issues: 1) climate is changing; 2) people are causing climate to change; 3) the societal consequences of climate change are highly uncertain but include the potential for serious impacts; and 4) there are numerous policy options for climate change risk management, most of which are well characterized (i.e., have known strengths and weaknesses). These four conclusions are based on comprehensive assessment of scientific understanding and each is the result of multiple independent lines of evidence.

Climate change risk management approaches generally fall into four broad categories: 1) mitigation—efforts to reduce greenhouse gas emissions; 2) adaptation—increasing society's capacity to cope with changes in climate; 3) geoengineering or climate engineering—additional, deliberate manipulation of the earth system that is intended to counteract at least some of the impacts of greenhouse gas emissions; and 4) knowledge-base expansion—efforts to learn and understand more about the climate system, which can help support proactive risk management.

By reducing emissions, mitigation reduces society's future contributions to greenhouse gas concentrations in the atmosphere. Ultimately, this can help reduce the amount that climate will change and thereby increase the potential that societal impacts will remain manageable. Approaches to reducing emissions fall into several categories. These include 1) regulation; 2) research, development, and deployment of new technologies; 3) conservation; 4) efforts to increase public awareness; 5) positive incentives to encourage choices that lower emissions; and 6) adding a price to greenhouse gas emissions, which creates incentives to reduce emissions broadly.

Adaptation involves planning for climate impacts, building resilience to those impacts, and improving society's capacity to respond and recover. This can help reduce damages and disruptions associated with climate change. Adaptation policy can include regulation to decrease vulnerability (e.g., through land-use planning and building codes); response planning; disaster recovery; impact assessment for critical systems and resources (e.g., water, health, biological systems, agriculture, and infrastructure); observations and monitoring; and efforts to minimize compounding stresses such as traditional air pollution, habitat loss and degradation, invasive species, and nitrogen deposition.

Geoengineering refers to deliberate, often global-scale, manipulations of the climate system. Two categories of geoengineering are most prevalent within scientific and policy discussions: solar radiation management (offsetting human-caused warming due to greenhouse gas emissions by reflecting incoming sunlight back to space) and carbon removal and sequestration (extracting carbon dioxide from the air and storing it deep in the ground or ocean).

Geoengineering could potentially help lower greenhouse gas concentrations in the atmosphere, counteract the warming influence of increasing greenhouse gas concentrations, address specific climate change impacts, or offer desperation strategies in the event that abrupt, catastrophic, or otherwise unacceptable climate change impacts become evident. Geoengineering could also create new sources of risk because attempts to engineer the earth system on a large scale could lead to unintended and adverse consequences.

Research, observations, scientific assessments, and technology development can help reveal risks and opportunities associated with the climate system and support decision-making with respect to climate change risk management. Expanding the knowledge base allows policy makers to understand, select, and refine specific risk management strategies and to thereby increase the effectiveness of risk management efforts. Knowledge-base expansion can, in some cases, also reveal entirely new opportunities for protecting the climate system or reducing the risks of climate change impacts. As a result, policies to expand the knowledge base can underpin and support the proactive risk management strategies described above (mitigation, adaptation, and geoengineering).

None of the risk management options is mutually exclusive. Indeed, comprehensive climate change risk management almost certainly includes a combination of policy responses. However, policy choices necessarily integrate both objective information about the climate system and our relationship with it, and subjective value judgments such as whether we are more averse to the risks of changes in climate or the policy responses, the ways we assess issues of fairness among nations and peoples, and the consideration we give to cultural heritage or nonhuman species. This creates a complex and often contentious risk management challenge.

Mitigation at the global level:

The magnitude of the adverse impacts of climate change largely depends on the global emissions pathway in the coming years and decades . Even with the most ambitious adaptation actions, we will have to face **residual climate impacts**. To keep climate change manageable, **climate change mitigation** is therefore paramount. Taking ambitious action to keep global warming well below 2° C compared to pre-industrial levels and to even limit it to 1.5° C, is thus an important step for managing climate-related risk and probably the best form of adaptation.

Sustainable development at all levels:

Sustainable development aims at meeting the needs of current and future generations without exceeding Earth's capacity to sustain life and in a way that is socially just. Sustainable development therefore involves economic, social and environmental considerations. This approach includes, inter alia, using renewable energy or switching to low-carbon transportation and lifestyles. Sustainable development pathways offer multiple co-benefits such as better air quality and access to clean energy. Adaptation measures like afforestation of mangroves and agroforestry often entail co-benefits such as protection from storm floods or extreme heat, while climate-smart agriculture is essential for future food security.

Smart combination of proven tools already applied in adaptation and disaster risk reduction:

Tools that are already applied in the field of climate change adaptation, such as drought-resistant crops, climate resilient cities and infrastructure or ecosystem-based adaptation, are combined with tools of **disaster risk reduction,** e.g. contingency planning and early warning systems. Capitalising on synergies between adaptation and disaster risk reduction measures has a great potential to avoid a duplication of efforts and thus make better use of limited financial and human resources, not only by contributing to better preparedness and response to disasters but also by limiting or reducing damage in the first place.

Innovative adaptation instruments, e.g. risk finance and insurance as well as transformational approaches:

Addressing residual risks that cannot be averted through mitigation and adaptation options is another critical pillar of comprehensive CRM. **Risk finance mechanisms,** such as climate risk insurance, contingency funds and social protection schemes, can foster **resilience to climate change** by spreading risks across different actors, geographies and time. These mechanisms also gain importance for addressing residual risks. To continuously manage remaining risks, two options exist: **risk transfer** or **re-entry of residual risk into the risk management cycle**. Instruments for addressing L&D are not only of incremental nature. In addition, **transformational approaches** such as diversification of livelihoods, and adaptive management are needed in order to adapt to change and to reduce the risk of losses and damages. In addition, **human mobility** has been and will be an important part of development – with or without climate change. It is already widely used in regions experiencing climate variability, e.g. seasonal labour migration. Migration and planned relocation, as a last resort, can reduce the risk of losses and damages.

Risk Transfer Mechanisms:

Finally, in order to tackle residual risk, **risk transfer mechanisms** such as **climate risk insurance** and **social protection schemes** can **foster resilience to climate change** by spreading risks across different actors, geographies and time. Furthermore, in post-disaster situations resilient recovery contributes to **"build back better"** and to prepare for future climate risks.

Chapter 8. Geo-magnetic indices and dependence of weather and climate parameters on them

Heaviside advanced the idea that the Earth's uppermost atmosphere contained an ionized layer known as the ionosphere; in this regard, he predicted the existence of what later was dubbed the Kennelly–Heaviside layer. In 1947 Edward Victor Appleton received the Nobel Prize in Physics for proving that this layer really existed.

Its existence was predicted in 1902 independently and almost simultaneously by the American electrical engineer Arthur Edwin Kennelly (1861–1939) and the British physicist Oliver Heaviside (1850–1925). However, it was not until 1924 that its existence was shown by British scientist Edward V. Appleton, for which he received the 1947 Nobel Prize in Physics. Physicists resisted the idea of the reflecting layer for one very good reason; it would require total internal reflection, which in turn would require that the speed of light ("*c*") in the ionosphere would be greater than in the atmosphere below it. Since the latter speed is essentially the same as the speed of light in vacuum, scientists were unwilling to believe the speed in the ionosphere could be higher. Nevertheless, Marconi had received signals in Newfoundland that were broadcast in England, so clearly there must be *some* mechanism allowing the transmission to reach that far. The paradox was resolved by the discovery that there were two velocities of light, the phase velocity and the group velocity. The phase velocity can in fact be greater than *c*, but the group velocity, being capable of transmitting information, cannot, by special relativity, be greater than *c*. The phase velocity for radio waves in the ionosphere is indeed greater than *c*, and that makes total internal reflection possible, and so the ionosphere can reflect radio waves. The geometric mean of the phase velocity and the group velocity cannot exceed *c*, so when the phase velocity goes above *c*, the group velocity must go below it. In 1925, Americans Gregory Breit and Merle A. Tuve first mapped its variations in altitude. The ITU standard model of absorption and reflection of radio waves by the Heaviside Layer was developed by the British Ionospheric physicist Louis Muggleton in the 1970s.

Solar Indices

A solar flare is an explosion on the Sun that happens when energy stored in twisted magnetic fields (usually above sunspots) is suddenly released. Flares produce a burst of radiation across the electromagnetic spectrum, from radio waves to x-rays and gamma-rays. Scientists classify solar flares according to their x-ray brightness in the wavelength range 1 to 8 Angstroms. There are 3 categories: **X-class flares** are big; they are major events that can trigger planet-wide radio blackouts and long-lasting radiation storms. **M-class flares** are medium-sized; they can cause brief radio blackouts that affect Earth's polar regions. Minor radiation storms sometimes follow an M-class flare. Compared to X- and M-class events, **C-class flares** are small with few noticeable consequences here on Earth.

Each category for x-ray flares has nine subdivisions ranging from, *e.g.*, C1 to C9, M1 to M9, and X1 to X9. In this figure, the three indicated flares registered (from left to right)

X2, M5, and X6. The X6 flare triggered a radiation storm around Earth nicknamed the Bastille Day event.

Class	*Peak (W/m^2)between 1 and 8 Angstroms*
B	$I < 10^{-6}$
C	$10^{-6} <= I < 10^{-5}$
M	$10^{-5} <= I < 10^{-4}$
X	$I >= 10^{-4}$

Solar Minimum is underway, and it's a deep one. Sunspot counts suggest it is one of the deepest minima of the past century. The sun's magnetic field has become weak, allowing extra cosmic rays into the solar system. Neutron monitors at the Sodankyla Geophysical Observatory in Oulu, Finland, show that cosmic rays are percentage points away from a Space Age record:

Researchers at the Sodankyla Geophysical Observatory have been monitoring cosmic rays since 1964. When cosmic rays hit Earth's atmosphere, they produce a spray of secondary particles that rain down on Earth's surface. Among these particles are neutrons. Detectors in Oulu count neutrons as a proxy for cosmic rays.

As the top panel shows, cosmic rays naturally wax and wane with the 11-year solar cycle. During Solar Maximum cosmic rays are weak; during Solar Minimum they are strong. The Space Age record for cosmic rays was set in late 2009-early 2010 near the end of a very deep Solar Minimum.

Records, they say, are meant to be broken. As 2019 comes to a close, neutron counts at Oulu are approaching the very high levels seen in 2009-2010. A new record could be just weeks or months away. This is important because excess cosmic rays pose a health hazard to astronauts and polar air travelers, affect the electro-chemistry of Earth's upper atmosphere, and may help trigger lightning.

Solar activity may be represented by several solar indices. Two classical indices are related to the electromagnetic output of the Sun: the Wolf (sunspot) number (WN) series is the longest and most commonly used solar proxy, and the radio flux F10.7 series is the longest series of instrumental solar observation. The international daily sunspot number index is available from 1850 on, at e.g., ftp:\\ftp.

ngdc.org. The decimetric F10.7 index is a daily measurement of the radio flux at 10.7 cm made at Penticton Observatory, available since 1947 (ftp://ftp.ngdc.noaa.gov). This index appears to be better correlated with EUV irradiance than sunspot number [Donnelly et al., 1983; Floyd et al., 2005; Dudok de Wit et al., 2009]. Both indices carry essentially the same information in the present study when running means over 1-yr or more are calculated.

More recently, data relevant to the solar wind and the interplanetary magnetic field (IMF) have become available (e.g., http://omniweb.gsfc.nasa.gov/form/dx1.html): the magnitude |B| of the IMF and the solar wind plasma speed v at the Earth's orbit. An important and useful composite index is B.v2 [e.g., Rouillard et al., 2007; Finch and Lockwood, 2007]. Daily data for these parameters are available with reasonable coverage since 1965, although the total number of gaps remains episodically high until 1995.

General Behavior of Indices

Anomalies in Cycles 20 and 23

The largest of the two main periods of significant drops of correlation coefficient between geomagnetic and solar indices (since 1955) that we have identified occurred in the early 1970s in the declining phase of cycle 20. It is so strong that it is immediately seen in some original data, without any processing. The other main period of low correlation occurred in the ascending phase of solar cycle 23.

It has long been noted that cycle 20 was the weakest cycle since 1930 (cycles 12 to 16, from 1878 to 1933 all being smaller, but cycles 17 to 23 included, i.e., from 1933 to 2008, all being larger). Gosling et al. [1977] emphasized the unusual aspect of geomagnetic variations during cycle 20. They noted the very large peak in geomagnetic activity that occurred 6 years after sunspot maximum. They showed that whereas cycle 20 was rather normal in terms of sunspot number (using as a basis the average of the nine cycles 11 to 19, i.e., 1868 through 1965), it was strongly anomalous in terms of yearly aa index. This is clearly seen in Figure 1 around 1975. Gosling et al. [1977] further calculated cross-correlation curves between geomagnetic and sunspot activity and found that in cycle 20 the former lagged the latter by

5 years, compared to the average 1 or 2 years in the nine previous cycles. They attributed the large secondary peak in aa index during 1972.5–1975 to an unusual combination of very broad, recurrent, major geomagnetic disturbances, closely coupled to an average solar wind speed unusually greater near solar minimum than near solar maximum. They also concluded that coronal holes must have been in some

way unusual at that time. The anomalous length (Daily record of sunspot groups of the Royal Greenwich Observatory (RGO), National Geophysical Data Center, Boulder, Colorado, 1996, available at ftp.ngdc.noaa.gov) and shape [Wilson et al., 1996] of cycle 20 have also been noted. Blanter et al. [2005] showed that there was a strong anomaly in the Markov radius of correlation of both sunspot number WN and aa index.

The irregularity of solar cycle 20 is also reflected in the evolution of the 1-yr running means of the z index: the fundamental _11-yr period observed in all solar cycles 19 to 23 takes a remarkable form in cycle 20, displaying a series of smaller oscillations with a quasi-biennial period (_1.8 yr; Figure 8). Other observations of phenomena in the same period range include fluctuations in sudden storm commencements (SSC) during cycles 11 to 22, with periods in the 1.6–1.9 yr range [Mendoza et al., 1999], cosmic ray intensity variations in the outer heliosphere measured by Voyager, with period _1.8 yr [Kato et al., 2001], and cosmic ray intensity as recorded at Huancayo observatory, with period _1.68 yr [Valdes-Galicia et al., 1996; see also Rouillard and Lockwood, 2004]. Periods of all these phenomena

are close to the one we observe.

