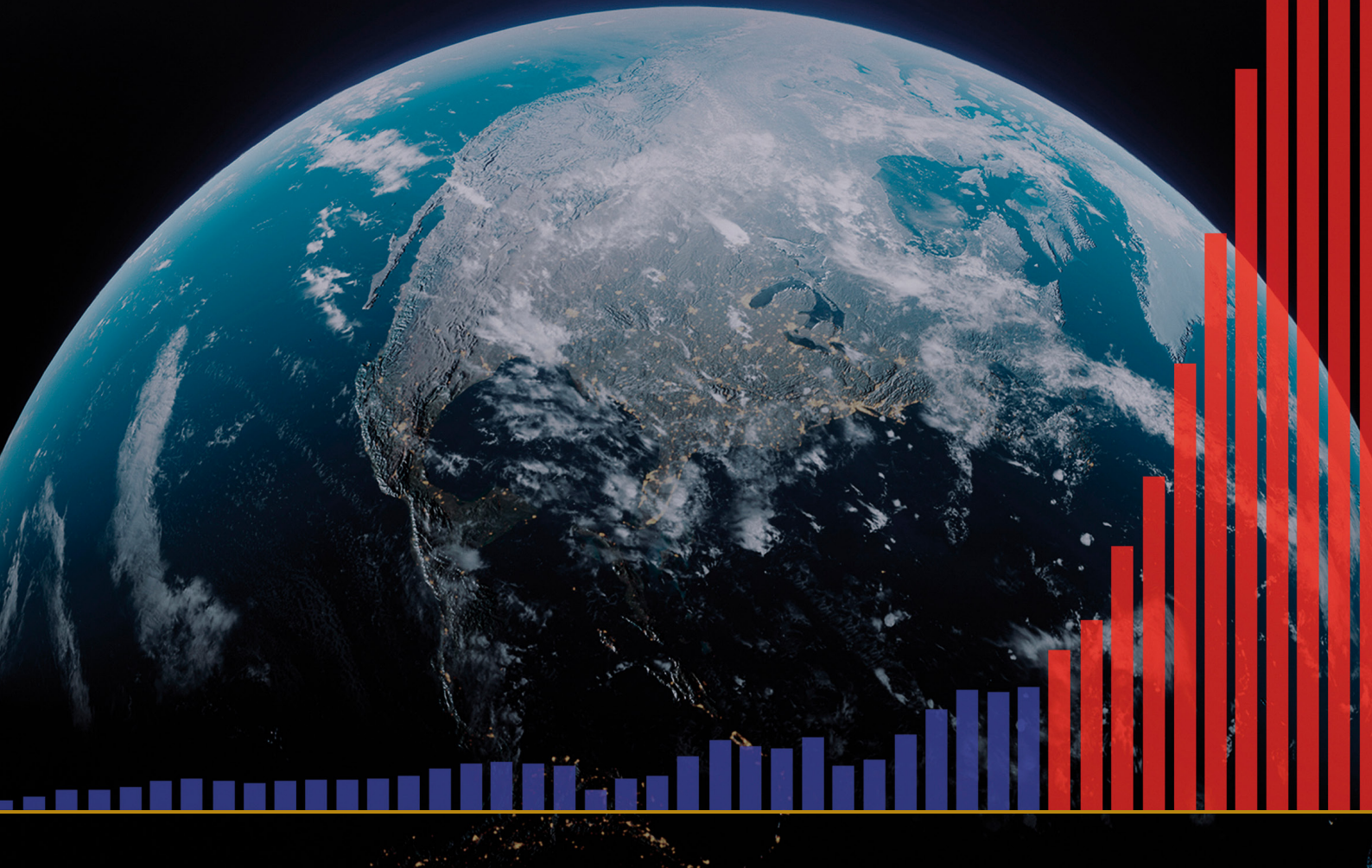


დედამიწაზე კლიმატური

კატასტროფების პროგრესირებისა
და მათი კატასტროფული
შედეგების შესახებ



დედამიწაზე კლიმატური

კატასტროფების პროგრესირებისა
და მათი კატასტროფული
შედეგების შესახებ

მონსენება

სარჩევი

ნაწილი 1. სტიქიური უბედურებების ექსპონენტური ზრდა	4
სეისმური აქტივობის ზრდა	5
ღრმა ფოკუსის მიწისძვრების ზრდა	10
ვულკანების გააქტიურება	12
ქარიშხლების, შტორმისა და ტორნადოების გაძლიერება	20
წყალდიდობების და გვალვების რაოდენობის ზრდა	25
ტყის ხანძრების რაოდენობის ზრდა	27
მსოფლიო ოკეანის გათბობა	30
ანომალური მყინვარების დნობა ანტარქტიდასა და გრენლანდიაში	35
ატმოსფეროს ქვედა ფენების დათბობა	42
ცვლილებები ატმოსფეროს ზედა ფენებში	44
ნაწილი 2. გლობალური კატასტროფის მიზეზები	46
პლანეტარული მასშტაბის ცვლილებები 1995 წელს	48
დედამიწის ბირთვის გადაადგილება 1998 წელს	52
ურთიერთკავშირი გეოდინამიკურ და კლიმატურ პროცესებს შორის	55
ცვლილებები მზის სისტემის სხვა პლანეტებზე	57
ასტრონომიული პროცესები და მათი ციკლორობა	68
ციმბირის არანორმალური გათბობა	71
პლანეტა დედამიწის მიმდინარე ციკლი	73
ტექტონოფიზიკური და მათემატიკური მოდელირება 2036 წელს დაბრუნების სავარაუდო წერტილის	77
ნაწილი 3. გამოსავალი შესაძლებელია	80
ოკეანის აღდგენა	81
დასკვნები	84
დანართი 1	85
წყაროები	87

ნაწილი 1

სტიქიური უბედურებების ექსპონენციური ზრდა

უახლესი სამეცნიერო კვლევების თანახმად, არსებობს იმის ალბათობა, რომ 2036 წლისთვის დედამიწის ბიოსფეროს სიცოცხლის უნარიანობას საფრთხე დაემუქრება. ეს ვარაუდი ეფუძნება მკაცრ მათემატიკურ მოდელებს და ფაქტობრივ მონაცემებს, რომლებიც მიუთითებენ პლანეტის შესაძლო კრიტიკულ მდგომარეობაზე. ანთროპოგენური ფაქტორი - ადამიანის საქმიანობა, რომელიც იწვევს ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციის ზრდას - მნიშვნელოვან როლს ასრულებს კლიმატის ცვლილებაში. გარდა ანთროპოგენური ზემოქმედებისა, არსებობს სხვა, ხშირად დაუფასებელი ფაქტორები რომლებიც მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ კლიმატის ცვლილებაზე. მათ შორისაა ბუნებრივი ციკლები გეოდინამიკაში, ისევე როგორც ასტრონომიული პროცესები, მათ შორის მზის აქტივობა და დედამიწის ორბიტალური ცვლილებები. ეს ფაქტორები მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ გრძელვადიან კლიმატის ციკლებში და შეუძლიათ გააძლიერონ ან შეამსუბუქონ ანთროპოგენური გავლენა დედამიწის კლიმატის სისტემაზე.

ბოლო წლების განმავლობაში, პლანეტაზე კლიმატური კატასტროფების რიცხვი სწრაფად გაიზარდა. მათი იმპულსი ხასიათდება ექსპონენციალური ზრდით. კატაკლიზმები ხდება მოულოდნელად და ისეთ ადგილებში, სადაც აქამდე არასდროს მომხდარა, ამავდროულად იწვევს მასიური ზიანის და ადამიანის სიცოცხლის დაკარგვას. მიუხედავად იმისა, რომ კლიმატური და გეოფიზიკური კატასტროფები უფრო

დიდი მასშტაბით მოხდა ბოლო ათი წლის განმავლობაში, ისინი იზოლირებული მოვლენები იყო. ამჟამად, სტიქიური უბედურებები ავლენს სტაბილურად აღმავალ ტენდენციას, სინქრონულ ხასიათს და გაფართოებულ გეოგრაფიულ გავლენას.

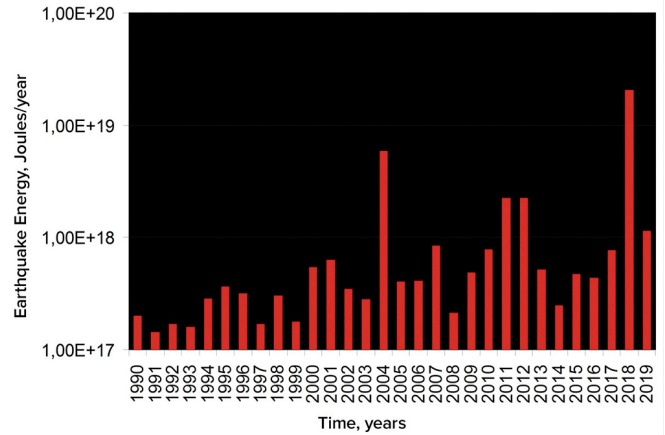
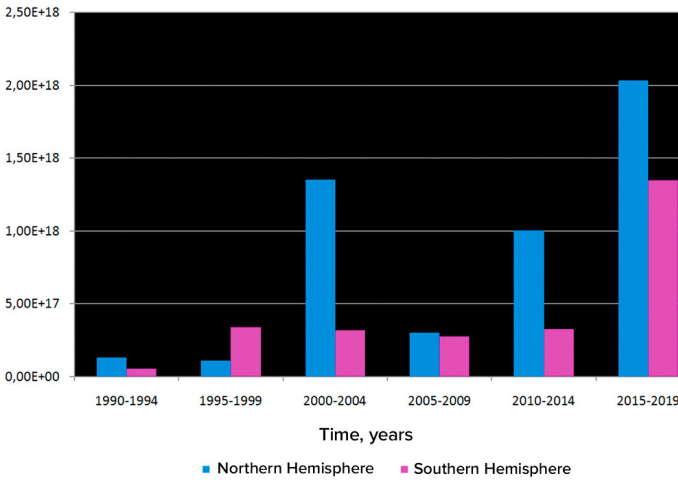
ეს ანგარიში წარმოადგენს ანალიზს ბოლო 30 წლის განმავლობაში დედამიწაზე მზარდი კლიმატური და გეოდინამიკური ცვლილებების პროგრესირების შესახებ, აგრეთვე მათ ურთიერთობას დამატებით ანთროპოგენურ ფაქტორებთან, რომლებიც მნიშვნელოვნად ამძაფრებს კლიმატის მდგომარეობას პლანეტაზე. მოხსენებაში ასევე წარმოდგენილია კატაკლიზმების ექსპონენციალური ზრდის პროგნოზი, რაც მიუთითებს ამერიკის შეერთებული შტატებისა და რუსეთის ფედერაციის, ისევე როგორც მთელი მსოფლიოს მაღალ დაუცველობაზე ექსტრემალური სტიქიური უბედურებების მზარდი რაოდენობისა და სიძლიერის მიმართ. ყველა წარმოდგენილი ანალიზი ეფუძნება საჯაროდ ხელმისაწვდომ სამეცნიერო მონაცემებს.

ახალი ანთროპოგენური ფაქტორების დეტალურად განხილვამდე აუცილებელია გეოდინამიკური ცვლილებების საფუძვლიანი ანალიზი, რომელიც გავლენას ახდენს ჩვენი პლანეტის ლითოსფეროზე, ჰიდროსფეროზე, ატმოსფეროსა და მაგნიტოსფეროზე. ასეთი მიდგომა არა მხოლოდ ასახავს მიმდინარე კლიმატური ცვლილებების საერთო სურათს, არამედ ზუსტად განსაზღვრავს თუ როგორ მოქმედებს ადამიანის საქმიანობა ამ რთულ და ურთიერთდაკავშირებულ პროცესებზე.

სეისმური აქტივობის ზრდა

დედამიწა განიცდის სეისმური აქტივობის არანორმალურ ზრდას: მიწისძვრების სიდიდე, სიხშირე და ენერგიის გამოყოფა იზრდება. ეს ტენდენცია შესამჩნევია როგორც კონტინენტებზე, ასევე ოკეანის ფსკერზე.

საერთაშორისო სეისმოლოგიური ცენტრის (ISC) მონაცემების მიხედვით, 1990 წლიდან დედამიწაზე მიწისძვრის ენერგიის თანმიმდევრული ზრდა შეინიშნება (სურათი 1).

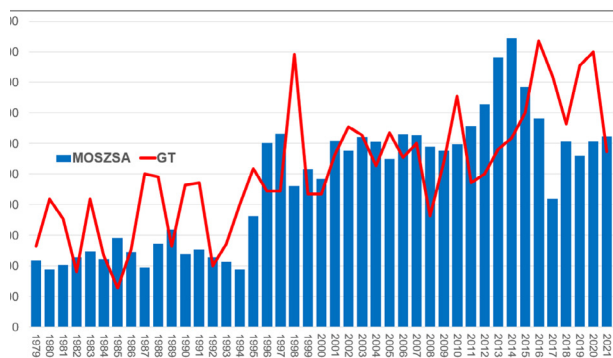


სურათი 1

გრაფიკები ასახავს მიწისძვრის ენერგიას 1990 წლიდან 2019 წლამდე, ISC მონაცემების საფუძველზე. გრაფიკების ავტორია დოქტორი ა.იუ. რეტეიუმი, ლომონოსოვის სახელობის მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოგრაფიის ფაკულტეტის პროფესორი, 2020 წ. გრაფიკების წყარო <https://regnum.ru/article/3101660>, <https://regnum.ru/article/2913426>

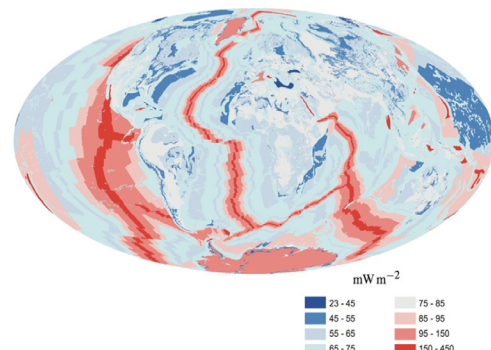
არტურ ვიტერიტომ, მერილენდის უნივერსიტეტის პროფესორმა, დააფიქსირა მიწისძვრების რაოდენობის ზრდა ოკეანის ფსკერზე შუა ოკეანის გავრცელების ზონების გასწვრივ 1995¹ წლიდან (სურათი 2). უფრო მეტიც, კორელაციის კოეფიციენტით 0,7, ეს გრაფიკი შეესაბამება გლობალური ტემპერატურის მატებას

ორი წლით ჩამორჩენილი ტემპერატურის დროს. სეისმური და ვულკანური აქტივობა შუა ოკეანის გავრცელების ზონებში იწვევს ჰიდროთერმული სავენტილაციო გამონაბოლქვის და წყლის გათბობის მაჩვენებლების ზრდას, რაც, თავის მხრივ, იწვევს სათბურის გაზების გამოყოფას და ატმოსფეროს დათბობას.



სურათი 2

ოკეანის ფსკერზე 4-6 მაგნიტუდის მიწისძვრების რაოდენობის და გლობალური ატმოსფერული ტემპერატურის ერთდროული ზრდა. Viterito, A. (2022) 1995: მნიშვნელოვანი გადახრის წერტილი უახლეს გეოფიზიკურ ისტორიაში. გარემოსდაცვითი მეცნიერებებისა და ბუნებრივი რესურსების საერთაშორისო ჟურნალი, 29 (5). <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2022.29.556271> რუკაზე ნაჩვენებია შუა ოკეანის ქედების გეოთერმული გათბობა, Davies & Davies, 2010 წ.

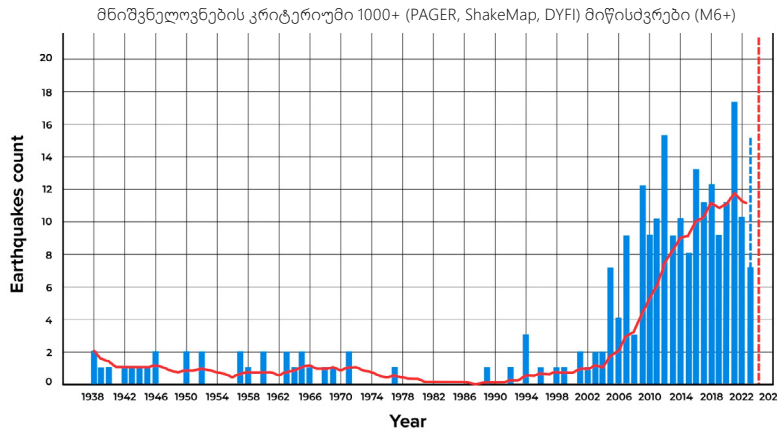


¹Viterito, A. (2022). 1995: An important inflection point in recent geophysical history. International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources, 29(5). <https://doi.org/10.19080/>

თანამედროვე პერიოდში, ისტორიული მონაცემებისგან განსხვავებით, შეინიშნება მნიშვნელოვანი მიწისძვრების სიხშირის უპრეცედენტო ექსპონენციალური ზრდა. აშშ-ს გეოლოგიური კვლევის (USGS) მონაცემების ანალიზი მიუთითებს, რომ 2000-იან

წლამდე წელიწადში მხოლოდ ერთი ან ორი დესტრუქციული მიწისძვრა ხდებოდა 6 და მეტი მაგნიტუდის სიდიდით, დღეს კი მათი რიცხვი რვაჯერ გაიზარდა (სურათი 3).

გლობალურად მნიშვნელოვანი მიწისძვრების რაოდენობის ზრდა M6.0 და მეტი მაგნიტუდით



სურათი 3

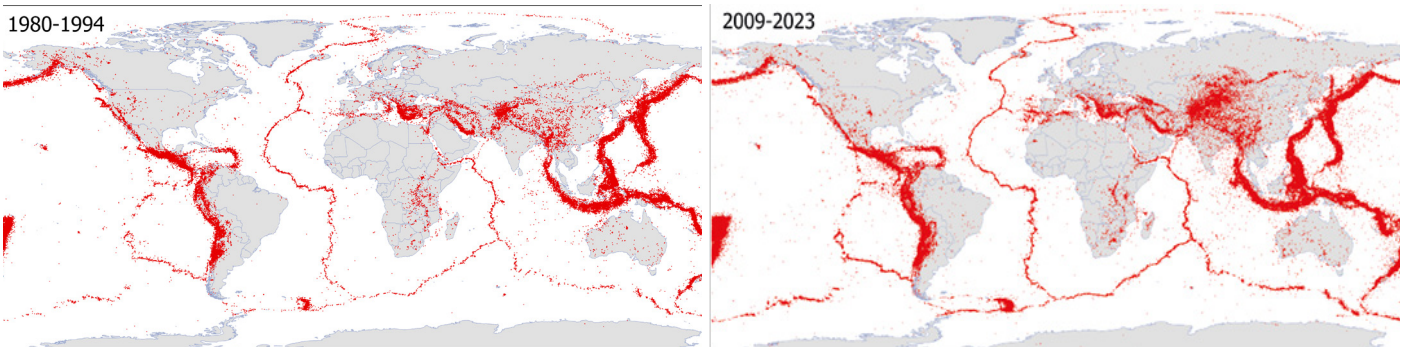
M6 და ზემოთ მნიშვნელოვანი მიწისძვრების რაოდენობა მსოფლიოში. მიწისძვრების შერჩევა განხორციელდა მნიშვნელობის კრიტერიუმით 1000+, მაგნიტუდის, ინტენსივობის, ალქმის და დაზიანების გათვალისწინებით მნიშვნელოვანი შედეგების მქონე მოვლენების იდენტიფიცირებისთვის, მცირე და უმნიშვნელო შემთხვევების გამორიცხვით. მონაცემთა წყარო: აშშ-ს გეოლოგიური სამსახური (USGS)

მიწისძვრების რიცხვი იზრდება იმ რეგიონებში, რომლებიც ადრე არ იყო ცნობილი მაღალი სეისმური აქტივობით. მე-4 სურათზე წარმოდგენილი რუკები ნათლად ასახავს სეისმური მოვლენების გეოგრაფიული დაფარვის

გაფართოებას - ისინი ახლა სცილდებიან ლითოსფერული ფირფიტების საზღვრებს და ჩნდებიან სტაბილურ პლატფორმებში.