The anomalous character of cycle 23 has been discussed by, e.g., de Toma et al. [2004], Agee et al. [2010], and Russell et al. [2010]. It is also anomalously long and has an unusual shape; strong irregularities in UV/EUV radiation [Lukianova and Mursula, 2011] and solar flares [Kossobokov

et al., 2011] have been reported. Cycle 23 also violates the even-odd sequence of solar cycles [Gnevyshev and Ohl, 1948]. There is a large variation in predictions of the following cycle (24) given by different techniques [Pesnell, 2008] and even by similar techniques [Hathaway and Wilson, 2006; Hathaway, 2008].

Solar activity

Approximately every 11 years, the Sun undergoes a complete personality change from quiet and calm to violently active. The height of the sun's activity, known as solar maximum, is a time of numerous sunspots, with profound eruptions that send radiation and solar particles out into the far reaches of space.
However, the timing of the solar cycle is far from precise. Since humans began regularly recording sunspots in the 17th century, the time between successive solar maxima has been as short as nine years, but as long as 14, making it hard to determine its cause. Now, researchers have discovered a new marker to track the course of the solar cycle—brightpoints, little bright spots in the solar atmosphere that allow us to observe the constant roiling of material inside the sun. These markers provide a new way to watch the way the magnetic fields evolve and move through our closest star. They also show that a substantial adjustment to established theories about what drives this mysterious cycle may be needed.
Historically, theories about what's going on inside the sun to drive the solar cycle have relied on only one set of observations: the detection of sunspots, a data record that goes back centuries. Over the past few decades, realizing that sunspots are areas of intense magnetic fields, researchers have also been able to include observations of magnetic measurements of the sun from more than 90 million miles away.
In the giant system that connects Earth to the sun, one key event happens over and over: solar material streams toward Earth and the giant magnetic bubble around Earth, the magnetosphere helps keep it at bay. The parameters, however, change: The particles

streaming in could be from the constant solar wind, or perhaps from a giant cloud erupting off the sun called a coronal mass ejection, or CME. Sometimes the configuration is such that the magnetosphere blocks almost all the material, other times the connection is long and strong, allowing much material in. Understanding just what circumstances lead to what results is a key part of protecting our orbiting spacecraft from the effects of such space weather. NASA's THEMIS mission observed how dense particles normally near Earth in a layer of the uppermost atmosphere called the plasmasphere can send a plume up through space to help protect against incoming solar particles during certain space weather events. Now, for the first time, a study shows that in certain circumstances a pool of dense particles normally circling Earth, deep inside the magnetosphere, can extend a long arm out to meet – and help block – incoming solar material. Now, for the first time, a study shows that in certain circumstances a pool of dense particles normally circling Earth, deep inside the magnetosphere, can extend a long arm out to meet – and help block – incoming solar material. Closer to Earth, scientists could also study the sphere of cold dense gas at the very top of our atmosphere. This region is called the plasmasphere and it's made of what's known as plasma, a gas made of charged particles. GPS signals travel through the plasmasphere and they travel at different speeds depending on how thick or thin the plasmasphere is along the journey. Tracking the GPS radio signals, therefore, can help researchers map out the properties of the plasmasphere.

The Sun is the source of the energy that causes the motion of the atmosphere and thereby controls weather and climate. Any change in the energy from the Sun received at the Earth's surface will therefore affect climate. During stable conditions there has to be a balance between the energy received from the Sun and the energy that the Earth radiates back into Space. This energy is mainly radiated in the form of long wave radiation corresponding to the mean temperature of the Earth.

The effects of the radiation and particles that stream out from the Sun would be quite deadly for the inhabitants of Earth if not for two protective features. The first one is Earth's atmosphere, which blocks out the x-rays and most of the ultraviolet radiation. When x-ray or ultraviolet photons encounter the atmosphere they hit molecules and are absorbed, causing the molecules to become ***ionized***; photons are re-emitted but at much longer (and less biologically destructive) wavelengths. The second protective mechanism is the Earth's magnetic field. This protects living organisms from the charged particles that reach the planet steadily as part of the solar wind and the much greater bursts that arrive following mass ejections from the Sun. When charged particles encounter a magnetic field, they generally wrap around the field lines. Only when the path of the particle is parallel to the field can it travel without deflection. If the particle has any motion across the field lines it will be deflected into a circular or spiral path by the Lorentz Force. Most charged particles in the solar wind are deflected by the Earth's magnetic field at a location called the Magnetopause, about 10 Earth radii above the Earth on the day side. Inside the Magnetopause, the Earth's magnetic field has the dominant effect on particle motion, and outside, the solar wind's magnetic field has control (www.spaceweather.gov).

Until 1960, Earth's magnetic field, called the geomagnetic field, was thought to be a simple dipole field like that of a bar magnet. We do not yet know the details of what produces the geomagnetic field, except that there must be currents circulating inside Earth, probably associated with the molten core. With the discovery of the solar wind, physicists realized that the magnetic field of Earth is pushed away from the Sun. The solar wind exerts a pressure on Earth's magnetic field which compresses it on the Sun-facing side and stretches it into a very long tail on the side away from the Sun. This complex magnetic envelope is called the magnetosphere .On the Sun-facing side, the solar wind compresses the magnetosphere to a distance of about 10 Earth radii; on the downwind side, the magnetotail stretches for more than 1000 Earth radii. The magnetosphere is filled with tenuous plasmas of different densities and temperatures, which originate from the solar wind and the ionosphere. The ionosphere is the highly charged layer of Earth's atmosphere which is formed by the ionizing effect of solar radiation on atmospheric molecules. This extension of the Sun's magnetic field is called the interplanetary magnetic field and it can join with geomagnetic field lines originating in the polar regions of Earth. This joining of the Sun's and Earth's magnetic fields is called magnetic reconnection, and happens most efficiently when the two fields are anti-parallel. Through reconnection the magnetic fields of Sun and Earth become coupled together Solar wind particles approaching Earth can enter the magnetosphere because of reconnection and then travel along the geomagnetic field lines in a corkscrew path. Positive ions and electrons follow magnetic field lines (in opposite directions) to produce what are called field-aligned currents. The solar wind and the magnetosphere form a vast electrical generator which converts the kinetic energy of solar wind particles into electrical energy. The very complex plasmas and currents in the magnetosphere are not fully understood. Some of the solar wind particles travel back along the magnetotail in currents which make the tail look like it has a giant battery in it. Some particles follow the field lines that converge near the polar regions of the earth and bounce back and forth, trapped in a magnetic mirror. Other particles are injected into the ionosphere and form an oval of light around the polar regions of Earth, called the Auroral ovals. The northern lights are called the Aurora Borealis, while the southern lights are called the Aurora Australis.

Since the early 1900's scientists have suspected that both the auroras and the variations in the Earth's magnetic field must be caused by some kind of currents which flow in the upper atmosphere. Today we know that there are many currents which flow in the magnetosphere caused by the very complicated interplay between the solar wind and Earth's magnetic field. Although these currents are only partially understood at present, the one that has been studied most extensively is the Birkeland current, which is associated with the auroras. When the solar wind encounters the Earth's magnetic field about 50,000 km above Earth, an electromotive force (EMF) of about 100,000 volts is generated. This applied EMF is distributed throughout the magnetosphere and Earth's upper atmosphere, much as the voltage from a electric utility generator is distributed around a power grid. A portion of the solar-wind-generated EMF, perhaps 10,000 volts, accelerates electrons down magnetic field lines into the ionosphere at altitudes of about 100 km. These electrons first travel horizontally and then back up to the upper atmosphere to form a closed circuit. Although this circuit has many similarities to a simple circuit with wires and a battery, it is also very complex since it occurs in three-dimensional space and varies wildly in time as the solar-wind intensity changes. It is the high-speed electrons near the bottom of this current loop which collide with molecules and atoms of the atmosphere that produce the auroras. The strongest Auroral emission comes from altitudes of about 100 km. As with any simple circuit, energy is dissipated as the electrons flow around the loop. Some of this energy shows up as the light of the auroras, but most of it becomes thermal energy—heating the atmosphere. Another important result of the Birkeland current is that, like any current loop, it produces a magnetic field. This field extends down to the Earth's surface where it adds to the geomagnetic field, causing it to fluctuate. These fluctuations in magnetic field can then induce currents in the Earth's surface, or in conductors like power lines or pipelines. All of this is determined by the behavior of the solar wind reaching Earth, which in turn is determined by the events taking place on the Sun. It also means that many of our electronic systems on Earth may become disrupted or even damaged. Our sun produces high-energy solar cosmic rays (protons and ions) in Solar Proton Events (SPEs). These particles generally have energies in the range of 10 MeV to 100 MeV [4]. Very energetic SPE events are also capable of generating near-relativistic protons in the order of 20 GeV.4 Table 3 gives the arrival time of the protons based on energy level after the solar flare first becomes visible on the Earth. In general, SPEs take from hour to minutes to reach Earth depending on their energy. High-energy protons in SPEs produce ultraviolet auroras, invisible to the human eye, when they collide with Earth's atmosphere. These reactions produce NOx byproducts that eventually settle on the planet's surface. The nitrates from large SPEs are detectable in the ice cores. The observations show that a massive SPE can also produce a short-lived major magnetic spike on Earth. Protons in SPEs and CMEs have energy spectrums ranging from around 10 KeV to above 20 GeV. However, solar events producing protons with energies above 1 GeV are rare. Due to geomagnetic shielding solar energetic particles with energies less than 100 MeV can only reach the Earth's atmosphere over Polar Regions where they lose their energy in collision with atoms in the atmosphere creating a cosmic ray shower of particles. If the particles have energies greater than 500 MeV, the cosmic ray shower can penetrate to the planet's surface

The complex coupling of the solar wind and the geomagnetic field produces many effects near Earth. Earth is embedded in the outer atmosphere of the Sun and therefore is affected by events which occur in the surface layers and coronal regions of the Sun. Terrestrial effects are the result of three general types of conditions on the Sun: eruptive flares, disappearing filaments and coronal holes facing Earth.

Mid-latitude coronal holes (usually occurring during the phase of solar activity following solar maximum) are sources of high-speed solar wind streams, which buffet Earth in synchronism with the 27-day solar rotation. Previously the cause of these recurring geomagnetic storms was unknown, so the regions were called M-regions, M for mysterious. Non-recurrent major storms and large geomagnetic storms are almost always associated with coronal mass ejections (CMEs) and with the shock waves associated with CMEs.

Several centuries ago, the disruptive effects of the Sun were totally unnoticed by humans. But as technology developed that utilized currents, conductors, and eventually electromagnetic waves, the disruptive effects of the Sun became evident. Early telegraph systems in the 1800s were subject to mysterious currents that seemed to be generated spontaneously.

When an intense surge of solar wind reaches Earth, there are many changes which occur in the magnetosphere. The day side of the magnetosphere is compressed closer to the surface of Earth and the geomagnetic field fluctuates wildly. This type of event is generally called a geomagnetic storm. During a geomagnetic storm the high-latitude currents which occur in the ionosphere change rapidly, in response to changes in the solar wind. These currents produce their own magnetic fields which combine with Earth's magnetic field. At ground level, the result is a changing magnetic field which induces currents in any conductors that are present.

When a mass of plasma is ejected from the Sun, the plasma travels outward in the solar wind. These plasma bursts have their own magnetic fields which are carried along with the plasma. How these fields are oriented when they arrive at Earth determines whether magnetic reconnection will occur. When the direction of the solar wind field is opposite the direction of Earth's field, magnetic reconnection occurs, and the geomagnetosphere essentially becomes a part of the solar magnetic field. In this condition, Earth is much more prone to the effects of the solar wind. Solar wind particles can enter the magnetosphere more easily, and those already within the magnetosphere are energized. Changes in solar wind magnetic fields cause wild fluctuations in the magnetospheric fields. In response to these fluctuations, in accordance with Lenz's Law, massive currents flow throughout the magnetosphere. It is these high altitude currents that induce voltages at ground level. If the magnetic field of the solar wind is in the same direction as the Earth's field, then magnetic reconnection does not occur and the magnetosphere is much more separated and protected from the solar wind [6]. The Sun-Earth environment has variables, which are changing on regular basis due to starbursts. These variables are the Kp, proton flux and E-flux. Sudden changes in these parameters may abruptly influence the environment of the Earth. If an E-flux hike is responsible for global warming, then an E flux lowering may lead to snowfall, thunderstorms and erratic rainfall. The effect of earth directed CME would not only trigger the earthquake, but affect the whole environment of the Earth, including the destruction of ozone layers leading to climate change.

The effect of Earth directed Coronal Mass Ejections (CME) from the Sun reveals a sensational impact on the atmosphere and geosphere. It has been observed that there is a close relationship between Kp values (Planetary Indices) and particle flux (Electron flux and Proton Flux) with the CME. The response of the magnetosphere to interplanetary shocks or pressure pulses can result in sudden injections of energetic particles into the inner magnetosphere. Solar active regions usually reach kilogauss values in their magnetic field. When the earth directed CME glances along the magnetic shield, local disturbances in the atmosphere of the Earth have been noticed. Cyclic changes of the general atmosphere circulation are of prime interest as are the transformation and recurrence of circulation forms, which characterize planetary wave dynamics. The changes of the atmospheric pressure in geomagnetically and electronically excited cases (including the solar activity effect) in comparison to the variations in geomagnetically and electronically quiet cases.

In order to identify connection between geomagnetic activity and synoptic and circulation processes 2015-17 warm period (III-IX months) various synoptic and geomagnetic indices daily data (http://SunSpotWatch.com) have been studied for Georgian conditions.

Table 1. Geomagnetic activity indices and meteorological elements daily data for 2015-17 warm period in Georgia

Geostorms		Insignificant cloudiness (700 hpa)		Showers. Thunderstorm	
Geomagn. index	Geomagn storm type	Number of events	Circulation processes	Number of events	Circulation processes
K4	Active	10	South-west wave	20	South-east wave South-west wave High pressure area High pressure area (1 event)
K5	Minor storm	25	South-west wave	10	South-east wave South-west wave
K6	Moderate storm	23	High pressure area (8 event)	8	South-east wave South-west wave
K7	Strong storm	4	High pressure area (3 event)	3	South-west wave
K8	Severe storm	1	High pressure area	-	

It is ascertained that during all magnetic storms south-west or south-east wave processes have been formed and strong storms create high pressure areas. Depending on the synoptic situation wave processes leads the formation of thunderstorm and heavy showers. In addition, through geomagnetic storms the direction of circulation processes may drastically be changed.