M4+ მიწისძვრები მსოფლიოში 1980-1994 წლებში

M4+ მიწისძვრები მსოფლიოში 2009-2023 წლებში



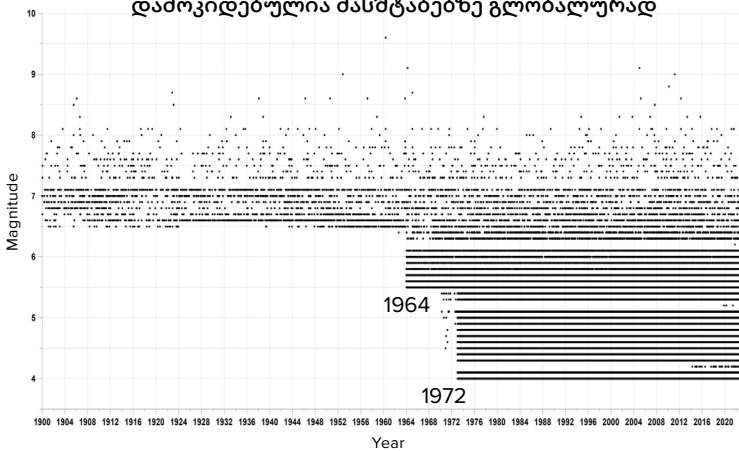
სურათი 4

რუკაზე ნაჩვენებია ყველა მიწისძვრა 4.0 და მეტი მაგნიტუდის მქონე ორი იდენტური პერიოდის განმავლობაში: 1980–1994 და 2009–2023 წლებში. რუკები შეიქმნა ყველა უნიკალური მიწისძვრის გათვალისწინებით, რომლებიც ჩაწერილია სეისმურ მონაცემთა ბაზებში, როგორცაა IRIS, ISC, USGS, EMCS და VolcanoDiscovery.

ზოგიერთი თვლის, რომ მიწისძვრების რაოდენობის ზრდა გამოწვეულია სეისმური სენსორების ქსელის გაფართოებით და არა მოვლენების რაოდენობის რეალური ზრდით. დროთა განმავლობაში სეისმური სენსორების რაოდენობა და მგრძობელობა მართლაც გაიზარდა. თუმცა, ამან მხოლოდ გამოიწვია მცირე მაგნიტუდის მიწისძვრების უფრო დეტალური ჩაწერა, რომლებიც ადრე შეუმჩნეველი იყო. ფაქტობრივად, 1970-იანი წლებიდან არსებობდა

საკმარისი სეისმური სენსორები 4.0 ან მეტი მაგნიტუდის მქონე ყველა მიწისძვრის ჩასაწერად (იხ. სურათი 5). ამრიგად, 1995 წლიდან მიწისძვრების ზრდის ტენდენცია არ არის განპირობებული ტექნოლოგიური მიღწევებით, არამედ ასახავს რეალურ ცვლილებებს. ბოლო 25 წლის განმავლობაში სეისმური აქტივობა მართლაც მკვეთრად გაიზარდა და აგრძელებს ზრდას

სეისმური მოვლენის სიმკვრივის დიაგრამა დამოკიდებულია მასშტაბებზე გლობალურად



სურათი 5

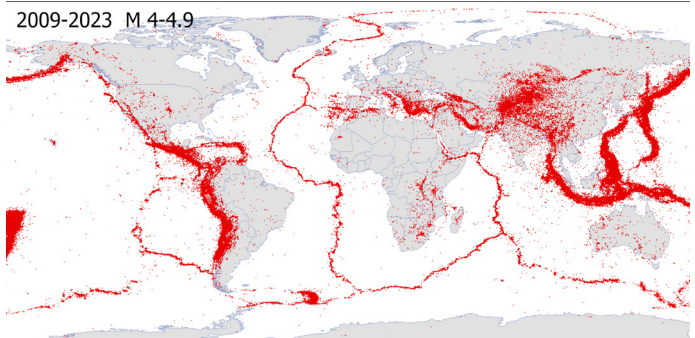
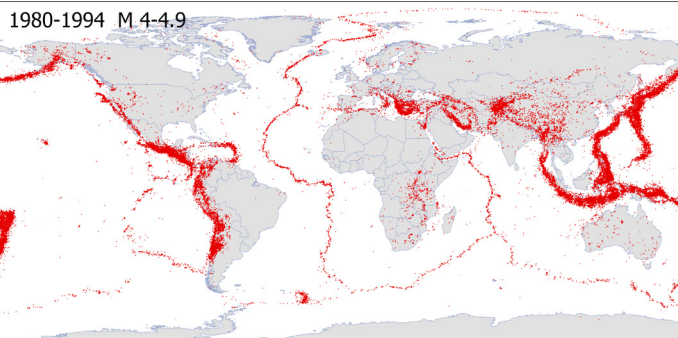
გრაფიკზე შავი წერტილები წარმოადგენენ სხვადასხვა სიდიდის მიწისძვრებს სხვადასხვა წლებში. 1964 წლამდე აღირიცხებოდა მხოლოდ მიწისძვრები 6,5 და მეტი მაგნიტუდის სიმძლავრით. 1964 წლიდან (უფრო მგრძობიარე დეტექტორების დაყენებით) დაფიქსირდა 5,5 და მეტი მაგნიტუდის მიწისძვრები. 1972 წლიდან დაფიქსირდა მიწისძვრები 4.0 და მეტი მაგნიტუდის სიდიდის მიუხედავად მათი მდებარეობისა.

მე-6 სურათზე მოცემული რუკა ასახავს მიწისძვრების სივრცით განაწილებას 4,0–4,9 მაგნიტუდის სიმძლავრით, რომლებიც მოხდა დედამიწის სხვადასხვა რეგიონში. ეს რუქები ითვალისწინებს ყველა უნიკალურ მიწისძვრას, რომლებიც დაფიქსირებულია IRIS, ISC, USGS, EMCS და VolcanoDiscovery-ის სეისმურ მონაცემთა ბაზაში. რუკა გვიჩვენებს, რომ სეისმური

მოვლენები 4,0–4,9 მაგნიტუდის სიმძლავრით უკვე დაფიქსირდა მთელ მსოფლიოში 1995 წლამდე, რაც მიუთითებს სეისმური სენსორების არსებობაზე ამ ადგილებში. 1995 წლიდან შეიმჩნევა მაღალი სეისმური აქტივობის მქონე რეგიონების რაოდენობისა და ფართობის ზრდა, აგრეთვე ახალი რეგიონების წარმოქმნა დიდი რაოდენობის მიწისძვრებით.

M4.0–4.9 მიწისძვრები გლობალურად 1980-1994 წლებში

M4.0–4.9 მიწისძვრები გლობალურად 2009-2023 წლებში



სურათი 6

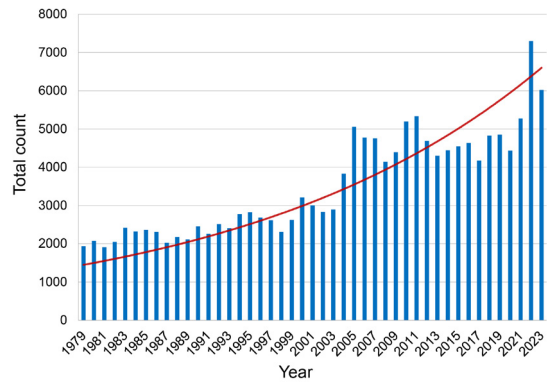
4.0-4.9 მაგნიტუდის მიწისძვრები მთელს მსოფლიოში 1980-1994 და 2009-2023 წლებში. ეს რუქები ითვალისწინებს ყველა უნიკალურ მიწისძვრას, რომლებიც დაფიქსირებულია IRIS, ISC, USGS, EMCS და VolcanoDiscovery-ის სეისმურ მონაცემთა ბაზაში.

5.0 ან მეტი მაგნიტუდის მიწისძვრების ზრდა ასევე აისახება სეისმური მოვლენების რაოდენობის ამსახველ გრაფიკზე საერთაშორისო სეისმოლოგიური ცენტრის მონაცემთა ბაზის მიხედვით (სურათი 7).

სურათი 7

ISC მონაცემთა ბაზის მიხედვით 5.0 და მეტი მაგნიტუდის მიწისძვრები. აშკარად ჩანს 1995 წელს მიწისძვრების რაოდენობის მნიშვნელოვანი ზრდა.