The NOAA Space Environment Services Center (SESC) in Boulder is one of the world centers that make forecasts of solar and geomagnetic activity. Daily predictions are issued for the likelihood of solar flares, proton flares, x-ray events and magnetic storms. Longer-range forecasts are also made so that the launches of manned spaceflights can be planned with more safety. The SESC is a worldwide nerve center for about 1400 data streams, including x-ray and particle flux data from the GOES satellites, H_ images and magnetograms from observatories around the world, measurements of the geomagnetic field at many locations, and 10.7-cm radio levels from several radio telescopes. Each day the features of the solar disk are mapped by hand so that the evolution of active regions, coronal holes, filaments, and neutral lines may be carefully studied. Forecasters attempt to consider all of this information when making their daily forecasts of solar effects on Earth. At the present time, these forecasts are not very reliable; major flares are sometimes not forecast and predictions that are made often do not come true. Even though forecasters have a large amount of data to work with, the physics of the Sun, the magnetosphere, and the interplanetary medium is not well understood. At the present time, many partial mathematical models have been developed, but there is no comprehensive model of the Solar-Terrestrial environment.

In most cases, the ability to predict the behavior of nature comes from a mathematical model. For example, the motion of an object falling in a gravitational field can be modeled using the mathematical expression $v = g \_ t$. Earth weather forecasters have been trying for the last 30 years to construct a mathematical model of the global weather using the very complex equations of fluid dynamics to describe the circulation of the oceans and atmosphere. Even with the best supercomputers to run these models, it has proven impossible to precisely model Earth weather. Modeling the solar-terrestrial environment is vastly more complex. The physics necessary to do this includes not only fluid dynamics but also Maxwell's equations. This combination is known as magnetohydrodynamics (MHD) [8], and at the present time the equations of MHD cannot be completely solved analytically. Numerical solutions exist which involve the use of a computer in a "trial and error" fashion. Numerical solutions, however, can give incorrect results and at best are an approximation. There is some suspicion that we have not yet developed the physics necessary to fully understand the Sun, where strong magnetic fields are erupting and plasmas swirl at ultra-high temperatures. The issue needs further investigation applying quantum filed theory that is more suitable for description of photon-photon or photon-charged particle interaction. It may be assumed that for weather forecasting the only existed numerical weather models aren't sufficient and they have to be enhanced by electromagnetic models to make forecasting more precise.

The Sun is the source of the energy that causes the motion of the atmosphere and thereby controls weather and climate. Any change in the energy from the Sun received at the surface will affect Earth climate. During stable conditions there has to be the balance between the energy received from the Sun and the energy that the Earth radiates back into the Space. This energy is mainly radiated in the form of long wave radiation corresponding to the mean temperature of the Earth.

Solar transients; Solar Flares, Coronal Mass Ejections (CMEs), Solar Energetic Particles (SEPs) are the drivers of the Space Weather Effect in Geo-Space. When the gigantic cloud of plasma released through solar transient phenomena interacts with the Earth's magnetic environment it leads to the geomagnetic storms. Geomagnetic storms can be characterized by depression in the H component of geomagnetic field. This depression in H component of earth's magnetic field is caused by the Ring Current encircling the Earth in a westward direction. Earth's ionosphere responds to varying solar and magnetospheric conditions. During geomagnetic storm due to the compression of earth's magnetosphere by solar wind electric fields have been observed along the geomagnetic field lines to the high latitude ionosphere. Sometimes this electric field penetrates to low latitudes and energetic particles precipitate into the lower thermosphere and below, increasing ionospheric conductivity and expanding the auroral zone [2, 3]. These intense electric currents are responsible for the coupling of high latitude ionosphere with magnetosphere and the enhanced energy input leads to considerable heating of the ionized and neutral gases. There are two types of effects, in time scale, on the Earth produced by solar transients; prompt and delayed. Geomagnetic Storm effects are delayed effects due to cloud of particles ejected from Sun.

The sun undergoes cyclical (~22 year) pattern of magnetic pole reversals observable in the frequency of sunspot activity. This pattern is comprised of two ~11 year solar cycles phases. In the first phase, the sun's magnetic poles reverse polarity. In the second phase, the sun reverses the magnetic polarity again returning the poles back to its original polarity. Solar storm activity is strongly phase dependent. Accordingly Earth magnetic field is influenced by this reverse.

Solar flares are magnetically driven explosions on the surface of the sun. Approximately 8 minutes after solar flare occurs on the surface of the sun, a powerful burst of electromagnetic radiation in the form of X-ray, extreme ultraviolet rays, gamma ray radiation and radio burst arrives at Earth. The ultraviolet rays heat the upper atmosphere which causes the outer atmospheric shell to expand. The x-rays strip electrons from the atom in the ionosphere producing a sudden increase in *total electron content*. Solar flares produce satellite communications interference, radar interference, shortwave radio fades and blackout and atmospheric drag on satellite producing an unplanned change in orbit and other disturbances in upper atmosphere.

CMEs are vast clouds of seething gas, charged plasma of low to medium energy particles with imbedded magnetic field, blasted into interplanetary space from the Sun. When a CME strikes Earth, the compressed magnetic fields and plasma in their leading edge smash into the geomagnetic field. This produces temporary disturbance of the Earth's magnetosphere called a geomagnetic storm and the equatorial ring of currents, differential gradient and curvature drift of electrons and protons in the Near Earth region. The birthplace of CMEs are often seen to originate near the site of solar flares.

The severity of a geomagnetic storm depends on the orientation of Earth's magnetic field in relation to the solar storm magnetic orientation. If the particle cloud has a southward directed magnetic field it will be severe, while if northward the effects are minimized.

A CME can produce the following affects: electrostatic spacecraft charging, shifting of the Van Allen radiation belt, space track errors, launch trajectory errors, spacecraft payload deployment problems, surveillance radar errors, radio propagation anomalies, compass alignment errors, electrical power blackouts, oil and gas pipeline corrosion, communication landline & equipment damage, electrical shock hazard, electrical fires, heart attacks, strokes, and traffic accidents. Magnetospheric storm is a 1–3 day long phenomenon spanning all the magnetosphere regions, and it features sharp depressions in the magnetic field. During storms and substorms, the ionosphere undergoes rather significant Joule heating with a great power of precipitating energetic particles. Huge energy increases the ionosphere temperature and causes large-scale ion drifts and neutral winds.

The Sun continuously provides solar radiation to the Earth, and there is considerable variation in the spectral density. This radiation is sporadically modified by flare events that affect the magnetosphere, thermosphere, and ionosphere. The quasi-steady flow of the solar wind is also modified by coronal mass ejections (CMEs), which accelerate energetic particles and cause geomagnetic storms during subsequent impacts on Earth. Observations have suggested that energetic particle forcing may affect wave propagation, zonal mean temperatures, and zonal winds in the Northern Hemisphere winter stratosphere. However, the mechanisms by which these changes occur are still not known. As changes in the Earth's atmosphere occur, whether due to changes in solar forcing or in response to enhanced anthropogenic activity and increased greenhouse gas (GHG) concentrations, the energy balance of the Earth's atmosphere is altered and this affects its dynamics. Changes can occur in the propagation of atmospheric gravity waves, planetary waves, and tides, which play important roles in driving the general circulation of the middle atmosphere. The thermosphere-ionosphere system is known to vary substantially with altitude, latitude, longitude, universal time, season, solar cycle and geomagnetic activity, as a result of mechanisms inherent to the system, as well as a result of space weather. The primary driving mechanism is solar radiation (EUV and UV), but precipitation of charged magnetospheric particles and magnetospheric electric fields also have significant effects on the ionosphere-thermosphere system. The driving processes determine the density, composition, and temperature of the ionized and neutral constituents of the upper atmosphere.

The solar wind conditions that are effective for creating geomagnetic storms are sustained (for several to many hours) periods of high-speed solar wind, and most importantly, a southward directed solar wind magnetic field (opposite the direction of Earth's field) at the dayside of the magnetosphere. This condition is effective for transferring energy from the solar wind into Earth's magnetosphere.

The largest storms that result from these conditions are associated with solar coronal mass ejections (CMEs) where a billion tons or so of plasma from the sun, with its embedded magnetic field, arrives at Earth. CMEs typically take several days to arrive at Earth, but have been observed, for some of the most intense storms, to arrive in as short as 18 hours.

Another solar wind disturbance that creates conditions favorable to geomagnetic storms is a high-speed solar wind stream (HSS). HSSs plow into the slower solar wind in front and create co-rotating interaction regions, or CIRs. These regions are often related to geomagnetic storms that while less intense than CME storms, often can deposit more energy in Earth's magnetosphere over a longer interval.

To establish influence of geomagnetic activity on the formation of weather pattern geomagnetic indices achieve and meteorological observation database for 2014-18 have been analyzed. The 4 location were chosen namely: Tbilisi- (Kartli Region), Batumi-Adjara Region, Telavi-Kakheti Region and last one in high mountain zone-Mta-Sabueti. The results showed that always weather pattern change: increase wind velocity; temperature change (decrease); precipitation amount increase follows geomagnetic activity. Here Tbilisi data is used.

To identify connection between geomagnetic activity and meteorological processes 2014-17 period precipitation, wind, temperature observation data and geomagnetic indices daily data (http://SunSpotWatch.com) have been studied for Georgian conditions. Below presented charts show the correlation between meteorological parameters with geo-magnetic activity expressed in indices.

The analysis has been conducted for current, pre and aftershock 3 and 5 days. For meteorological parameters current day is crucial and 3,5 day time lapse is reliable for circulation processes. It is ascertained that during all magnetic storms south-west or south-east wave processes have been formed and strong storms create high pressure areas. Depending on the synoptic situation wave processes leads the formation of thunderstorm and heavy showers. In addition, through geomagnetic storms the direction of circulation processes may drastically be changed

The Vere River tragedy in 13 June, 2015 is clear evidence of how meteorological disaster triggered geo-hazard. On this day, flash-flood on Vere River flooded part of Tbilisi city, destroyed buildings, infrastructure, Zoo, many Zoo habitats and 18 humans were dead. After analyzing satellite data and synoptical situation it became clear what happened. During several days from 9 to 14 June 2 MEV high energy electrons penetrate atmosphere. The abundant amounts of electrons create stable clusters in lower atmosphere resisting precipitation infall. After they became so massive that couldn't resist gravitation the great amount of rain water has been fallen out from clouds, causing flooding.

It is not fully clear the physical mechanism of this correlation and the issue needs further investigation applying quantum filed theory that is more suitable for description of photon-photon or photon-charged particle interaction as during geomagnetic activity great amount of charged particles and photons penetrate atmosphere.

The most of water properties are preconditioned by the fact that three component atoms aren't placed on one line. Negative charge prevailed on oxygen atoms part and positive on hydrogen. Thus water molecule is electrically polarized. Among atoms and molecules acts force that always has attractive character. It is intermolecular dispersive or Van-Deer-Vaalse force. It is only one of the expressions of electromagnetic force. It acts among electrically neutral systems such as dipole or quadruple. In dipoles force reduces by r^4 inverse proportional and in quadruple by r^{-6}. It is not temperature dependent and it s nature is quantum. By increasing dipole number their interaction increases.

From analyzing of historical records of meteorological observations and geomagnetic activity this correlation became more obvious. Many dangerous hydrometeorological event (flood, landslide) occurred over Georgian territory has driven by this activity, as the result of intensification of precipitation amount. Even hail processes intensification are the result of increasing atmosphere electricity and thunderstorm activity, that are produced by high energy charged particles intrusion into upper atmosphere.

These kinds of studies are essential in understanding of Earth magnetism and the Sun-Earth environment. It may be assumed that for weather forecasting the only existed numerical weather models aren't sufficient and they have to be enhanced by magnetic models to make forecasting more precise.

Basis of quantum meteorology

Water is a compound and polar molecule, which is liquid at standard temperature and pressure. It has the chemical formula H_2O, meaning that one molecule of water is composed of two hydrogen atoms and one oxygen atom. Water is found almost everywhere on earth and is required by all known life. About 70% of the Earth's surface is covered by water. The important feature of the water molecule is its polar nature. The water molecule forms an angle with hydrogen atoms at the tips and oxygen at the vertex. Since oxygen has a higher electronegativity than hydrogen, the side of the molecule with the oxygen atom has a partial negative charge. Usually the molecule with such charge difference is called a dipole. The charge differences cause water molecules to be attracted to each other and to other polar molecules. This attraction is known as hydrogen bonding. This bonding gives water unusual properties. Many studies and experiments with HT equipments are made to understand water properties .

The interaction of light (photon) and cloud particles according main quantum assumption that system internal energy is composed by bound microparticles (cluster) under certain conditions can obtain allowed discrete significances has been discussed in the article. The objective is to calculate the transition probability from one state into another caused by inner forces or any internal processes. The cluster may be presented as multipole system. The multipole is the system composed by couple opposite charges that have definite symmetry type. The simplest is the dipole. If the transition is forbidden in dipole approach it may happen in higher approaches – quadrupole (electric) or magnetic dipole. Their probability is approximately 10^6 times less than dipole. To search out transition probability of cluster from basic state into exciting or virtual one interacting with electromagnetic field the identification of Einstein factors have to be needed .

The some peculiarities of microstructure of cloud formations have been discussed using quantum disperse forces or Van-Der-Vaals forces that are typical for water particles. To obtain the expression for interaction potential the wave functions of basic and exited states of clusters and dispersion matrix have been introduced describing by virtual photon. It has been turned out that virtual photon interaction causes potential holes and barriers that are decreased by height and width. The isolated long wave quant may be the radiation that is generated throughout observed microphysical processes.

Methods

The water H_2O is the molecule everybody knows and life is impossible without it. But for all its familiarity and import for life, aspects of water's behavior have been hard to understand, including its transformation in cloud medium.

Meteorology is an extraordinarily interdisciplinary subject, with quantitative links to many of the applied sciences and now in presented paper cloud medium is discussed using quantum theory.

Microparticles are described using wave function in quantum mechanics. The quantum system state is considered defined if its wave function (Schrödinger) or ket-vector (Dirac) is given.

The system energy change comes with quantum transportation from one energetic level into another. If $E_1>E_2$ than system emits energy equal to E_1-E_2 and if $E_1>E_2$ then absorbs. Such transportations happen while interaction with electromagnetic radiation. Emitted or absorbed photon energy is defined by Bohr frequency law:

$$\hbar w_{12} = \left| E_2 - E_1 \right| \qquad (1)$$

Molecules full energy may be presented by the kinetic energy sum connected with mass center and by internal energy sum. Molecules energy may be considered as compound from three parts:

1. Electron energy connected with their rotation around nuclei

2. E_{os} – oscillation energy connected with nuclear vibration towards mass center

3. E_{rot} –rotation energy connected with molecules rotation towards mass center

Diatomic molecule rotates around mass center located on symmetry axis of molecule. Rotation energy is defined as:

$$E_{rot} = \hbar^2 \frac{K(K+1)}{2I} = BK(K+1) \qquad (2)$$

where $I=MR_o^2$ inertial moment;

B- rotation constant;

K=0, 1, 2, 3 rotation quantum number

$|M_{rot}| = \sqrt{K(K+1)\hbar}$ - impulse momentum of rotation

Vibration energy may be defined as following

$$E_{os} = \hbar w_0 (q + \tfrac{1}{2}) - \hbar w_0 \kappa (q + \tfrac{1}{2})^2 \qquad (3)$$

where $\kappa = \frac{\hbar w_0}{4D} << 1$ –is nonharmonic constant.