მიწისძვრები ISC M5+-დან 1979-2023 წწ

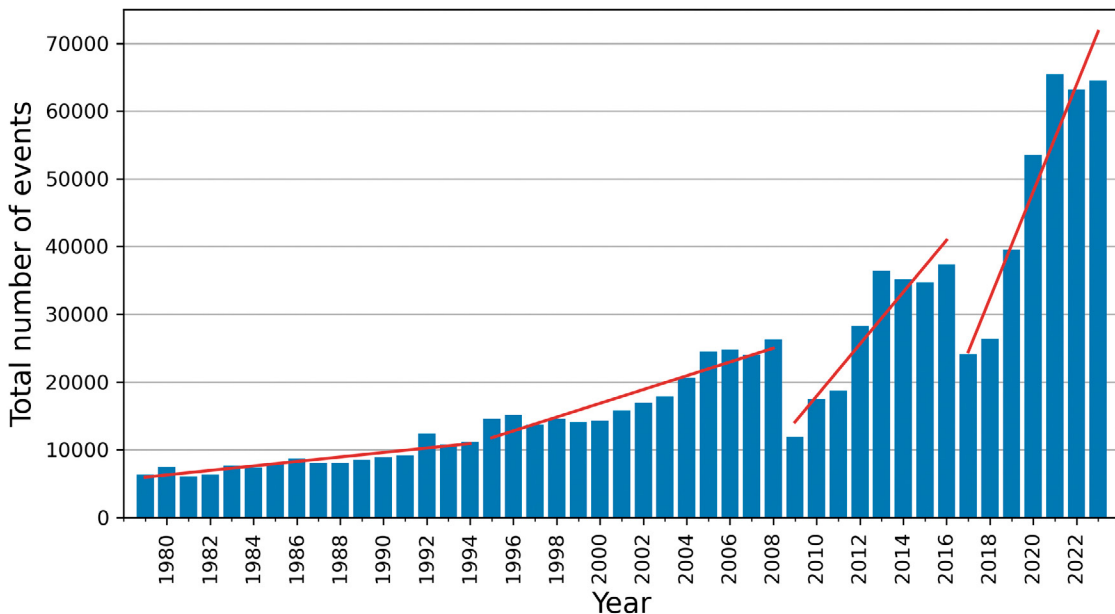


VolcanoDiscovery-ის მონაცემთა ბაზის მიხედვით (<https://www.volcanodiscovery.com>), 1980-იან წლებში ყოველწლიურად ხდებოდა დაახლოებით 10000 მიწისძვრა 3.0 ან მეტი მაგნიტუდის სიდიდით. თუმცა, 2021 წლიდან, ყოველწლიურად ამ მაგნიტუდის 60000-ზე მეტი მიწისძვრა ხდებოდა (იხ. სურათი 8). აღსანიშნავია, რომ ეს მონაცემთა ბაზა მოიცავს სეისმური მოვლენების მნიშვნელოვან ჯგუფს, რომელიც არ არის სხვა მონაცემთა ბაზებში.

მცირე მაგნიტუდის მიწისძვრების რაოდენობის

ზრდა ვარაუდობს, რომ გუტენბერგ-რიხტერის კანონის თანახმად, მომავალში მაღალი სიმძლავრის მიწისძვრების რიცხვი გაიზრდება. ეს კანონი გამოხატავს ლოგარითმულ კავშირს მიწისძვრების რაოდენობასა და მათ სიდიდეს შორის, ანუ თუ მცირე სიმძლავრის მიწისძვრების რაოდენობა იზრდება, მაშინ მოსალოდნელია დიდი სიმძლავრის მიწისძვრების რიცხვიც.

M3-M9 მიწისძვრები გლობალურად 1979-2023 წლებში



სურათი 8

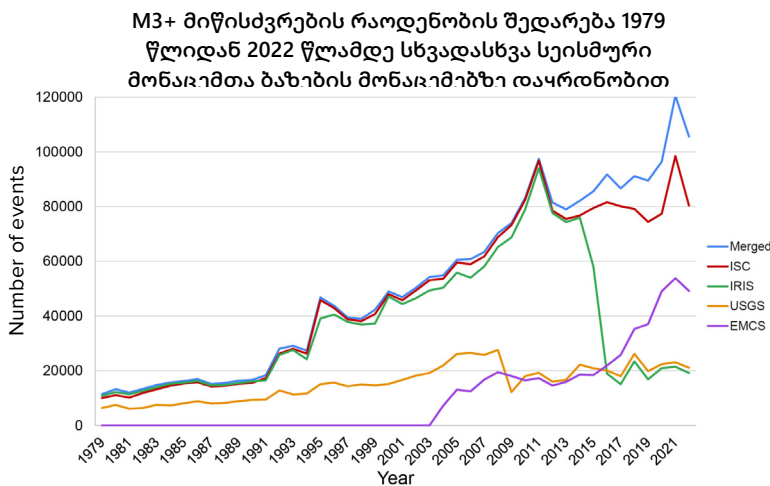
გრაფიკზე ნაჩვენებია 3.0 ან მეტი მაგნიტუდის მიწისძვრების რაოდენობის ზრდა მსოფლიოში, VolcanoDiscovery სეისმოლოგიური მონაცემთა ბაზის მონაცემებზე დაყრდნობით. გრაფიკი ასახავს ექსპონენციალურ ტენდენციას.

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ არცერთ გლობალურ სეისმურ მონაცემთა ბაზას არ შეუძლია უზრუნველყოს სეისმური აქტივობის სრული და ზუსტი წარმოდგენა მთელს მსოფლიოში მათი ოპერაციების ტექნიკურ, სამეცნიერო და პრაქტიკულ ასპექტებში მათი განსხვავებების გამო. დიაგრამა 9 წარმოგიდგენთ მინიმუმ 3.0 მაგნიტუდის მიწისძვრების რაოდენობის გრაფიკს, რომლებიც დაფიქსირებულია სხვადასხვა საერთაშორისო სეისმოლოგიური სამსახურის მიერ 1979 წლიდან.

ამ სეისმურ მონაცემთა ბაზებში წარმოდგენილი ყველა მოვლენის შედარებისას ცხადი ხდება, რომ 2014 წლიდან სეისმური მოვლენების ერთობლიობამ დაიწყო განსხვავება

არა მხოლოდ რაოდენობით (იხ. სურათი 9), არამედ უნიკალურობითაც (იხ. დიაგრამა 10). ეს ნიშნავს, რომ არის მოვლენები, რომლებიც წარმოდგენილია ერთ ან მეტ მონაცემთა ბაზაში, მაგრამ არ არსებობს სხვაში. მიუხედავად იმისა, რომ მიწისძვრის მონაცემთა ნაკრები უნდა ასახავდეს იგივე რეალობას.

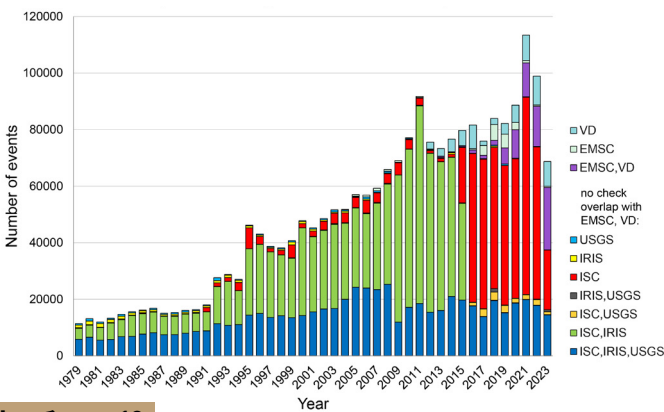
მსოფლიოში სეისმური აქტივობის უფრო ყოვლისმომცველი და ობიექტური სურათის მისაღებად აუცილებელია სხვადასხვა წყაროდან მიღებული მონაცემების შედარება და შეჯერება, მათი თავისებურებებისა და შეზღუდვების გათვალისწინებით.



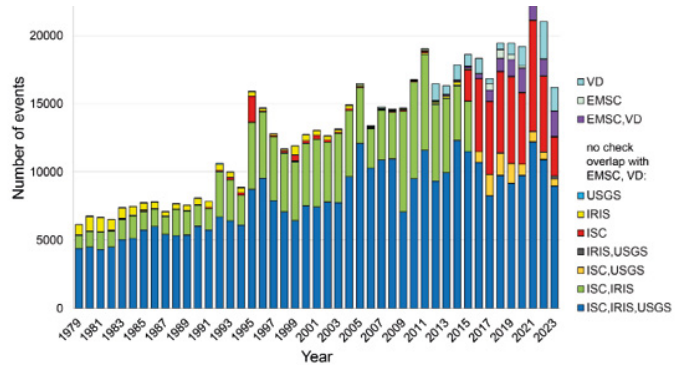
სურათი 9

გრაფიკი ასახავს მიწისძვრების რაოდენობას, რომელთა სიმძლავრე 3.0 მაგნიტუდაა, დაფიქსირებული სხვადასხვა საერთაშორისო სეისმოლოგიური სამსახურის მიერ კონკრეტულ პერიოდში. ლურჯი მრუდი წარმოადგენს თითოეული მონაცემთა ბაზიდან შეგროვებული ყველა უნიკალური მოვლენის შეჯამებას. შერჩევის მეთოდოლოგია დეტალურად არის აღწერილი დანართ 1-ში.

M3+ უნიკალური სეისმური მოვლენების რაოდენობა 1979-2023 წლებში მოხსენებული მხოლოდ მითითებული სააგენტოების მიერ



M4+ უნიკალური სეისმური მოვლენების რაოდენობა 1979-2023 წლებში მოხსენებული მხოლოდ მითითებული სააგენტოების მიერ



სურათი 10

გრაფიკები, რომლებიც ასახავს უნიკალური სეისმური მოვლენების რაოდენობას 3.0 და ზემოთ (მარცხნივ) და 4.0 და ზემოთ (მარჯვნივ) მაგნიტუდაში, ერთდროულად წარმოდგენილია მხოლოდ მითითებულ სეისმურ სამსახურებში 1979 წლიდან 2023 წლამდე.