Characterization of electric terms doesn't differ from diatomic molecule terms. In molecule nucleus electic field have no central symmetry thus the full orbital moment haven't been kept. In diatomic molecule the electric field has axial symmetry and in this case the component on the axis passing through the nucleus of orbital momentum has been kept. It is called molecule orbital quantum number and gets discrete values 0,1,2,...

Molecule state is also chracterized by full electron spin S and it has internal quantum number $\Omega = \Lambda + S$

The light is considerd as the combination of photons with ka state and $-\hbar w$,$\hbar k$ impulses. Photon or molecular system interaction happens by forming or disappearance of light quants. During this process energy and impulse are keeping. Quantum trasformation is system trasportation from one energetic state into another. The task is to identify transformation probability from one energetic state into another. Clusters may be presented as multipole systems. Multipole is the system compound from couple of opposite charges, obtaining definite symmetry. The simpliest is dipole. If transpostation is prohebitated in dipole approach it may happen in higher approach – quadropole (electric) or magnetic dipolic.

Their probability is 10^6 time less than dipole. To identify transportation probability the Einstein members have to be defined according clusters properties. Spontaneous and forced motion members may be identifies.

Quantum transition combination is characterized by D_{mn} numbers two dimensional unity and is infinite matrix:

$$\begin{Vmatrix} D_{11,} D_{12},.....D_{1n}.... \\ D_{21}, D_{22},...D_{2n}.... \\ .... \\ D_{n1}, D_{n2},...D_{nn}... \\ .... \end{Vmatrix}$$

where $D_{mn}^{0} = e\int_{v} \psi_{m}^{*} \vec{r}\, \psi_{n} dv$

is dipole transition matrix element

The nondiagonal matrix elements are time functions and corresponds light absorption or emitting by those frequencies defined from Bohr frequency selection low.

And Einstein members can be defined as for spontaneous and forced transition probabilities:

$A_{mn} = \frac{w_{mn}^{3}}{3q_{0}\pi\hbar c^{3}} \left(D_{mn}\right)^{2}$ - spontaneous transition probability

$B_{mn} = \frac{\pi}{12q_{0}\hbar^{2}} \left(D_{mn}\right)^{2}$ -forced transition probability

Amn is approximately 10^{8} sec $^{-1}$

If some matrix element equals 0 it is called prohibited then this transition doesn't happens in dipole approach and happens in magnetic. If transitions are prohibited or banned for clusters higher energetic level the lower energetic level is called metastable and clusters life duration is 10^{-3} sec. or more.

If transition is allowed in dipole approach then system life duration is of spontaneous transition probability order. If transition is banned in dipole approach or $D_{mn}=0$ it doesn't mean that it haven't happen generally as cluster has electric quadruple or magnetic dipole moment. If transition is banned for clusters high energetic level than lower level in electric dipole interactions is called as metastable level. In this clusters life duration is 10^{-3} sec or more. In first quantum transition approach there acts Bohr prohibition principle. If such transition still happens it would be on the second or higher approach order and probability will be also less. Such are light scattering in viscous medium, mist, aerosols and etc.

This process on molecular level happens as follows: if outer emitting frequency differs from absorption frequency energy quant is anyway transmitted to the cluster which transforms into virtual state with short life period and will be defined from the uncertainty principle. Then it emits same frequency photon and returns at initial state. I definite conditions cluster may transform into final state from virtual. I simple case the falling wave is flat and emitted spherical. Energy and impulse are kept as usual except virtual state, when energy isn't keeping. For those transitions it is necessary that the electron-photon interaction matrix element have to be differs from 0.

In definite conditions cluster may transform from virtual into final state that will be differ from initial. Also emitted photon has different polarization and frequency.

In second approach it is possible the existence of two photon absorption process. After absorbing photon system transits into virtual state where it absorbs another photon and then transports into stationary state

In classical mechanics, the possible states of system S are all positive normalised functions (Distribution function) on the phase space P and possible observables are all real function on P. P is fixed and uniquely associated with the system alone and forms the basis of this kinematic description. Hence, transitions between different sets of observables similar to those described above would be impossible in classical mechanics. They are only enabled in quantum mechanics by the non-objective character of observables: not only their values cannot be ascribed to microsystem S alone but some of them are not even registrable in principle due to external conditions in which S is. It is assumed that the quantum kinematics of a microsystem is defined mathematically by the possible states represented by all positive normalised (trace one) operators, and possible observables represented by some self-adjoint operators, on the Hilbert space associated with the system. Then the transitions of states and observables that go with changes of separation status cannot be viewed as a part of a dynamical trajectory due to some new version of the dynamics of S, but as a change of its kinematic description. Thus, although the change of separation status is similar to the collapse of the wave function (the non-local character included), it is both more radical and better understood.

On Earth the dimpliest and common is water molecule that has essential significance in existence of organ and nonorganic life. The most of its properties are preconditioned by the fact that three component atoms aren't placed on one line. Negative charge prevailed on oxygen atoms part and positive on hydrogen. Thus water molecule is electrically polarized. The cloud properties and their stability may be explain from water molecules properties and characterizing forces that reach maximum for 1micro-meter particles and are separated from each other on 50km distance

The comparison between the experimental and calculated molecular dipole moments is difficult, as the experiments are measuring the dipole moment in the vibrational ground state $\mu 0$, whereas the calculations are carried out for the equilibrium dipole moment μe, and thus we would have to carry out a vibrational averaging in order to speak of the same quantity. However, there are a few experimental values for μe. However it is estimated as H_2O= 1.8473(10) [6,7].

For the total molecular energy, i.e., *E* in the molecular SchrÄodinger equation, there is no experimental counterpart. and we examine it in order to establish a feeling on the severity of the approximations involved in the calculation. We should recall that there were a third class of approximations in addition to the truncation of one- and *N*-electron spaces: approximations in the molecular Hamiltonian ^*H* . To investigate the validity of the use of the non-relativistic Hamiltonian, we include the leading-order one-electron relativistic corrections that include the spin-orbit interaction (SO), mass-velocity (MV), and the Darwin (Dar) corrections. The leading-order two-electron contributions, such as the two-electron Darwin contribution and the spin-spin contact interaction, are smaller by at least one order of magnitude. The MV and Dar corrections are always of opposite sign. The calculation is carried out using the CCSDT model for the water molecule in the cc-pCV*X*Z bases, at a CCSD(T)/cc-pCVQZ geometry.

Total energy [*Eh*]

	CCSDT	HF
DZ	-76.24121	-76.02680
TZ	-76.33228	-76.05716
QZ	-76.35981	-76.06482
5Z	-76.36899	-76.06708

Among atoms and molecules acts force that always has attractive character. It is intermolecular dispersive or Van-Deer-Vaalse force. It is only one of the expressions of electromagnetic force. It acts among electrically neutral systems such as dipole or quadruple. In dipoles force reduces by r^4 inverse proportional and in quadrupole by r^{-6}. It is not temperature dependent and it s nature is quantum [8,9]. By increasing dipole number their interaction increases. But its interaction is limited by the matter that light speed is finite

For cluster stable and exiting states wave function $\Psi = \Psi(x, y, z, t)$ have been used. Its physical essence is that it is particle detection probability in d_v volume for t time moment.

Probability is defined as

$$W = \left|\Psi(x, y, z, t)\right|^2 = \Psi^* \Psi \qquad (4)$$

Ψ^* is complex conjugated quantity of Ψ .

$\int_v \left|\Psi(x, y, z, t)\right|^2 dv = 1$ - is rationing condition and Ψ function that assure this condition standardized.

For cluster stable and exiting states wave function $\Psi = \Psi(x, y, z, t)$ have been used. Its physical essence is that it is particle detection probability in d_v volume for t time moment.

Probability is defined as

$$W = \left|\Psi(x, y, z, t)\right|^2 = \Psi^*\Psi$$

Ψ^* is complex conjugated quantity of Ψ.

$\int_v \left|\Psi(x, y, z, t)\right|^2 dv = 1$ - is rationing condition and Ψ function that assure this condition standardized.

Generally it is expressed as:

$$\Psi(x, y, z, t) = \iiint \varphi\left(P_x, P_y, P_z, t\right)\exp\left(i\,\frac{px + py + pz}{h}\right)\frac{dp_x dp_y dp_z}{(2\Pi\hbar)^{3/2}}, \qquad (5)$$

Suppose φ_1, φ_2 are clusters basic and exited states wave functions. Their interaction in lower approach is descriped by so called scattering matrix

$$\varphi(x,t) = \widehat{S}(t,t_0)\varphi(x,t_0), \qquad (6)$$

where

$$\widehat{S}(t,t_0) = \exp(-\tfrac{i}{h}\widehat{H}(t - t_0)).$$

$\widehat{H}$ is system Hamiltonian. The matrix elements of scattering operator define transition probability from initial quantum state into another.

$$S_{if} = -i\int d\vec{r}_1 d\vec{r}_2 dt \varphi_1^* \varphi_2 U(r)\varphi_2\varphi_1 \exp(-i(E_{1i} + E_{2i} - E_{1f} - E_{2f})t),$$

where $E_i E_f$ is clusters basic and final states kinetic energies.

The interaction potential may be connected with averaged scattering matrix that is described by one-photon resonant exchange Hamiltonian

$$H = -\vec{d}_1\vec{E}_1(r) - \vec{d}_2\vec{E}_2(r)$$

where $\vec{d}, \vec{E}$ are dipole moment and field tension operators. Then for potential the following is obatained:

$$U(\vec{r}) = \frac{i}{4\Pi}\int_{-\infty}^{\infty} d\omega\omega^2\alpha_{ik}(\omega)D_{ik}(\omega, \vec{r}),$$

(7)

Where D_{ik} is photon Green function and

$$\alpha_{ik} = \tfrac{1}{3}\delta_{ik}\sum_n |d_n|^2 \left[(\omega_n - \omega - i\Gamma_n)^{-1} + (\omega_n + \omega - i\Gamma_n)^{-1}\right], \qquad (8)$$

is the polarization tensor.

After integration (7) considering (8) the following expression is obtained for potential

$$U(r) = -\tfrac{2}{3c^2}\sum_n r_n^{-1} |d_n|^2 \omega_n^2 \exp(\tfrac{\Gamma_n r}{c}) \cos\tfrac{\omega_n r}{c}. \qquad (9)$$

In equation summarization occurs for all levels.

Conclusion

The century long of theoretical research and the on-going revolution in computer technology have made quantum mechanics applicable to small molecules, where quantum-mechanical calculations have reached the accuracy that challenges experimental results. However, limitations of existing quantum mechanical methods to describe the large molecular systems, that modern molecular science often deals with, is real obstacle to forth going. The extremely different approaches must be taken to describe such systems.

Thus one photon resonance exchange creates decreasing potential holes by height and depth. From this expression may be obtaied solution for isolated long-wave radiation potentials. isolated long-wave quants may be the radiation which happens when on cluster surface or cristallyne lattice additional molecule enters or in drop while molecule difussion.

During cristalization and condensation the some portion of latent heat may be trasformed in characterized radiation. The transformation energy is distributed between existed and new energetic levels. They are called as phase radiation and is depended on medium optical properties. The cloud medium may be imagined as unity of clusters that are on different energetic levels, interacting through energy emition-absorbtion. According to this Earth surrounding environment is one of possible renewable energy source, the use of which gives chanse on transition into new energy transportation means.

Chapter 4. Mountain sustainable development

History of Sustainable Development

Though SD thinking is widely recognised to have its origins in the 1972 UN Conference on the Human Environment, SD as a concept began to gather momentum following the 1987 Brundtland Report, Our Common Future, and the 1992 UN Conference on Environment and Development (UNCED), also known as the Earth Summit. For the first time, the Brundtland Report introduced the need for the integration of economic development, environmental protection, and social justice and inclusion.

The main outcomes of the Earth Summit were

– the Rio Declaration, which recognised the right of states to economic and social development and contained 27 principles of sustainable development, including the well-known precautionary and polluter pays principles;

– endorsement of the Forest Principles, which recognised the importance of forests for economic and social development, indigenous communities, biodiversity and maintaining ecological processes;

– the signing of the Convention on Biological Diversity and the Framework Convention on Climate Change;

and – Agenda 21, which was a voluntary SD plan of action, for implementation by national, regional and local governments.

Agenda 21 contained a wide range of programme areas focused on social and economic development, environmental protection and enhancement and encouraging participation from communities, nongovernmental organisations (NGOs) and groups identified by the UN as under-represented in decision-making, including women, children and indigenous communities. Chapter 28 of Agenda 21 recognised that many of the issues that Agenda 21 sought to address were rooted in local activities, and required local authorities in every country to be involved in actions to address them. The Chapter suggested that local authorities in each country should 'enter into a dialogue' with their 'citizens, local organisations and private enterprises and adopt a "Local Agenda 21".' Local Agenda 21 saw local authority strategies produced to enable the sustainable development of communities. In the UK, it was the basis for the work of many local community groups, some of whom are still working on SD issues, such as Ymlaen Ceredigion, who work in partnership with Ceredigion County Council.

Since the Earth Summit, the UN has created a wide range of programmes, institutions and international agreements with the aim of achieving global sustainable development. A list of major agreements and conventions since 1992 is available on the UN Sustainable Development Knowledge Platform. The most significant milestones in this journey have been:

– 1993 – the creation of the Commission for Sustainable Development to monitor and promote the implementation of Agenda 21;

– 1997 – Earth Summit +5, which reviewed and renewed commitment to implementation of Agenda 21; – 2000 – Millennium Summit in New York, which resulted in the UN Millennium Declaration, a set of targets to be achieved by 2015 that included environmental sustainability, the eradication of extreme poverty and equality for women, now known as the Millennium Development Goals;

– 2002 – World Summit on Sustainable Development in Johannesburg, which renewed international commitment to the pursuit of SD with the Johannesburg Plan of Implementation (JPOI);

– 2012 – Rio+20, which resulted in an outcome document, The Future We Want, in which States reaffirmed commitments to all previous SD agreements, plans and targets. They also committed to develop a suite of Sustainable Development Goals (SDGs) building on the priorities identified in Agenda 21 and the JPOI, and decided to replace the Commission for Sustainable Development with a ‘high-level political forum’ to progress implementation of Agenda 21 and the JPOI, and the achievement of the SDGs.

Definitions of Sustainable Development

The original, and best-known, definition of SD comes from the Brundtland Report: Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It contains within it two key concepts: the concept of 'needs', in particular the essential needs of the world's poor, to which overriding priority should be given; and the idea of limitations imposed by the state of technology and social organization on the environment's ability to meet present and future needs. Variations of the Brundtland definition are commonly used in national SD strategies.

The EU Sustainable Development Strategy (2006) says: Sustainable development means that the needs of the present generation should be met without compromising the ability of future generations to meet their own needs. It is about safeguarding the earth's capacity to support life in all its diversity and is based on the principles of democracy, gender equality, solidarity, the rule of law and respect for fundamental rights, including freedom and equal opportunities for all. It aims at the continuous improvement of the quality of life and wellbeing on Earth for present and future generations. To that end it promotes a dynamic economy with full employment and a high level of education, health protection, social and territorial cohesion and environmental protection in a peaceful and secure world, respecting cultural diversity. The UK Sustainable Development Strategy (2005) says: The goal of sustainable development is to enable all people throughout the world to satisfy their basic needs and enjoy a better quality of life, without compromising the quality of life of future generations.

Principles and Concepts

Common Principles International and national SD agreements and strategies commonly include certain principles to be applied when making governance decisions in a sustainable way. Most of these are derived from the two key concepts identified in the Brundtland definition: the concept of needs, particularly the needs of poor people, and the concept of limits, particularly the limits on the environment's ability to deliver people's needs. Common governing principles are:

– living within environmental limits;

– integrated decision making (policy and legislation that works in a complementary way);

– 'good' governance that is democratic, transparent, inclusive, participatory and accountable;

and – responsible use of robust and credible scientific evidence in decision making.

In addition to these principles, the Precautionary Principle and the Polluter Pays Principle are well recognised, particularly in relation to environmental decision-making. The Precautionary Principle is used when a risk has been identified that human activities may cause 'morally unacceptable harm'1 . In this case, lack of full scientific certainty (of cause or effects) should not be used as a reason for inaction, so long as that action is proportionate and the costs and benefits of action versus inaction have been evaluated. It is commonly used in arguments for taking action on climate change.

According to the Stockholm Centre, the latest research shows that Earth has already exceeded four of the Planetary Boundaries: climate change, change in biosphere integrity (biodiversity loss), land-system change and biogeochemical flows (in terms of phosphorous and nitrogen depletion). Scientists have not yet quantified three of the boundaries because identifying a global threshold requires analysis of many individual components and their interactions, making it difficult to decide where the global boundary would be. These boundaries are functional diversity, novel entities and atmospheric aerosol loading.

http://www.precautionaryprinciple.eu/

History of sustainable development

The history of the development of environmental awareness of "sustainable mountain development" originates from the 1973 Stockholm Environment Conference. It was further followed by the International Geographical Union Commission and the United Nations University (UNU) mountain projects, which the latter started in 1978. All this research and intellectual activity on mountains came to fruition during the Earth Summit in Rio de Janeiro in 1992, where the first universally agreed main document - "Agenda 21" - was adopted, with Chapter 13 focusing on global thematic problems and visions of the mountain environment, That became the basis for declaring 2002 as the International Year of Mountains, and December 11 was established as International Mountain Day on the world calendar.

The above led to the founding of the International Mountain Society in 1980, and in 1981 the quarterly journal Mountain Research and Development. The work expanded into subsequent research efforts, including specific assessments of major predicted natural environmental disasters, such as the potential outburst status of glacial lakes (GLOFs). , the effects of climate warming and the livelihood incorporation of mountain communities, which were initially recognized and engaged with the enthusiasm for environmental knowledge.

Mountains of Europe

Despite having mountains of moderate height compared to other continents, Europe has many mountain ranges. They are found in almost all parts of the European continent and in most European countries. The northernmost mountains of the continent are Iceland and Scandinavia, the southernmost is on the northern shores of the Mediterranean Sea,

From the Balearic Islands to the many mountainous islands of the Mediterranean Sea Cyprus and most of Turkey. There are mountains on the western side of the continent Portugal and Spain (more than half of the Iberian Peninsula is mountainous) and

British Isles. The Urals define the easternmost part of the continent, and to their southwest is the Caucasus, which includes the continent's highest peak (Mount Yalbuzi 5633 m). The longest chain of mountains is found along the Scandinavian spine, the second longest is the Urals, and the third longest is the Caucasus. Probably the most famous and certainly the most touristic mountains are the Alps, whose highest height is the peak of Mont Blanc at 4807 m on the shared France-Switzerland-Italy massif in the southwest of France. However, there are also other mountain ranges in Europe, particularly in typical Western Europe, such as the Old Pyrenees, the Apennines, and many European mountains, such as the Carpathians, the Dinaric Balkan Mountains.

What is Mountain?

Scientists define mountains as an elevated form of relief that rises above the surrounding plain. Unless they are volcanoes, mountains rarely stand alone, but usually form mountain ranges and ridges. Mountain ranges, in turn, add together to make mountainous countries or mountain systems.
Mountains may be high (above 3,000 m), of medium-height (1,000–3,000 m) and low (up to 1,000 m). Low mountains usually have rounded summits and gentle slopes, but high mountains have steep slopes and angular peaks.

The Diversity of the Mountain

Mountain regions are the focus of global biodiversity, and host about half of the world's biodiversity hotspots. The steep gradients, changing aspects, and changing geology allow for the coexistence of different soil habitats in the mountains.

The mountains are home to many endemic plant and animal species that can only be found in the mountains. Mountains are major centers of plant species diversity.

Mountain forests and ecosystem services are vital reservoirs of natural mountain forest species. Evergreen tropical cloud forests, in particular, are very rich in endemic species - but they are also the most fragile and most reduced type of montane forest. Mountain forests are also essential providers of key ecosystem services, such as freshwater resources or protection against natural hazards. Many of the world's largest cities depend on freshwater resources provided by mountain ecosystems. But ecosystem services interact in dynamic ways, and attempts to protect one type of service may result in the loss of another. For example, cutting down a mountain forest to exploit its value unilaterally leads to the loss of the ability to protect against landslides.

Mountains are important centers of agrobiodiversity, hosting crops and livestock adapted to local diversity. These varieties are a critical genetic resource to help ensure food security for a growing global world population. Proven mountain food crop crops or livestock breeds are often better adapted to the extreme mountain climate and topography in mountain regions and are better able to sustain the livelihoods of mountain farmers in the face of global climate change.

Mountains and climate

Mountains play an important role in shaping the climate. They create a barrier to air masses, which cannot easily pass the high peaks. For this reason, different slopes of the same mountains often have different climate conditions, with more precipitation on one side than on the other. Average temperature and landscapes may also differ significantly

Mountains are also distinctive in that they bring together a large number of different climates in a small area: the climate and landscapes change at different levels from the bottom to the top of the mountain. (Fig. 2.7.1). They are therefore called ‘altitudinal zones’ (‘altitude’ means ‘height’).

You’ve probably wondered why mountain peaks are often covered with snow, even in tropical latitudes. The first mountain climbers quickly found that the higher they went, the lower the temperature became and the harder it became to breathe. Air is heated by the sun and by the earth’s surface. Once it has become warm, it rises and expands, losing its heat. So, with increasing altitude, the air pressure and its temperature gradually decreases. With elevation, temperature falls on average by 6 °C per kilometre from the earth’s surface. So, if the temperature at the foot of a 4000 m mountain is +24 °C, the temperature at the top will be around 0 °C. That is why, even through the average air temperature in the tropics never drops below zero, there can still be snow at high altitude on mountains. Mountains affect the climate, but they are also highly dependent on it. Mountain regions are among the first to respond to changes in climate conditions. The main 'indicator' of climate change in the mountains is glaciers, which shrink or grow depending on whether the climate is becoming warmer or colder.

Mountain, man and climate

Socio-economic factors in mountains, including demographic changes, affect the vulnerability and exposure of slopes themselves, while climate change affects the frequency and magnitude of hazards, projected changes in temperature, wind and precipitation in mountain belts will in turn affect the water cycle and thus snow, ice and on water distribution. Melting glaciers exhibit steeply carved bedscapes that are subject to large amounts of glacial meltwater and, with increased precipitation, potential, periodic landslides, floods, and debris flows in conduits.

Does climate change pose increasing threats? At the beginning of the twenty-first century, some of the warmest and wettest years have already been recorded. (2003-2010) In the summer of these years, with instrumental observations of the climate from the peaks of the European Alps, frequent rockfalls began intensively, causing widespread concern in the Alps about the permafrost degradation and the causes of the rock slope penetration failure. Abnormal monsoon rains have caused devastating floods and debris flows in Pakistan, India and China, killing thousands and destroying more than two million homes.

Meltin beauty

Glaciers are formed in mountain ranges when the build-up of snow in the upper parts of the mountains turns to ice. The formation of a glacier requires a cold and wet climate, in which more snow falls during the year than has time to melt. As soon as temperatures rise and precipitation declines, the glacier ceases to grow and starts to melt.

Mountain glaciers around the world began to melt (to 'retreat') about 15,000 years ago, when the last period of glaciation gave way to a new period of warmer climate. This melting process was accompanied by short periods when glaciers advanced once again. We know from history that in the 5th–7th centuries A.D. many mountain passes that are now occupied by glaciers were used as caravan routes. Then the climate became colder, glaciers began to grow, and by the 17th–18th centuries these passes were not longer open. One example is the famous St. Gotthard Pass in the Alps. When the poet Frederick Schiller described it in 1799: 'To the solemn abyss leads the terrible path, The life and death winding dizzy between', crossing the snow-covered pass was wildly dangerous and possible only during a couple of summer months.

However, over the past 40 years, glaciers around the world have been retreating particularly fast (Fig. 2.7.4). Scientists are sounding the alarm: the rapid melting of mountain glaciers, which we are seeing today, does not coincide with a natural cycle. Reduction in volumes of mountain ice may lead to catastrophic consequences for the environment and the economy of mountain regions, as well as of plains around mountains, which are home to as many as one in six of the world's population.

Glaciers in the Himalayas are retreating by an average of 10–15 m per year. The Gangotri glacier, which is the source of the River Ganges, is melting particularly fast, retreating by 30 m each year. Gangotri is one of the main sources of water for the 500 million people who live along the Ganges River.
Glaciers in Peru are also retreating very fast. According to the most conservative estimates, their area has been reduced by a third over the past 30 years.

The African volcano, Kilimanjaro, has suffered perhaps the worst of all: its famous ice cap, which was immortalized in Ernest Hemingway's novel 'The Snows of Kilimanjaro' has almost entirely disappeared

In the mid-19th century the Glacier national park in the Rocky Mountains, on the border between the United States and Canada, was home to as many as 150 glaciers. By the start of the 21st century only 25 remained and scientists predict that glaciers will completely disappear from the park in coming decades, so visitors who want to see what the park was originally famous for should hurry up!

how climate change affects people who live in the mountains

Living in the mountains is not easy. High altitude, difficult terrain and frequently changing weather make it much harder to grow foods and manage cattle here than on the plains.

Since ancient times, people have settled in narrow mountain valleys, separated from each other by high mountain ranges with steep slopes, which often made contacts between the neighbouring valleys (and populations) very difficult. Even now, people living in mountainous regions often have their own unique customs, culture and ways of making a living. The way of life of mountain people and their principal livelihoods – agriculture and tourism – are directly dependent on the climate. Even small changes in climate can negatively affect the well-being of people in mountain regions.

Tourism in the Mountain

The example of the Alps shows how climate change is affecting the tourist trade in mountain areas. At present ski tourism provides up to 20% of the income of Alpine countries. For the 13 million people living in the Alps in Austria, Germany, Switzerland

and France, lack of snow is an economic catastrophe: two thirds of all tourists who come here do so in order to enjoy skiing and snowboarding.

Forecasts give serious cause for concern: by 2030 there will be almost no snowfall in the Alps below 1,000 m altitude, which will force many popular ski resorts out of business. Half of all the ski resorts in Austria are at altitudes up to 1,300 m and will be forced to close due to lack of snow. The pessimistic predictions are already starting to come true: in the winter of 2006–2007, as many as 60 of the total 660 alpine ski resorts remained closed and many others could only operate by using artificial snow, which greatly increased their already high costs. The result has been a fall in demand for holidays in the Alps. How can mountain regions cope without snow? The sport and leisure industry is adapting as best it can, working to develop other types of tourism and recreation, which are less dependent on snow. Areas that were used for skiing are being converted into leisure parks and all-year-round health resorts. A time may come when people will come to the Alps, not for winter sports, but to enjoy walks along mountain lakes, savour the local food and breathe the fresh mountain air.

Natural disasters in the mountains

Decline of the tourist business is not the most deadly threat to mountain people from global warming. They also have to fear natural disasters – avalanches, landslides and floods – which have become ever more frequent in the mountains as the climate changes and which pose a threat to human life as well as causing huge damage to the local economy.

When a glacier retreats it produces melt water, which accumulates in a mountain valley to form a glacial lake. As the quantity of water increases, the lake may overflow and break its banks, causing a flood. Scientists believe that 20 glacial lakes in Nepal and 24 in Bhutan pose a serious threat to people living further down the valley. If these lakes break their banks, and the water gushes into the valley, many people are in danger of losing their lives or at least their homes.
Several such floods have already occurred in recent years in the valleys of the Thimphu, Paro and Punakha-Vangdu rivers in Bhutan. Danger to the local population can be reduced by digging protective channels and dams before such flooding occurs.

Reduction of fresh water stocks

The future reduction of fresh water stocks, both in mountain regions and in plains adjacent to mountains, presents a serious threat. Glaciers are one of the main sources of fresh water on Earth, since they are the source of many rivers. Reduction in volumes of ice will lead to water shortages in the regions around mountains, making conditions much worse for agriculture, mining and electric power generation. Shortage of fresh water in areas near mountains is already leading to serious political conflicts in some parts of the world.

Mountains have always been associated with danger and climate change on Earth may add to the risks. Rise of temperatures, change in amounts of precipitation, the melting of mountain glaciers and more frequent occurrence of unpredictable natural disasters could lead to catastrophic consequences for the environment, people and economy of mountain regions and of the regions around mountain ranges.