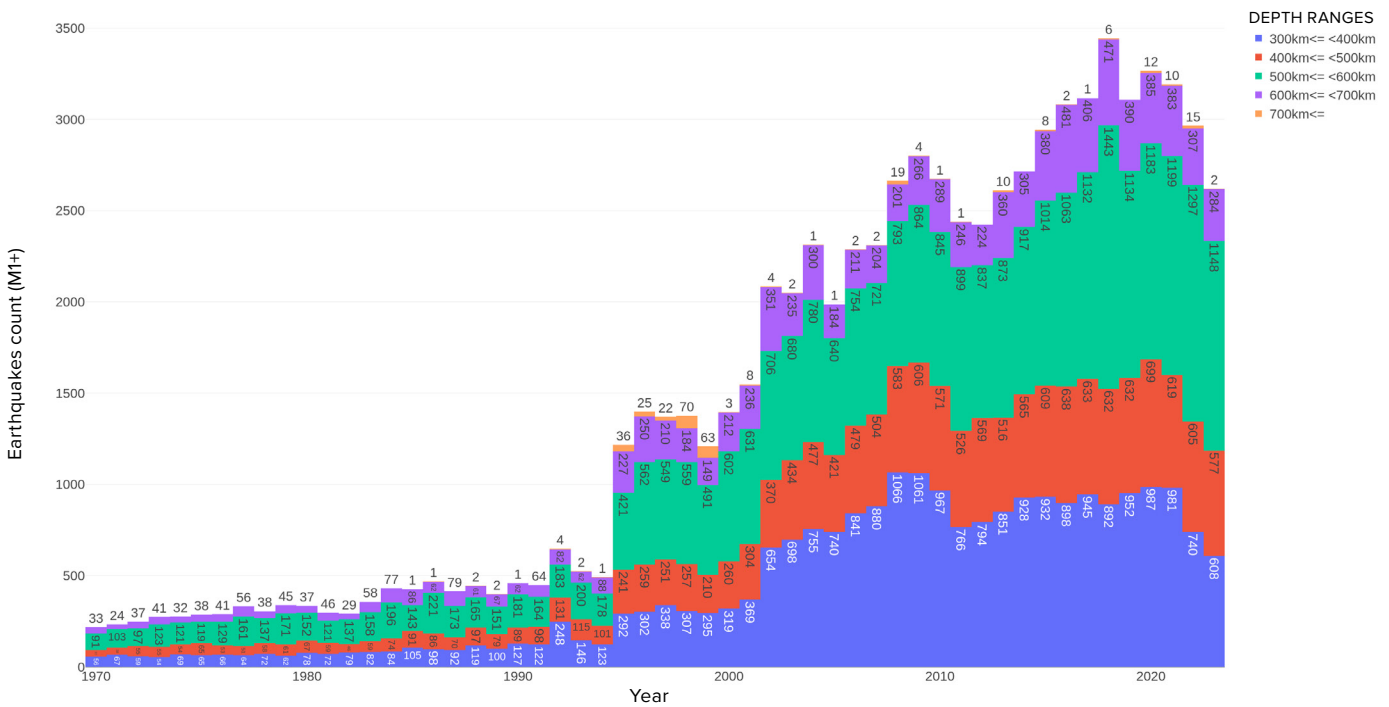
ღრმა ფოკუსის მიწისძვრების ზრდა

ღრმა ფოკუსის მიწისძვრები არის სეისმური მოვლენები, რომელიც ხდება 300 კმ-ზე მეტ სიღრმეზე და, ზოგიერთ შემთხვევაში, აღწევს 750 კმ-მდე სიღრმეს დედამიწის ზედაპირის ქვეშ. ღრმა ფოკუსის მიწისძვრები ხდება მაღალი წნევისა და ტემპერატურის პირობებში, სადაც მოსალოდნელია, რომ მანტიის მასალა პლასტიურია, არა მსხვრევადი და, შესაბამისად, არ უნდა წარმოიქმნას მიწისძვრები. მიუხედავად ამისა, მსგავსი მოვლენები რეგულარულად ფიქსირდება და მათი წარმოშობის მექანიზმები რჩება სამეცნიერო განხილვის საგანი.

მიწისძვრების ამჟამინდელი ზრდა

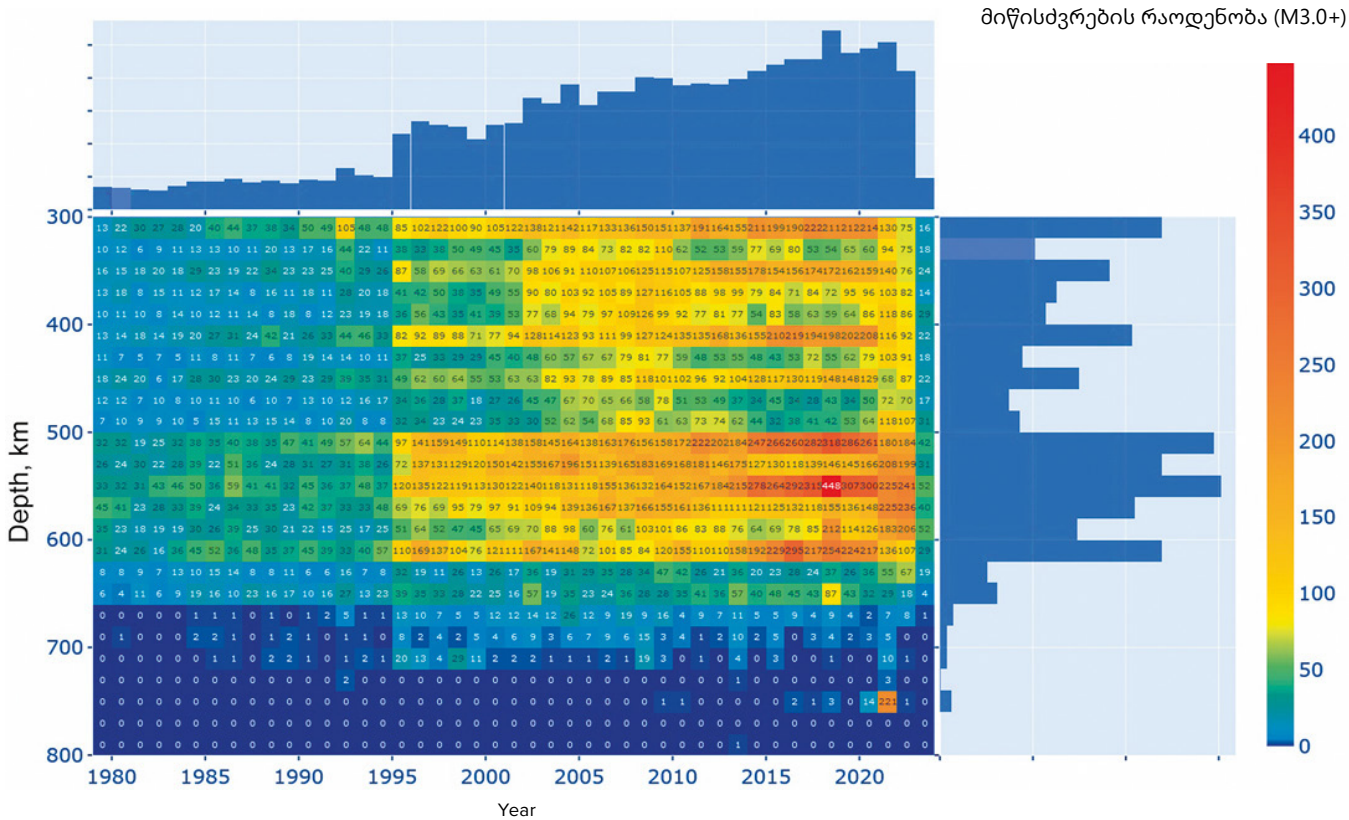
განპირობებულია არა მხოლოდ დედამიწის ქერქის დაჭიმულობით, არამედ გამოწვეულია გლობალური მაგმატური აქტივობის მატებით დედამიწის წიათში. ამაზე მიუთითებს ღრმა ფოკუსის მიწისძვრების ზრდის ექსპონენციალური ტენდენცია (სურათი 11-12). გრაფიკი გვიჩვენებს მიწისძვრების მზარდი რაოდენობის ექსპონენციალურ პროგრესირებას 300 კმ-ზე მეტ სიღრმეზე დედამიწის ზედა მანტიაში. მნიშვნელოვანი ნახტომი შეიძლება შეინიშნოს 1995 წელს, ისევე როგორც ნახტომები ბევრ სხვა გეოდინამიკურ ანომალიაში.

M1+ ღრმა ფოკუსის მიწისძვრები მსოფლიოში 1970-2023 წლებში



სურათი 11

ღრმა ფოკუსირებული M1+ მიწისძვრების რაოდენობის ექსპონენციალური ზრდა გლობალურად 1970 წლიდან. ISC მონაცემთა ბაზა.



სურათი 12

ღრმა ფოკუსირებული მიწისძვრების სითბური რუკა 3.0 და მეტი მაგნიტუდით. ვერტიკალური მასშტაბი წარმოადგენს ჰიპოცენტრების სიღრმეებს, ჰორიზონტალური კი წლებს. ISC მონაცემთა ბაზა. მოვლენების რიცხვში შესამჩნევი ნახტომი შეინიშნება 1995 წელს. ღრმა ფოკუსის მიწისძვრების ყველაზე დიდი რაოდენობა ხდება 500-600 კმ-ის სიღრმეზე.

ამ მოხსენებაში აღწერილი მოდელის მიხედვით, ღრმა ფოკუსირებული მიწისძვრები წარმოადგენს აფეთქებებს, რომლებიც ექვივალენტურია ატომური ბომბის დიდი რაოდენობის, რომლებიც ერთდროულად აფეთქდებიან დედამიწის მანტიის სიღრმეში. ღრმა ფოკუსის მიწისძვრების რაოდენობის ექსპონენციალური ზრდა მიუთითებს ჩვენს

პლანეტის ექსტრაორდინალურ მაგმატურ აქტივობაზე. მანტიაში მზარდი სეისმური აქტივობა განსაკუთრებით შემაშფოთებელია იმის გამო, რომ ღრმა ფოკუსის მიწისძვრები ხშირად იწვევს ძლიერ მიწისძვრებს დედამიწის ქერქზე².