Chapter 5 Green Development

Climate change, rapid economic and population growth, the sharp increase in consumption and services, and resource depletion are the greatest global challenges that pose a risk for the earth's subsistence. all countries and every citizen must substantially change their lifestyle and production and consumption patterns, and shift to an environmentally friendly, "green" lifestyle. These global challenges were discussed at the United Nations Conference on Sustainable Development, which took place in 2012. The conference recommended that countries adopt an inclusive green economy as a vehicle for sustainable development and poverty reduction. Furthermore, United Nations Agencies identified green economy, green production and green growth concepts, which are aimed at the creation of economies that have low carbon emissions, use natural resources efficiently, and reduce environmental pollution and degradation.

Green development concept

"Green development" refers to a pattern of development that reduces poverty through an inclusive economy in which resources are used efficiently and without waste, supports ecosystem services, lowers greenhouse gas emissions and waste;

"Green economy" is one that results in improved human well-being and social equity, while significantly reducing environmental risks and ecological scarcities;

"Green growth" means economic growth with reduced greenhouse gas emissions that ensures environmental sustainability, supports social inclusiveness and participation;

"Green industry" is an industrial process that utilizes energy and resources efficiently, with reduced greenhouse gas emissions and without harm or risks to humans and the environment;

"Green job" refers to employment that contributes to reduced consumption of energy, raw materials and water, and the reduction of greenhouse gas emissions and waste, ecosystem preservation and restoration, and the improvement of environmental protection and environmental quality by adapting to climate change;

"Green city" means a city or urban settlement that ensures comfortable living conditions and development opportunities through the use of smart infrastructure services such as energy, heating, water supply, communication, public transportation and adequate waste management;

“Green building” means a building structure which constitutes a comfortable living and working environment through the utilization of building materials that do not cause negative impacts on human health and the environment, with energy efficient heating solutions, low emissions, and technology for rain water collection and sewage treatment system;

“Green procurement” means purchasing goods and services that are designed or designated toward ensuring the efficient use of energy and natural resources, the sustainability of ecosystem services, climate change adaptation and the creation of a green living environment;

“Green investment” means the financing of and investing in projects and activities which use technology that reduces energy, water and raw material consumption, while keeping the value of ecosystem services; “Green tax” means a tax that aims toward reducing production, services, imports and consumption with negative environmental impacts;

“Ecosystem services” refers to benefits obtained from the ecosystem, which includes provisioning food, raw materials and resources, regulating the climate and impacts of rapid environmental degradation, and sustaining human life and physical and spiritual well-being.

The transition to green development growth model will be ensured by using mechanisms such as valuing the benefits of and the rational use of natural resources, increasing productivity, green investment and green procurement, by the expansion of works and services directed at enhancing conservation of ecosystem balance and restoration, engraining environmentally friendly production and services, and promoting a green lifestyle. Key indicators for determining the transition towards green development will include the improved efficiency of natural resource utilization, the level of recycling, green employment and the proportion of green procurement, and the reduction of the ecological footprint of energy, water, greenhouse gas emissions, and goods and services per unit of production and services.

The following principles will be followed for ensuring green development:

-Efficient, effective and rationale use of resources;

-Sectorial policies and planning shall be consistent with green development concepts;

-Promotion of clean and advanced technologies;

-Ensure citizen’s participation in the creation of green economic growth;

-Engrain environmentally friendly attitudes, habits and competencies;

-Transparency, accountability and liability.

Strategic objectives

The following strategic objectives will be achieved to ensure green development:

Strategic objective #1: Promote a sustainable consumption and production pattern with efficient use of natural resources, low greenhouse gas emissions, and reduced waste generation;

Strategic objective #2: Sustain ecosystem's carrying capacity by enhancing environmental protection and restoration activities, and reducing environmental pollution and degradation;

Strategic objective #3: Increase investment in natural capital, human development and clean technology by introducing financing, tax, lending and other incentives for supporting a green economy;

Strategic objective #4: Engrain a green lifestyle by reducing poverty and promoting green jobs;

Strategic objective #5: Encourage education, science, and technology to serve as the catalyst for green development, and develop cultural values and livelihoods that are in harmony with nature;

Strategic objective #6: Develop and implement a population settlement plan in accordance with climate change, while considering the availability of natural resources and the resilience of regions

POLICY IMPLEMENTATION

Green development policies will be incorporated in the Government Action Program, sector policy documents and public investment programs.

1. Political parties and coalitions shall reflect ways of implementation of the green development concepts in their election platforms at all levels and construct programs for implementation.

2. Incentives shall be provided to citizens, the private sector and civil society to encourage their participation in the policy implementation, and to expand cooperation and partnerships between them. 3. The government shall undertake an annual evaluation on the implementation of the Green Development Policy and present for hearing to the Parliament.

4. The results of the implementation of the Green Development Policy shall be assessed based on appropriate methodology and modeling.

The first phase will establish green development models and norms in all economic and social sectors that are based on country circumstances, and a legal framework will be created to ensure green development progress, and infrastructure and redevelopment efforts that are aimed at enhancing long-term sustainable development of the economy will be actively mobilized.

A socially equitable, inclusive and highly efficient green economy system is established where environmental sustainability has persisted, benefits from ecosystem services are accepted rationally, and adaptations to climate change are customized. The transition to a green economy will be recognized as high technology and innovative production prevail in the economic structure, and the green economy will be established.

More and more countries and regions are actively embracing green development, and the world is moving towards a new green era faster than ever before. But we still have many challenges ahead. We need to make further breakthroughs in digital technology, flesh out regulations, systems, and standards, and promote greater coordination between different industries. This will require joint innovation in both digital technology and low carbon growth, as well as greater collaboration across all communities, industries, value chains, and ecosystems. Digital innovation is key to achieving low-carbon growth. The two are mutually reinforcing, so we need to keep strengthening investment in research and development to deliver the right enabling technologies. These efforts should focus on innovation in three domains: green and low-carbon digital infrastructure, renewable energy, and industrial transformation. This will help improve energy efficiency and pull more renewables into the global energy mix, paving the way for truly green and low-carbon growth. As green and low-carbon growth guides the direction of future socioeconomic development, it will in turn spur new innovation in digital technology. This virtuous circle of mutual reinforcement is the most effective way to achieve lasting green development. At the same time, the world currently lacks unified standards for low-carbon growth. We urgently need to improve emission reduction standards for digital systems, strengthen the development of emission-related big data, and establish standards for measuring the carbon footprint of digital infrastructure. Measures should also be taken to ensure effective implementation of these standards. For example, we should establish digital systems to monitor carbon emissions in real time, and work together to develop carbon emission standards and systems for digital infrastructure. Finally, it is also critical to strengthen ecosystem collaboration between industries and enterprises up and down the supply chain. For example, technical models like carbon handprint standards help promote more engagement on green practices between governments, industries, and enterprises, and reduce carbon emissions across the entire supply chain. We also need to strengthen international cooperation and coordination in technology, funding, standards, and actual projects to jointly advance systematic climate governance at the global level.

ლიტერატურა:

References

1 და 2 თავების ლიტერატურა

1. მელაძე მ., ტატიშვილი მ., მკურნალიძე ი., კაიშაური მ. ნახშირბადის სეკვესტრი გაუყტეურების და ტყის დეგრადაციის შეემცირებისათვის თანამგზავრული ტექნოლოგიების გამოყენებით. საერთაშორისო სამეცნიერო-პრაქტიკული ჟურნალი ‘‘სატყეო მოამბე’’. ტ. 8, 2014, გვ. 45-51.
2. რობიტაშვილი გ., ტატიშვილი მ. ღრუბელში მიმდინარე მიკროფიზიკური პროცესების პარამეტრიზაცია. ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ.104, 2001, გვ. 55-64.
3. საქართველოს მეოთხე ეროვნული შეტყობინება კლიმატის ცვლილების შესახებ გაეროს ჩარჩო კონვენციისადმი. თბილისი, 2020, 542 გვ. https://www.undp.org/ka/georgia/publications/
4. ტატიშვილი მ., ბოლაშვილი ნ., მკურნალიძე ი. დედამიწის ღერძის პრეცესია, მზის აქტივობა და კლიმატის ცვლილება. გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, 4(84), 2013.
5. ტატიშვილი მ., დემეტრაშვილი დ., მკურნალიძე ი. ამინდის საპროგნოზო მოდელირება საქართველოში. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი. აკად. ი. ფრანგიშვილის დაბადების 85 წლისთავისადმი მიძღვნილი საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის „საინფორმაციო და კომპიუტერული ტექნოლოგიები, მოდელირება, მართვა“ შრომები, თბილისი, 2015, გვ. 428-433.
6. ტატიშვილი მ., მელაძე მ., მკურნალიძე ი., კაიშაური მ. თანამგზავრული ინფორმაციის გამოყენება კლიმატის ცვლილების შერბილებისათვის აგრომეტყევეობაში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია. საერთაშორისო კონფერენციის მასალები ‘‘კლიმატის ცვლილება და მისი გავლენა სოფლის მეურნეობის მდგრად და უსაფრთხო განვითარებაზე’’, 2014.
7. ტატიშვილი მ., მელაძე მ., მკურნალიძე ი., კაიშაური მ. კლიმატის ცვლილების შერბილების თანამედროვე მეთოდები ტყის ეკოლოგიური მონიტორინგისათვის. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. 23, ISSN 1512-2743, 2013, გვ. 247-251.
8. ტატიშვილი მ., ქართველიშვილი ლ., მკურნალიძე ი., რ.მესხია. სეტყვისა და ელჭექური პროცესების დინამიკა და სტატისტიკური განაწილება საქართველოში კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე. მონოგრაფია.2018, 148გვ.

9. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Kutaladze N.B., Megrelidze L.D., Tatishvili M.R. Holiday Climate Index in Some Mountainous Regions of Georgia. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 24(2), 2021, pp. 92 – 117. DOI: https://doi.org/10.48614/ggs2420213327
10. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Kutaladze N.B., Megrelidze L.D., Tatishvili M.R. Changeability of the Meteorological Parameters Associated with Holiday Climate Index in Different Mountainous Regions of Georgia in 1956-2015. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 24(2), 2021, pp. 78-91. DOI: https://doi.org/10.48614/ggs2420213326
11. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Kutaladze N.B., Megrelidze L.D., Tatishvili M.R. Changeability of the Meteorological Parameters Associated with Holiday Climate Index in Different Mountainous Regions of Georgia in 1956-2015. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 24(2), 2021, pp. 78-91. DOI: https://doi.org/10.48614/ggs2420213326
12. Mlynczak M.G., Hunt L.A., Marshall B.T., Russell J.M. III, Mertens C.J., Thompson R.E., Gordley L.L. A Combined Solar and Geomagnetic Index for Thermospheric Climate. Geophys. Res. Lett., 42, 2015, pp. 3677–3682. doi: 10.1002/2015GL064038.
13. Mlynczak M.G., Hunt L.A., Russell M.J. III,, Marshall B.T. Thermosphere Climate Indexes: Percentile Ranges and Adjectival Descriptors. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2018. https://doi.org/10.1016/j.jastp.2018.04.004
14. Mlynczak M.G., Hunt L.A., Russell J. M. III, Marshall B.T., Mertens C.J., Thompson R.E. The Global Infrared Energy Budget of the Thermosphere from 1947 to 2016 and Implications for Solar Variability. Geophys. Res. Lett., 43, 11, 2016, pp. 11934–11940. doi: 10.1002/2016GL070965
15. NASA Science Mission Directorate. https://science.nasa.gov
16. NOAA. Office of Satellite and Product Information. National Environmental Satellite, Data and Information Service.
17. NOAA/SWPC, Boulder, Co, USA. spaceweatherlive.com
18. Tatishvili M. Developing Weather Forecasting System in Georgia. Ecology & Environmental Sciences 2 (7), 2017. DOI:10.15406/mojes. 2017.02.00046.
19. Tatishvili, M. R. ., Palavandishvili, A. M. ., Tsitsagi, M. B. ., & Suknidze, N.E The Use of Structured Data for Drought Evaluation in Georgia. Journals of Georgian Geophysical Society, 25(No.1.2022. **DOI:** https://doi.org/10.48614/ggs2520224806
20. Tatishvili M. Energy Transformation in Clouds According Quantum Principles. International Scientific Journal. Journal of Environmental Science. vol 3. ISBN- 13: 978-1499721980; ISBN -10: 1499721986, Vienna, Austria 2014. pp. 7-9.
21. Tatishvili M. On Some Considerations of Cloud Particles and Photons Interaction. Journal of the Georgian Geophysical Society, e-ISSN: 2667-9973, p-ISSN: 1512-1127 Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v. 24(2), 2022. DOI: https://doi.org/10.48614/ggs2420213324
22. Tatishvili M., Bolashvili N., Palavandishvili A. Impact of Short-Term Geomagnetic Activity on Meteorological Parameters Variability on The Middle Latituge Region.

Georgian Geographical Journal, Vol. 2, 2022. https://doi.org/10.52340/ggj.2022.756 2022
23. Tatishvili M., Elizbarashvili E., Meskhia R., Sh.Elizbarashvi Sh. Natural Hydrometeorological Disasters, their Causes and Prevention Measures. The Macrotheme Review. A multidisciplinary Journal of Global Macro Trends, A Macrotheme Capital Management, LLC Academic Publication, France, ISSN 1848-4735, Vol. 2, Iss. 1, 2013, pp. 148-154.
24. Tatishvili M.R., Khvedelidze Z.V., Demetrashvili D.I. On some Weather Forecasting Models in Georgia. Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN: 1512-1127, v. 23(2), 2020.
25. Tatishvili M., Khvedelidze Z., Mkurnalidze I., Samkharadze I., Kokosadze Kh. The Connection of Geomagnetic Activity and Weather Formation in Georgian Region. International Scientific Conference „Modern Problems of Ecology“, Proceedings, Vol. 6, ISSN 1512-1976, Kutaisi, Georgia, 2018.
26. Tatishvili M., Mkurnalidze I., Samkharadze I., Chinchaladze L. Application of Satellite Imaginary in Forestry for Georgia. Journal of the Georgian Geophysical Society, ISSN: 1512-1127, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, v.21(1), 2018, pp.18 -25 https://openjournals.ge/index.php/GGS/article/view/2484. 2018
27. Tatishvili M., Mkurnalidze I., Samkharadze I., Tsintsadze N. Impact of Solar Coronal Mass Ejections (CME) on Formation of Earth Climate and Weather Pattern. International Scientific Journal. Journal of Environmental Science. Vol.7, Iss 1, ISBN -13:978-1721539185, 2018, pp. 1-5.
28. Tatishvili M.R., Palavandishvili A.M. Impact of Short-Term Geomagnetic Activity on Weather and Climate Formation in Georgian Region. Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma, ISSN: 1512-1127, v. 23(2), 2020.