² მიხაილოვა რ.ს. (2014). ძლიერი მიწისძვრები მანტიაში და მათი ზემოქმედება ახლო და შორეულ ზონაში. რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის გეოფიზიკური სამსახური <http://www.ems.ru/conf2013lib/pdf/seism/Mihaylova.pdf>

მიხაილოვა, რ.ს., ულუბიევა, ტ.რ., და პეტროვა ნ.ვ. (2021). ინდუკციური მიწისძვრა 2015 წლის 26 ოქტომბერს, Mw=7.5, 10~7: წინა სეისმურობა და ბიძგების მიმდევრობა. ჩრდილოეთ ევრაზიის მიწისძვრები, 24, 324–339. DOI: 10.35540/1818-6254.2021.24.31

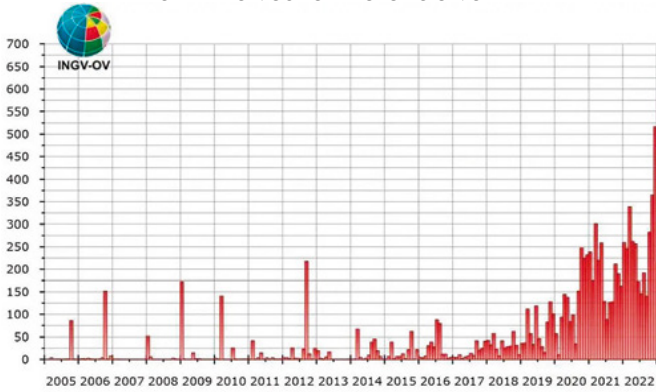
ვულკანების გააქტიურება

ბევრი დიდი ქალაქი მდებარეობს ვულკანური კალდერების მახლობლად ან თუნდაც შიგნით. მაგალითად, კაგოშიმა იაპონიაში მდებარეობს აირა კალდერაში. ნეაპოლი და პოძუოლი იტალიაში კამპი ფლეგრეი კალდერასთან ახლოსაა. გარდა ამისა, გერმანიას აქვს უზარმაზარი ლაახის სუპერვულკანი, რომელმაც ბოლო წლებში დაიწყო აქტივობის ნიშნები..

მაგმის მზარდი აქტივობა დედამიწის სიღრმეებში არის ბოლოდროინდელი

ცვლილებების მთავარი მიზეზი. ამას მხარს უჭერს მიწისძვრების მზარდი რაოდენობა ვულკანებისა და სუპერვულკანების სიახლოვეს, როგორცაა კამპი ფლეგრეი იტალიაში (იხ. სურათი 13), ტაუპო ახალ ზელანდიაში (იხ. სურათი 14), იელოუსტონი აშშ-ში (იხ. სურათი 15), მაუნა ლოა ჰავაიში (იხ. სურათი 16), ტრიდენტი ალასკაში (იხ. სურათი 17) და საკურაჯიმა ვულკანი იაპონიის სუპერვულკანის აირას კალდერაში (იხ. სურათი 18).

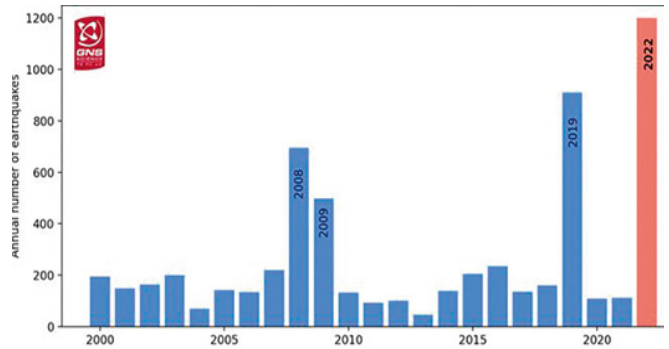
კამპი ფლეგრეი სუპერვულკანი



სურათი 13

სეისმური მოვლენების სიხშირის ტენდენცია 2005 წლიდან, როგორც ნათქვამია Campi Flegrei-ის ბიულეტენში Vesuvius Observatory INGV-ის მიერ 2023 წლის აპრილისთვის. (წყარო: <https://www.fanpage.it/napoli/campi-flegrei-675-terremoti-aprile-2023/>)

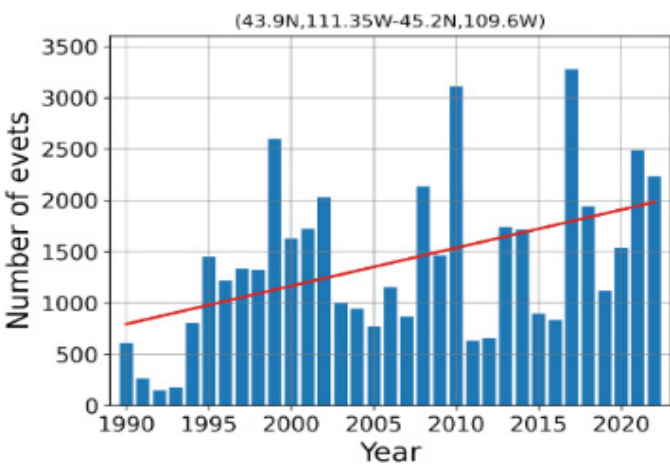
ტაუპო სუპერვულკანი



სურათი 14

მიწისძვრების წლიური რაოდენობა ტაუპოს სუპერვულკანის მიდამოებში. მონაცემები GeoNet Volcanic Alert Bulletin-იდან. (ამოღებულია 2024 წლის 14 თებერვალს, URL-დან <https://www.geonet.org.nz/vabs/7tu66lDztDnlaYDG0LYSgl>)

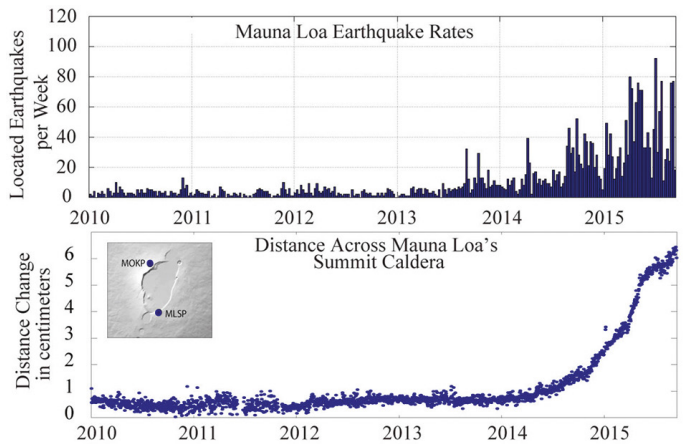
იელოუსტონის სუპერვულკანი



სურათი 15

იელოუსტონის სუპერვულკანის რაიონში მიწისძვრების წლიური რაოდენობის ზრდა. გრაფიკი ეფუძნება USGS მონაცემებს.

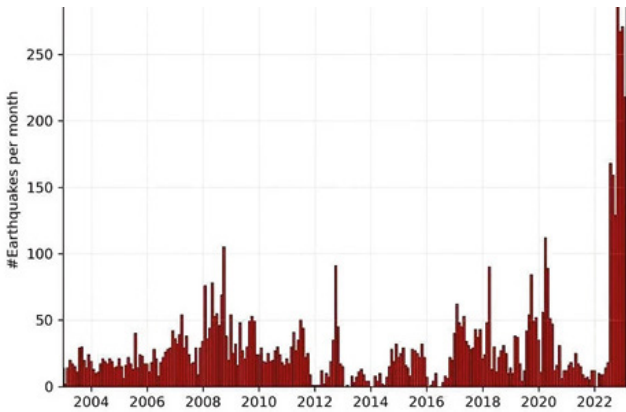
მაუნა ლოას ვულკანი



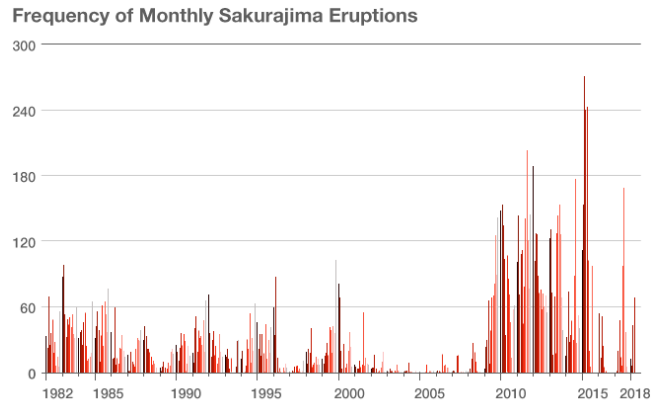
სურათი 16

მონაცემები მიწისძვრებისა და დეფორმაციების შესახებ 2010-2016 წლებში მაუნა ლოას ვულკანის მიდამოებში. მონაცემები მოწოდებულია USGS-ის მიერ. (წყარო: <https://www.usgs.gov/media/images/mauna-loa-earthquake-and-deformation-data-2010-2016>)

ტრიდენტის ვულკანი



საკურაჯიმას ვულკანი



სურათი 17

მიწისძვრები ტრიდენტის ვულკანის ქვეშ, ალასკაში, 2003 წლის 1 იანვრიდან 2023 წლის 21 თებერვლამდე. პისტოგრამა აჩვენებს მიწისძვრების რაოდენობას თვეში. მონაცემთა წყარო: USGS/AVO, Aaron Wech. (წყარო: <https://watchers.news/2023/02/23/increased-seismic-activity-under-trident-volcano-alaska/>)

სურათი 18

ამოფრქვევების რაოდენობის ზრდა, რაც მიუთითებს მაგმის აქტივობის ზრდაზე საკურაჯიმას ვულკანზე, იაპონია, სუპერვულკანის აირას კალდერაში. (წყარო: <https://www.nippon.com/en/features/h00194/>)

ვულკანების მახლობლად მზარდი სეისმური აქტივობა მიუთითებს მაგმური პროცესების გააქტიურებაზე, რაც ვარაუდობს, რომ ვულკანური მაგმის კამერები ივსება და სავარაუდოდ ემზადებიან პოტენციური ამოფრქვევისთვის. ჩვენი პლანეტის სიღრმეში არსებული ატიპიური მაგმას აქტივობის გათვალისწინებით, ერთი სუპერვულკანის ამოფრქვევამ შეიძლება გამოიწვიოს ვულკანური აფეთქებების ჯაჭვური რეაქცია, რაც გამოიწვევს გლობალურ კატასტროფას.