3 თავის ლიტერატურა

1. მელაძე გ., მელაძე მ. საქართველოს აღმოსავლეთ რეგიონების აგროკლიმატური რესურსები. გამომც. ,,უნივერსალი”, თბილისი, 2010, ISBN 978-9941-12-816-5, გვ. 293

2. მელაძე მ. კახეთის რეგიონში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ზრდა-განვითარების ძირითადი აგრომეტეოროლოგიური ფაქტორების უზრუნველყოფა. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, ტ.XXXVI, 2006, ISSN 1987-6599, გვ. 20-22

3. მელაძე გ., თუთარაშვილი მ. მელაძე მ. კახეთის რეგიონში ფერმერულ მეურნეობათა განვითარება აგროკლიმატური პირობების გათვალისწინებით. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 111 თბილისი, 2007, ISSN 1512-0902, გვ. 160-167.

4. მელაძე მ., ანდრონიკაშვილი ა. კახეთის რეგიონის ძირითადი აგროეკოლოგიური ასპექტები. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ.34, 2015, ISSN 1512-2743, გვ. 340-343

5. მელაძე გ., მელაძე მ. და ავტორთა ჯგუფი. საქართველოს ჰავა. 7.კახეთი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰმი-ის შრომები, ტ.128, 2020, ISSN 1512-0902, 160 გვ.

6. მელაძე მ., მელაძე გ. საქართველოს აღმოსავლეთ რეგიონების აგროკლიმატური ზონირება. გეოფიზიკის ინსტიტუტის შრომები, 2021, ISSN 1512-1135 გვ. 64-74

7. მელაძე გ., მელაძე მ. კახეთის რეგიონის აგროეკოლოგიური ზონები. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის მოამბე, ტ. 33, 2014, ISSN 1512-2743, გვ. 215-218

8. მელაძე გ., თუთარაშვილი მ., ცერცვაძე შ., მელაძე მ. სამცხე - ჯავახეთის მაღალმთიან აგროკლიმატურ პირობებში პერსპექტიული აგროკულტურების გავრცელების შესაძლებლობა. საქართველოს გეოგრაფია, N2, გამომცემლობა თსუ, 2003, ISSN 1512-1267, გვ. 81-84

9. მელაძე მ., მელაძე გ. საქართველოს აღმოსავლეთ მაღალმთიანი რეგიონების აგროკლიმატური პოტენციალის შეფასება. მეორე საერთაშორისო კონფერენციის ,,მდგრადი ლანდშაფტური განზომილება: კვლევა - კარტო/გის - დაგეგმარება - მართვა'' შრომათა კრებული, თსუ, 2022, ISBN 978-9941-36-030-5, გვ. 204-210

10. მელაძე მ. შიდა ქართლის რეგიონის აგროკლიმატური რესურსების შეფასების ძირითადი ასპექტები. სსაუ-ის სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. 2, #4 (49), 2009, ISSN 1987-6599, გვ. 25-28

11. მელაძე გ., მელაძე მ., და ავტორთა ჯგუფი. საქართველოს ჰავა. 5.შიდა ქართლი. ჰმი-ის შრომები, ტ.122, 2016, ISSN 1512-0902, გვ. 61-72

12. მელაძე მ. სასოფლო-სამეურნეო კულტურებისათვის საშიში მეტეოროლოგიური მოვლენები შიდა ქართლში. აგრარული უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომათა კრებული ტ. 3, #2(51), 2010, ISSN 1987-6599, გვ. 22-25

13. მელაძე გ., მელაძე მ. საქართველოს დასავლეთ რეგიონების აგროკლიმატური რესურსები. გამომც. `უნივერსალი", თბილისი, 2012, ISBN 978-9941-17-622-7, გვ. 435

14. მელაძე მ., მელაძე გ. აგროკლიმატური ფაქტორების გავლენა სასოფლო-სამეურნეო კულტურებზე აჭარის რეგიონში. აგრარული უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომათა კრებული ტ. 4, #1(54), 2011, ISSN 1987-6599, გვ. 16-20

15. მელაძე გ., მელაძე მ. გურიის რეგიონის აგროკლიმატური რესურსების შეფასება. სსაუ-ის სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. 2, #2(47), 2009, ISSN 1987-6599, გვ. 45-47.

16. მელაძე მ. გურიის აგროკლიმატური მაჩვენებლების მნიშვნელობა სოფლის მეურნეობისათვის. საუ-ის სამეცნიერო შრომათა კრებული, ტ. 2, #3(48), 2009, ISSN 1987-6599, გვ. 56-59

17. მელაძე გ., მელაძე მ. და ავტორთა ჯგუფი. საქართველოს ჰავა. 4.გურია. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 118, 2011, ISSN 1512-0902, გვ. 91

19.მელაძე მ. მელაძე გ. იმერეთის რეგიონის აგროკლიმატური პირობების შეფასება აგროკულტურების რაციონალურად გაადგილებისა, პროდუქტიულობისა და მოსავლის პროგნოზირებისათვის. Sokhumi State University, Faculty of the Natural Sciences and Healthcare; http://sou.edu.ge/?lang_id=ENG#sthash.UmfFKcga.dpuf 2014, გვ. 27-39

20. მელაძე გ., მელაძე მ., და ავტორთა ჯგუფი. საქართველოს ჰავა. 6.იმერეთი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰმი-ის შრომები, ტ. 126, 2019, ISSN 1512-0902, გვ. 113

21. მელაძე გ., მელაძე მ., და ავტორთა ჯგუფი. საქართველოს ჰავა. 8.რაჭა ლეჩხუმი - ქვემო სვანეთი. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰმი-ის შრომები, ტ.130, 2021, ISSN 1512-0902, 135 გვ.

22. მელაძე გ., მელაძე მ., და ავტორთა ჯგუფი. საქართველოს ჰავა. 3.სამეგრელო ზემო სვანეთი. ჰმი-ის შრომები, ტ. 113, 2010, 83 გვ.

23. მელაძე გ., მელაძე მ. კლიმატის ცვლილება: აგროკლიმატური გამოწვევები და პერსპექტივები აღმოსავლეთ საქართველოში. გამომც. ,,უნივერსალი'', თბილისი, 2020, ISBN 978-9941-26-652-2, 200 გვ.

24. მელაძე მ. მელაძე გ. კლიმატის ცვლილების გავლენა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების აგროკლიმატურ მახასიათებლებზე (საგარეჯოს მაგალითზე). საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია, 2014, CF/57/10-100/14, გვ. 194-197

25. მელაძე მ., მეგრელიძე ლ., შვანგირაძე მ. კლიმატის ცვლილების ზეგავლენის შეფასება სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლიანობაზე და წყლის დეფიციტზე კახეთში. საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემია, 2014, CF/57/10-100/14, გვ. 190-194

26. მელაძე მ. მელაძე გ. გლობალური დათბობა და აგროკულტურების განვითარების ძირითადი მაჩვენებლების და გვალვიანობის მატების

ტენდენციები კახეთში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. 2015, ISBN 978-9941-0-8178-1, გვ. 232-236

27. მელაძე გ., მელაძე მ. კლიმატის გლობალური ცვლილების გავლენა აგროკლიმატურ მახასიათებლებზე და გვალვების განმეორადობაზე საქართველოში (კახეთის რეგიონის მაგალითზე) საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, ბუნებრივი კატასტროფები საქართველოში: მონიტორინგი, პრევენცია, შედეგების შერბილება. გეოფიზიკის ინსტიტუტი, ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი 2019, ISBN 978-9941-13-899-7, გვ. 96-100

28. მელაძე მ. მელაძე გ. გლობალური დათბობის პირობებში სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების აგროეკოლოგიური ზონები საგარეჯოს ტერიტორიაზე. აგრარული უნივერსიტეტის რადიოლოგიისა და ეკოლოგიის ინსტიტუტი. რადიოლოგიური და აგროეკოლოგიური გამოკვლევები, ტ.VIII, ISSN 1512-2786, 2012 გვ.124-128

29. მელაძე გ., მელაძე მ. საქართველოს აღმოსავლეთ ტერიტორიაზე აგროკლიმატური მაჩვენებლების ცვლილება და გვალვების გახშირება გლობალური დათბობის პირობებში. თსუ-ის საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, თსუ, 2017, ISBN 978-9941-13-639-9, გვ. 246-253

30. მელაძე მ. მელაძე გ. საქართველოს მაღალმთის აგროეკოლოგიური ზონების ცვლილების სცენარები კლიმატის გლობალური დათბობის გათვალისწინებით. საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტის საერთაშორისო კონფერენციის - ,,გარემოს დაცვა და მდგრადი განვითარება" შრომები. 2010, ISBN 978-9941-14-868-2, გვ. 420-422

31. მელაძე გ., მელაძე მ. მცხეთა-მთიანეთის რეგიონის აგროეკოლოგიური ზონირება გლობალური დათბობის პირობებში. საერთაშორისო კონფერენციის - ეკოლოგიის თანამედროვე პრობლემების შრომები, ტ.VI, 2018, ISSN 1512-1976, გვ. 258-261

32. მელაძე მ. მელაძე გ. აგრობიომრავალფეროვნების აგროკლიმატური პირობები გლობალური დათბობის გათვალისწინებით სამცხე-ჯავახეთში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის კონფერენციის მასალები, 2020, ISBN 978-9941-8-1738-9, გვ. 86-90

33. მელაძე გ., მელაძე მ. გლობალური დათბობა და აგროეკოლოგიური მაჩვენებლების ცვლილების ტენდენცია ბორჯომის ტერიტორიაზე. თსუ, სამეცნიერო კონფერენციის მასალები, 2016, ISBN 978-9941-0-8627-4, გვ.186-193

34. მელაძე გ., მელაძე მ. კლიმატის ცვლილების გათვალისწინებით აგროკულტურების გავრცელების ზონების სცენარი სამხრეთ საქართველოში

(ახალციხის მაგალითზე). საერთაშორისო კონფერენციის შრომათა კრებული, თსუ, 2013, ISBN 978-9941-13-226-1, გვ. 322-327

35. მელაძე მ. მელაძე გ. გლობალური დათბობის პირობებში აგროეკოლოგიური ზონების ცვლილება მომავლის (2020-2050 წწ) სცენარით. გეოგრაფიის თანამედროვე პრობლემები (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები). საქართველოს ალ.ჯავახიშვილის სახ. გეოგრაფიული საზოგადოება, თსუ, 2011, ISSN 2233-3223, გვ. 193-198

36. მელაძე მ. მელაძე გ. კლიმატის გლობალური ცვლილების გავლენა სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების არეალზე საქართველოს მაღალმთის რეგიონებში. საქართველოს სახელმწიფო აგრარული უნივერსიტეტის საერთაშორისო კონფერენციის - ,,აგრობიომრავალფეროვნების დაცვა და სოფლის მეურნეობის მდგრადი განვითარება” შრომები. 2010, ISSN 1987-6599, გვ. 286-289

37. მელაძე გ., მელაძე მ. სავეგეტაციო პერიოდების სითბოთი უზრუნველყოფის პროგნოზები (მომავლის, 2020-2050 წწ.) კლიმატის გლობალური ცვლილების გათვალისწინებით. ,,გარემო და გლობალური დათბობა” (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები). თსუ, ვ.ბაგრატიონის გეოგრაფიის ინსტიტუტის შრომები, #3(82), ISSN 2233-3347, 2011, გვ. 28-32

38. მელაძე მ. მელაძე გ. გლობალური დათბობით გამოწვეული აგროკლიმატური მაჩვენებლების ცვლილება ქვემო ქართლის რეგიონში. თსუ, გეოგრაფიული საზოგადოება, გეოგრაფიის ინსტიტუტის საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. 2015, ISBN 978-9941-13-457-9, გვ. 214-219

39. მელაძე მ. მელაძე გ. საშემოდგომო ხორბლის თესვის ვადები და ზონირება გლობალური დათბობის პირობებში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნიერებათა აკადემიის საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, 2019, ISBN 978-9941-8-1687-1, გვ. 221-225

40. მელაძე მ. ქვემო ქართლის მშრალი სუბტროპიკული ზონის აგროკლიმატური პოტენციალი გლობალური დათბობის პირობებში. საერთაშორისო სამეცნიეო-პრაქტიკული კონფერენციის ,,ინოვაციური კვლევის ასპექტები აგრარულ მეცნიერებებში’’ შრომათა კრებული, 2021, ISBN 978-9941-28-858-6, გვ. 413-416

41. მელაძე გ., მელაძე მ. მაღალმთის აგროეკოლოგიურ ზონებში პერსპექტიული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების გავრცელების სცენარები კლიმატის გლობალური დათბობის გათვალისწინებით. თსუ, საქართველოს გეოგრაფია, #8-9, 2011, ISSN 1512-1267, გვ. 76-81

42. მელაძე მ. მელაძე გ. შიდა ქართლის მთიანი და მაღალმთიანი აგროკლიმატური ზონების ცვლილება გლობალური დათბობს პირობებში.

საერთაშორისო კონფერენციის მასალები, თსუ, გეოფიზიკის ინსტიტუტი, 2020, ISSN 1512-1976, გვ. 80-83

43. მელაძე მ. მელაძე გ. სასოფლო-სამეურნეო მცენარეთა ბიომრავალფეროვნების აგროკლიმატური ზონების ცვლილება ქართლში. საერთაშორისო კონფერენციის ,,სასოფლო-სამეურნეო მცენარეთა და ცხოველთა ბიომრავალფეროვნება, კონსერვაცია და გამოყენების პერსპექტივები'' შრომათა კრებული, სოფლის მეურნეობის მეცნ. აკადემია, 2023, ISBN 978-9941-8-5843-7, გვ. 104-109

44. მელაძე გ., მელაძე მ. სასოფლო-სამეურნეო კულტურების მოსავლის აგრომეტეოროლოგიური პროგნოზები შიდა ქართლის რეგიონისათვის. აგრარული უნივერსიტეტის სამეცნიერო შრომათა კრებული ტ. 3 #3(52), 2010, ISSN 1987-6599, გვ. 15-17

45. მელაძე გ., მელაძე მ. გლობალური დათბობის პირობებში აგროკულტურების გავრცელების ზონების და ორი მოსავლის მიღების სცენარები (2020-2050 წწ.) დედოფლისწყაროს მაგალითზე), (საერთაშორისო კონფერენციის მასალები). ტექნიკური უნივერსიტეტის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტი, ტ. #117, 2011, ISSN 1512-0902, გვ. 70-81

46. მელაძე მ. ორგანული მიწათმოქმედების განვითარების მსოფლიო პრაქტიკა და მისი თანამედროვე მდგომარეობა საქართველოში. საქართველოს მეცნიერებათა აკადემიის ჰიდრომეტეოროლოგიის ინსტიტუტის შრომები, ტ. 111, ISSN 1512-0902, 2007, გვ. 86-91

47. მელაძე მ. აგროეკოლოგიის ძირითადი საფუძვლები. გამომც. ,,უნივერსალი", თბილისი, ISBN 978-9941-22-485-02015, 240 გვ.