ვულკანოლოგებმა კიდევ ერთი ანომალიაც შენიშნეს: ვულკანების მიერ ამოფრქვეულ ლავას აქვს ღრმა მანტიის ფენების მაგმას

მსგავსი ატიპიური შემადგენლობა, რომელიც წარმოდგენილია შემდეგ ინფოგრაფიკაში.

რუქებზე ნაჩვენებია ანომალიები ქიმიურ შემადგენლობაში ან ლავას ფიზიკურ თვისებებში, რომელიც ამოიფრქვა სხვადასხვა ვულკანების მიერ ბოლო 10 წლის განმავლობაში. ეს მონაცემები ეფუძნება მსოფლიოს სხვადასხვა ქვეყნის მეცნიერების მიერ ჩატარებულ კვლევებს.



📍 ჩრდილოეთ ამერიკა

ნილოუსტონის სუპერვულკანის კალდერა (აშშ)



1995 წლიდან

მიწისძვრების სიხშირე და ინტენსივობა გაიზარდა 1995 წლიდან.

მიწისძვრების უმეტესობის სიღრმე 2010 წელს 11 კმ-დან 2022 წელს 5 კმ-მდე შემცირდა.

2018 წელს მოხდა გეიზერების აქტივობის სინქრონიზაცია, როდესაც გეიზერების უმეტესობამ მთელ კალდერაში ერთდროულად დაიწყო ამოფრქვევა, მრავალჯერ უფრო ხშირად. გეიზერის აქტივობა დღემდე მაღალია.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2020943118>

2013-2014 წლებში ამალლების მაჩვენებელი მოულოდნელად 5-ჯერ გაიზარდა.

<https://doi.org/10.1029/2019JB018208>

ზედაპირის გადახურების ადგილობრივი უბნები 2003 წლიდან ჩნდება.

<https://www.usgs.gov/news/thermal-activity-norris-geyser-basin-provides-opportunity-study-hydrothermal-system>
<https://doi.org/10.3389/feart.2020.00204>

📍 ჩრდილოეთ ამერიკა
ეჯკუმბის ვულკანი, ალასკა (აშშ)

2019-2022 წწ

ვულკანს, რომელიც 800 წელია მიძინებული იყო, მიწის ამალლების ყველაზე სწრაფი ტემპი აქვს ალასკაში. ეს არანორმალურია, რადგან მიძინებული ვულკანები მკვეთრად ხელახლა აქტიურდებიან, განსაკუთრებით ასეთი სიჩქარით. მაგმა 20 კილომეტრის სიღრმიდან დაახლოებით 10 კილომეტრით იზრდება, რაც იწვევს მიწისძვრებს და ზედაპირის მნიშვნელოვან დეფორმაციას.

<https://doi.org/10.1029/2022GL099464>

📍 სამხრეთ ამერიკა
ჩაიტენის ვულკანი (ჩილე)

2008 წლის 1 მაისი

ჩაიტენის ვულკანმა მოულოდნელად ამოაფრქვია რიოლიტური მაგმა. მაცხოვრებლებმა მიწისძვრა იგრძნეს 24 საათით ადრე, სანამ ფერფლი დაეცემოდათ და მასიური ამოფრქვევა მოხდა. ასეთი მოკლე გაფრთხილება დიდი ამოფრქვევის შესახებ, განსაკუთრებით ბაზალტის, უჩვეულოა მყავე მაგმებისთვის. სწრაფი ასვლა გულისხმობს გადასვლის დროს ხუთ კილომეტრზე მეტი საცავი სიღრმიდან ახლო ზედაპირზე დაახლოებით ოთხ საათში. ეს მიუთითებს მაგმის სწრაფ აწევას სუბვულკანური სისტემის მეშვეობით.

<https://doi.org/10.1038/nature08458>



📍 აფრიკა

წყალქვეშა ვულკანი კუნძულ მაიოტის მახლობლად (საფრანგეთი)

2019 წელი

ახალი ვულკანის დაბადება მაიოტის სანაპიროზე, კუნძულ რეუნიონის მახლობლად, მადაგასკარის სანაპიროსთან. ერთ წელიწადში მაგმამ დედამიწის მანტიიდან 80 კმ გაიარა დედამიწის ქერქის ზედაპირზე და შექმნა ახალი წყალქვეშა ვულკანი. ეს არის ვულკანის წარმოქმნის უპრეცედენტო სწრაფი ტემპი. 2019 წელს ეს იყო ყველაზე დიდი აქტიური წყალქვეშა ამოფრქვევა ოდესმე დაფიქსირებული.

<https://doi.org/10.1038/s41561-021-00809-x>

📍 ანტარქტიდა

ორკას წყალქვეშა ვულკანი ბრანსფილდის სრუტეში

**2020 წლის აგვისტოდან
2021 წლის თებერვლამდე**

მანამდე უმოქმედო წყალქვეშა ვულკანის ორკას მიმდებარე ტერიტორიამ განიცადა დაახლოებით 85000 მიწისძვრა, გამოწვეული მაგმის შეღწევით. ექვს თვეში მაგმა გადაწვა დედამიწის ქერქის 10 კილომეტრი, რაც რეკორდია განხორციელების სისწრაფითა და ინტენსივობით.

<https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>

📍 აფრიკა

ნიირაგონგო ვულკანი (კონგო-რუანდა)

2021 წელი

არაპროგნოზირებადი ამოფრქვევა, რომელიც გამოწვეულია ნიირაგონგოს ვულკანის სტრუქტურის რღვევით. ამოფრქვევა ანომალური ხასიათისა იყო, რადგან ის გავრცელდა ზემოდან ქვემოთ და გამოიწვია ვრცელი 25-კილომეტრიანი დიკის შეჭრა.

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-05047-8>

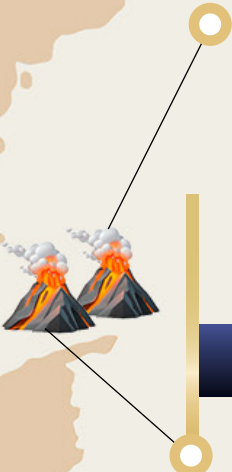
📍 ანტარქტიდა

დეშეპშენის ვულკანი

2015 წელი

მიწისძვრები გამოწვეული ღრმა, გახანგრძლივებული და ფართომასშტაბიანი მაგმის შეღწევით. ყველაზე დიდი აქტივობა მთელი დაკვირვების ისტორიის მანძილზე

<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107376>



📍 აზია

ვულკანი ჩანგბაიშანი (ჩრდილოეთ კორეა-ჩინეთი)

2002-2005 წწ

ვულკანის მახლობლად 566 კმ სიღრმეზე 7,2 მაგნიტუდის ძლიერმა ღრმა ფოკუსის მიწისძვრამ გამოიწვია სამი წლის სეისმური არეულობა. ძლიერი მიწისძვრები გამოწვეული იყო მანტიიდან ახალი მაგმისა და გაზის ფაზის აქტივობის შედეგით.

<https://doi.org/10.3389/feart.2020.599329>



📍 აზია

რაიკოკე ვულკანი, დიდი კურილის ქედი (რუსეთი)

2019 წლის 21-25 ივნისი

ამოფრქვევა ერთ-ერთი ყველაზე დიდი იყო კურილის კუნძულებზე 21-ე საუკუნეში. ამოფრქვევას ახასიათებდა ანომალია - მაგმები, რომლებითაც კვებავდა რაიკოკე ვულკანს, წარმოიშვა მანტიაში, ანუ მაგმებს ღრმა წყარო აქვთ. ამოფრქვევა ფეთქებადი იყო მთელი მისი არსებობის მანძილზე და იწვევდა ფერფლს და პიროკლასტური სიმკვრივის ნაკადებს. ამ უკანასკნელმა გამოიწვია კუნძულის ფართობის 0,7 კმ2-ით გაზრდა.

<https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2021.107346>

📍 აზია

ვულკანი მერაპი (ინდონეზია)

2010 წელი

VEI 4 ამოფრქვევა იყო მერაპის ყველაზე საშინელი ვულკანური კატასტროფა 80 წლის განმავლობაში. ამოფრქვევა გამოწვეული იყო ღრმა, აქროლად მდიდარი მაგმის ჩვეულებრივზე დიდი შემოდინებით, რომელიც შედარებით მოკლე დროში შემოიჭრა. ამოფრქვევის დროს და მის შემდეგ ლაჰარმა მოიცვა თითქმის ყველა ძირითადი ხეობა, რამაც მნიშვნელოვნად მეტი ზიანი მიაყენა, ვიდრე წინა ამოფრქვევებმა

https://doi.org/10.1007/978-3-031-15040-1_12



ავსტრალია, ახალი ზელანდია და ოკეანია
ტაუპო სუპერვულკანის კალდერა (ახალი ზელანდია)

2003-2011 წწ

დაფიქსირდა მიწის ამალღება, რაც დაკავშირებულია რეგიონში ინტენსიურ სეისმურ აქტივობასთან. ახალი მაგმა კამერის დაბადება.

<https://doi.org/10.1126/sciadv.1600288>

2019 წელი

მიწისძვრების სერია, რომელიც გამოწვეულია მაგმის შეღწევით ტაუპოს კალდერაში 8 კმ სიღრმეზე.

<https://doi.org/10.3389/feart.2020.606992>

2022 წელი

გაიზარდა სეისმური აქტივობა, გაიზარდა ვულკანური აქტივობა.