48. მელაძე მ. მაღალმთიან აგროეკოლოგიურ პირობებში პერსპექტიული სასოფლო-სამეურნეო კულტურების ექსპერიმენტის შედეგები ორგანული სასუქის ფონზე. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, ტ. XXVIII, 2004, ISSN 1987-6599, გვ. 76-79

49. მელაძე მ. მაღალმთიან ზონაში ორგანული მიწათმოქმედების ტექნოლოგიის აგრომეტეოროლოგიური დასაბუთება. საქართველოს გეოგრაფია, N 3, გამომცემლობა თსუ, 2004, ISSN 1512-1267, გვ. 16-18

50. მელაძე მ. სამხრეთ საქართველოს მაღალმთიან აგროეკოლოგიურ პირობებში პერსპექტიული კულტურების წარმოების ტექნოლოგია. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, ტ. XXX, 2005, ISSN 1987-6599, გვ. 52-53

51. მელაძე მ. ბოსტნეული კულტურების წარმოების აგროეკოლოგიური თავისებურებანი სამხრეთ საქართველოს მაღალმთიან ზონაში. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, ტ. XXX , 2005, ISSN 1987-6599, გვ. 50-51

52. მელაძე მ., მელაძე გ. ეკოლოგიური მიწათმოქმედების აგროკლიმატური პირობები სამცხე-ჯავახეთის მაღალმთიან ზონაში. საქართველოს სოფლის მეურნეობის მეცნ. აკადემიის საერთაშორისო კონფერენციის მასალები. 2016, ISBN 978-9941-0-9099-8, გვ. 242-246

53. მელაძე მ. სამცხე-ჯავახეთის მაღალმთიან ზონაში ზოგიერთი სასოფლო-სამეურნეო კულტურის მოსავლის დამოკიდებულება აგრომეტეოროლოგიურ ფაქტორებსა და ორგანულ სასუქზე. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, ტ.XXXV, 2006, ISSN 1987-6599, გვ. 44-46

54. მელაძე მ. ბიოენერგოაქტივატორის გავლენა ზოგიერთ ს/ს კულტურაზე სამცხე-ჯავახეთის მაღალმთიან აგროკლიმატურ პირობებში. აგრარული მეცნიერების პრობლემები, ტ.XXXVIII, 2007, ISSN 1987-6599, გვ. 61-64

55. Meladze M., Meladze G. Estimation of Agroclimatic Potential of Mtsheta-Mtianeti Region. Transactions of the Institute of Hydrometeorology, Georgian Technical University vol.119, 2013, ISSN 1512-0902, pp. 87-90

56. Meladze M., L.Mamasakhlisashvili, L.Ujmajuridze, D.Migliaro, C.Domanda, L.Rustioni. Neglected cultivars for the Mtskheta-Mtianeti region (East Georgia): ampelography, phenology, and agro-climatology. Journal of Grapevine Research - Vitis, vol. 62#2, 2023, ISSN 2367-4156, former print ISSN 0042-7500, https://doi.org/10.5073/vitis.2023.62.75-84 pp.75-84

57. Meladze G., Meladze M. Agroclimatic zones of Kvemo Kartli region (Georgia). Bulletin of The Georgian Academy of Sciences, 174, №3, 2006, ISSN 0132-1447, pp. 461-464

58. Meladze G., Meladze M. Agroclimatic zoning of Western region of Georgia. Annals of Agrarian Sciences Science, vol.15, №1, 2019, ISSN 1512-1887, pp. 422-432

59. Meladze M., Meladze G., Trapaidze V., Meladze G. Evaluation of the Agro-Ecological Potential of Racha-Lechkhumi - Kvemo Svaneti region (Georgia) and zoning of crops. 18th International multidisciplinary scientific geoconference SGEM, Ecology and Environment Protection, vol.18, Issue:5.1, Albena, Bulgaria, 2018, pp. 361-367

60. Meladze G., Meladze M. Influence of Global Warming on Agroclimatic Indices of agriculture and Intensity of Droughts in Kakheti Region, East Georgia. Bulletin of The Georgian National Academy of Sciences, vol.10, №1, 2016, ISSN 0132-1447, pp.197-104

61. Meladze G., Meladze M. Climate Change: a trend of increasingly frequent droughts in Kakheti Region (East Georgia). Jurnal of Annals of Agrarian Science, vol.15, №1, 2017, Copyright© Elsevier B.V., ISSN:1512-1887, pp. 96-102

62. Meladze M., Meladze G., Elizbarashvili N., Meladze G. Global Warming: changes of Agroclimatic Zones in Humid Subtropical, Mountainous and High Mountainous Regions of Georgia. International Journal of Current Research, 8(7), www.journalcra.com ISSN:0975-833X, India, 2016, pp. 35403-35409

63. Meladze M., Meladze G. Impact of climate change on agro-climatic characteristics and zones of Mtskheta-Mtianeti region. Proceedings of International Scientific Conference „Natural Disasters in the 21st Century: Monitoring, Prevention, Mitigation''. TSU, GTU, 2021, SBN 978-9941-491-52-8, pp. 38-41

64. Meladze G., Meladze M., Tutarashvili M. Influence of Climate Global Warming on Productivity of Subtropical Technical Crops and Agriclimatic Zone Changes. Annals of Agrarian Science, Vol.6, №1, 2008, ISSN 1512-1887, pp. 50-55

65. Meladze G., Meladze M. Distribution of Winter Wheat with Account of Global Warming. Transactions of the Institute of Hydrometeorology at the Georgian Technical University, vol.119, 2013, ISSN 1512-0902, pp. 97-100

66. Meladze G., Meladze M. Agroclimatic zone scenarios of the distribution of crops with account of global warming. Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, vol.3, №1, 2009, ISSN 0132-1447, pp. 151-155

67. Meladze G., Begalishvili N., Meladze M. On assessment of impact of climatic changes on productivity and transformation of agro-climatic zones of dissemination of agricultural crops. 10th Baku International Congress `Energy, Ecology, Economy", Buku, Azerbaijan, 2009, pp. 201-207

68. Meladze M., Meladze G., Trapaidze V. Evaluation of the Agroclimatic Potential of the High Mountainous Areas in South Georgia to Develop Ecological Agriculture. Albena, Bulgaria, 2016, ISBN 978-619-7105-66-7, pp. 349-355

69. Meladze G., Meladze M. distribution of different varieties of vine with account of global warming on the territory of Georgia. Bulletin of the Georgian National Academy of Sciences, vol.7, №1, 2013, ISSN 0132-1447, pp. 105-108

70. Meladze G., Meladze M. Impact of global warming on the vegetation durable and distribution area of crops in the humid subtropical and mountainou regions of Georgia. American Journal of Environmental Protection, vol.4. No.3-1, 2015, ISSN 2328-5680, pp. 162-167

71. Meladze G., Meladze M. Agroclimatic changes in the mountainous regions of Georgia. Proceedings of international scientific conference "Geophysical Processes in the Earth and its Envelopes", TSU, 2023, ISBN 978-9941-36-147-0, pp. 246-249

72. Meladze G., Meladze M. Transfformation of agroclimatic zones of Samegrelo-Zemo Svaneti in Conditions of global warming. Scientific conference: Actual problems of Geography, 2019, ISBN 978-9941-13-885-0, pp. 96-102

73. Meladze G., Tatishvili M., Meladze M. Changes of agroclimatic resources of mountainous and high mountainous regions of Georgia in terms of global warming. Proceedings book of the international conference on research in applied sciences-II, Konya-Turkiye, 2023, ISBN 978-625-367-017-7, pp. 56-164

74. Meladze G., Meladze M. Production of Ecological Pure Vegetable Cultures under Conditions of Organic Agriculture in Alpine Zone of Georgia. Bulletin of The Georgian Academy of Sciences, 172, № 1, 2005, ISSN 0132-1447, pp. 154-155

75. Meladze G., Meladze M. Propagation of Deserving Plants in Mountain Agroecological Conditions of Georgia Considering the Soil Productivity. Bulletin of The Georgian Academy of Sciences, 172, № 3, 2005, ISSN 0132-1447, pp. 512-514

76. Meladze G., Meladze M. Perspectives of ecologically pure yield of some agricultural products in Samtskhe-Javakheti's region of Georgia. Bulletin of The Georgian Academy of Sciences, 173, № 2, 2006, ISSN 0132-1447, pp. 319-321

4 თავის ლიტერატურა

1. *https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en*
2. https://www.sustainability.ge/business-sustainability/
3. *https://www.mfe.govt.nz/climate-change/why-climate-change-matters/global-response/paris-agreement*
4. *https://sustainabledevelopment.un.org/rio20*
5. *https://www.un.org/en/conferences/environment/johannesburg*
6. *https://www.unglobalcompact.org/*
7. *https://www.cbd.int/abs/about/*
8. *https://www.ohchr.org/EN/ProfessionalInterest/Pages/Millennium.aspx*
9. https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf?fbclid=IwAR3VtkJ57kTjZpj8N0SLkTifdxahXzPdGxLSVCOu0S4UNECYjDN_YBOdTOE
10. *https://www.clubofrome.org/publication/the-limits-to-growth/*

CARE, 2022: “Glaciares+”. Available from: https://www.care.org/our-work/food-and-nutrition/water/glaciares/. [Accessed 19 August 2022] Ehrlich, D., M. Melchiorri and C. Capitani, 2021.
Population Trends and Urbanisation in Mountain Ranges of the World. Land 10, no. 3: 255. https://doi.org/10.3390/land10030255 FAO, 2019: Mountain Agriculture: Opportunities for Harnessing Zero Hunger in Asia [Li, X., M. El Solh and K. H. M. Siddique (eds.)]. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand. 278 pp.
https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca5561en/ Hock, R., G. Rasul, C. Adler, B. Cáceres, S. Gruber, Y. Hirabayashi, M. Jackson, A. Kääb, S. Kang, S. Kutuzov, Al. Milner, U. Molau, S. Morin, B. Orlove, and H. Steltzer, 2019.
High Mountain Areas. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2022/03/04_SROCC_Ch02_FINAL.pdf
IPBES, 2022:
“Policy Instrument: Payment for Ecosystem Services”, Available from: https://ipbes.net/policy-support/ tools-instruments/payment-ecosystem-services. [Accessed 23 August 2022] IPCC, 2021.
Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Regional Fact Sheet - Mountains. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/factsheets/IPCC_AR6_WGI_Regional_Fact_Sheet_Mountains.pdf IPCC, 2022a.
Cross-Chapter Paper 5: Mountains. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental
www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/downloads/report/IPCC_AR6_WGII_CCP5.pdf IPCC, 2022b.
Cross-Chapter Paper 5: Mountains Supplementary Material. In: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. https://www.researchgate.net/publication/362499428_IPCC_AR6_WGII_CCP5_SMpdf
McDowell, G., et al., 2020. From needs to actions: prospects for planned adaptations in high mountain communities. Climatic. Change, 16, 953–972. https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-020-02920-1 MeteoSwiss, 2022: “Climandes”, Available from: https://www.meteoswiss.admin.ch/home/research-and-cooperation/international-cooperation/international-projects/climandes.html. [Accessed 22 August 2022] OECD, 2021.
Strengthening climate resilience in mountainous areas. OECD Development Co-operation Working Papers, No. 104, OECD Publishing, Paris. https://doi.org/10.1787/1af319f0-en Rasul, G. et al. (2019),

“Adaptation to mountain cryosphere change: Issues and challenges”, Climate and Development, Vol. 12/4, http://dx.doi.org/10.1080/17565529.2019.1617099. SDC, 2022.

"Building Regional Adaptive capacity and resilience to climate variability and change in Vulnerable sectors in the Andes (BRAVA)". Available from: https://www.eda.admin.ch/deza/en/home/projekte/projekte.filterResults.html/ content/dezaprojects/SDC/en/2021/7F10781/phase1?oldPagePath=/content/deza/en/home/ projekte/projekte.html. [Accessed 22 August 2022]
Trivedi, A., 2014. "Disaster-hit Uttarakhand slips out of top ten tourist destinations", Hindustan Times, 29 July. Available from: http://www.hindustantimes.com/india/disaster-hit-uttarakhand-slips-out-of-top-ten-tourist-destinations/story-8N pCXFbLSgfnccrAFXJEpN.html. UN General Assembly, 2021.
International Year of Sustainable Mountain Development 2022. A/RES/76/129.
https://digitallibrary.un.org/record/3952482?ln=en UN Secretary-General, FAO, International Partnership for Sustainable Development in Mountain Regions Secretariat, 2019.
Sustainable mountain development: report of the Secretary-General. A/74/209. https://digitallibrary.un.org/record/3825219?ln=en. Viviroli, D. et al., 2020.
Anderson, D. 2020.Environmental Economics and Natural resouruce Management.
Badencov yu.P., 2017. Life in the Mountains. GEOS. Mockow, 477p.
Messerli B.J, Ives D, 1997. Mountains in the World, London, 450p.
ელიზბარაშვილი ნ., სანდოძე გ. 2023. გარემოზე ზემოქმედების შეფასება, უნივერსიტეტის გამომცემლობა.
ტატიშვილი მ., და სხვები. 2018. სეტყვისა და ელჭექური პროცესების დინამიკა და სტატისტიკური განაწილება საქართველოში კლიმატის გლობალური ცვლილების ფონზე. გამომც. მწიგნობარი, თბ.,
ხოზრევანიძე ნ., 2021. მთიანი რეგიონების მდგრადი განვითარება და ეკოსისტემების ინტეგრირებული მართვა. თბ,. გამომც. უნივერსალი.

ხოზრევანიძე ნ. 2003. მთები, მოსახლეობა და ტყეები, მათი წარსული და აწმყო, ჟურ.კვალი, N1, თბ.

5 თავის ლიტერატურა

1. Green Development 2030

2. GREEN DEVELOPMENT POLICY

კომპიუტერული გრაფიკა, დიზაინი, დაკაბადონება- ანა ფალავანდიშვილი

გამომცემლობა
სამშობლო

შპს „გამომცემლობა სამშობლო“
თბილისი, გრ. რობაქიძის გამზ. 7/4