<https://www.geonet.org.nz/news/LuzOzDmQcQUUm-deiL67oX>

ავსტრალია, ახალი ზელანდია და ოკეანია
კილაუეა ვულკანი ჰავაი (აშშ)

2018 წელი

ქვედა აღმოსავლეთის რიფტის ზონისა და კალდერის ყველაზე დიდი ამოფრქვევა პირველად იშლება ბოლო 200 წლის განმავლობაში.

<https://doi.org/10.1126/science.aav7046>



ავსტრალია, ახალი ზელანდია და ოკეანია
ჰუნგა ტონგა-ჰუნგა ჰავაი ვულკანი (ტონგას სამეფო)

2022 წლის 15 იანვარი

ეს არის ყველაზე ძლიერი ვულკანური ამოფრქვევის რეკორდი, რომელიც ოდესმე დაფიქსირებულა. ამ ფეთქებადი ამოფრქვევის შლეიფი თავის უმაღლეს წერტილში 58 კილომეტრამდე ავიდა და მეზოსფერო გაარღვია. ამოფრქვევამ ასევე გამოიწვია ელვისებური დარტყმების ყველაზე მეტი რაოდენობა, ნებისმიერი ტიპის ბუნებრივი მოვლენისთვის. მსგავსი შემადგენლობის ლავა ტონგას წინა ამოფრქვევებში 2009 და 2014 წლებში არ დაფიქსირებულა.



წინა ამოფრქვევებში მაგმა შუალედურ ეპიცენტრში იყო ჩაფლული, მაგრამ ამჯერად ახალი მაგმა სწრაფად იზრდებოდა ქიმიურ ცვლილებებზე დროის დაკარგვის გარეშე.

<https://doi.org/10.1038/d41586-022-00394-y>

<https://www.xweather.com/annual-lightning-report>

<https://doi.org/10.1126/sciadv.adh3156>



📍 ევროპა

ვულკანი Fagradalsfjall (ისლანდია)

2021 წელი

ვულკანის ლავას ძირითადი ქიმიური პარამეტრების ცვლილების სიჩქარე ათასჯერ უფრო სწრაფი იყო, ვიდრე სხვა ამოფრქვევებში. ამ ერთი მოვლენის ქიმიური შემადგენლობის საერთო დიაპაზონი მსგავსია სამხრეთ-დასავლეთ ისლანდიის ყველა ამოფრქვევისას ბოლო 10000 წლის განმავლობაში. გარდა ამისა, ღრმა მაგმის ამოფრქვევის ფაზა შეესაბამება ამოფრქვევის პერიოდს, როდესაც ლავის შადრევანი 400 მეტრამდე გაიზარდა. ამოფრქვევის პირველი 50 დღის განმავლობაში ამოფრქვეული ბაზალტების გეოქიმიური ანალიზი, დაკავშირებულ გაზებთან ერთად, მიუთითებს პირდაპირ წარმოშობაზე ზედა მანტიის მაგმის შესანახი ზონიდან. რეიკიანესის ნახევარკუნძულზე Fagradalsfjall-ის ვულკანური სისტემა 2021 წლიდან სამჯერ ამოიფრქვა 800 წელზე მეტი დასვენების შემდეგ.

<https://doi.org/10.1038/s41586-022-04981-x>



📍 ევროპა

ბორგერაუნის ვულკანი (ისლანდია)

2014 წელი

მაგმის უპრეცედენტო სისწრაფე იზრდება ვულკანში, რომელიც მიძინებული იყო ათასწლეულის განმავლობაში. მხოლოდ 10 დღე დასჭირდა მაგმას 24 კმ სიღრმეზე მდებარე საბადოდან ზედაპირზე ამოსვლას.

<https://doi.org/10.1038/s41561-019-0376-9>

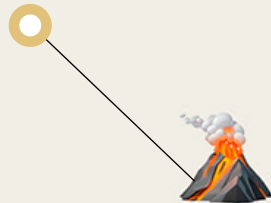
📍 ევროპა

ვულკანი კუმბრე ვიეია (ესპანეთი)

2021 წელი

პირველი აფეთქების შემდეგ მობილური, აქტიური მაგმა რამდენიმე საათში მოედინებოდა. ლავა იყო ზეთხევადი, ყველაზე თხევადი აქ ისტორიული ბაზალტის ამოფრქვევებისას. ვულკანი იკვებება მანტიის პლუმის დნობით, რაც ნიშნავს, რომ ის ღრმა მანტიიდან მოდის. შესაძლოა, მაგმა მოდიოდა დედამიწის ღრმა ფენებიდან, ბირთვიდან შემცირებული სიჩქარის ზონებში. ამიტომაც, რომ ლავა, რომელიც 2021 წლის სექტემბრის ამოფრქვევისას ზედაპირზე გადმოვიდა, არის ზეთხევადი და მოქნილი.

<https://doi.org/10.1038/s41598-022-21818-9>



📍 ევროპა

Laacher See სუპერვულკანი (გერმანია)

2013-2018 📅

12,9 ათასი წლის წინ ამოფრქვეული სუპერვულკანის კალდერის მახლობლად 10-დან 40 კილომეტრის სიღრმეზე სეისმური აქტივობის გაჩენა, ისევე როგორც კალდერის ირგვლივ ამოფრქვეული ვულკანური გაზის უწყვეტი გამონაბოლქვი, მიუთითებს აქტიურ მაგმატურ სისტემაზე, რომელიც შესაძლოა ასოცირდება მანტიის ზედა დნობის ზონასთან.

<https://doi.org/10.1093/gji/ggy532>



📍 ევროპა

კამპი ფლეგრეის სუპერვულკანის კალდერა (იტალია)

2004-2024 📅

გაზის წნევა იწყებს მიწის აწევას, რაც იმაზე მეტყველებს, რომ ვულკანი აქტიურდება. ბრადისიზმი დღემდე გრძელდება.

2016-2024 📅

ვულკანურ-ტექტონიკური მიწისძვრების ექსპონენტური ზრდა და ყველა ამოფრქვევის წინამორბედის სინქრონიზაცია.

<https://doi.org/10.1038/s43247-023-00842-1>

📍 ევროპა

ვულკანი ეტნა (იტალია)

2020 წლის დეკემბერი - 2022 წლის თებერვალი

2020-2022 წლების ამოფრქვევები გამოწვეული იყო ბოლო ათწლეულის ნებისმიერი ამოფრქვევის ყველაზე ინტენსიური მაგმის ასვლით. ამ პერიოდს უფრო ხშირი ამოფრქვევები ახასიათებდა. აღმოჩნდა, რომ ბაზალტის მაგმა სწრაფად მიგრირებს ყველაზე ღრმა დონიდან რეკორდულ დროში.

<https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104563>

📍 ევროპა

წყალქვეშა ვულკანი კოლუმბო (საბერძნეთი)

2006-2007 📅

ძირითადი დნობის ხშირი ამალღება უფრო ღრმა დონეებიდან იწვევს გათბობას და ახალი მაგმის კამერის წარმოქმნას. სხვადასხვა დროს სეისმური აქტივობის ჩანაწერები მიუთითებს წყალსაცავის ღრმა წყაროებიდან მაგმით უწყვეტ შევსებაზე.

<https://doi.org/10.1029/2022GC010420>

<https://doi.org/10.1029/2022GC010475>



ბოლო ათწლეულის განმავლობაში აღინიშნა მაგმის აწევის დაჩქარება დედამიწის ქერქის სიღრმეებიდან ბევრ ვულკანურ რეგიონში, როგორცაა ისლანდია, იტალია, მაიოტის კუნძული ინდოეთის ოკეანეში, კუნძული ლა პალმა (კანარის კუნძულები) და სხვა. ეს მიუთითებს ვულკანური აქტივობის ზრდაზე გლობალური მასშტაბით.

ვულკანოლოგები ძალიან შეშფოთებულნი არიან იმ სიჩქარის სწრაფი ზრდით, რომლითაც მაგმა ამოდის დედამიწის სიღრმეებიდან. პროცესი, რომელსაც ადრე ასობით ან თუნდაც ათასობით წელი სჭირდებოდა, ახლა ზოგიერთ რეგიონში სულ მცირე ექვს თვეში ხდება. ეს დრამატული აჩქარება დაფიქსირდა

ბრანსფილდის სრუტეში 2021 წელს, სადაც მაგმის ასვლას 10 კმ სიღრმიდან ახლდა 85000 მიწისძვრა³. ქერქის სისქე ამ ზონაში დაახლოებით 15 კმ-ია, ხოლო სეისმური ლოკალიზაცია მიუთითებს, რომ ქერქის 10 კმ უკვე ეროზიული იყო აქტიური მაგმის მიერ და დარჩა მხოლოდ 5 კმ მანამ, სანამ ის ზედაპირზე ამოიჭრებოდა.

მაგმის სწრაფი ასვლა მნიშვნელოვანი სიღრმიდან მიუთითებს საშიში და უპრეცედენტო პროცესების წარმოქმნაზე დედამიწის შიგნით. ვულკანების გააქტიურება ვარაუდობს, რომ დიდი რაოდენობით ენერგია გროვდება პლანეტის შიგნიდან ღრმად, რომელიც ცდილობს გარედან ამოფრქვევას.

ქარიშხლების, შტორმისა და ტორნადოების გაძლიერება

2023 წელს, ისტორიაში პირველად, ყველა ოკეანის აუზში ჩამოყალიბდა მე-5 კატეგორიის ტროპიკული ციკლონი, სიძლიერის თვალსაზრისით უმაღლესი კატეგორია. ამ კატეგორიის თითქმის ყველა ქარიშხალმა დაამყარა რეკორდები სიძლიერის, ხანგრძლივობისა და სწრაფი გაძლიერების თვალსაზრისით წინა წლების ქარიშხლებთან შედარებით⁴.

მაგალითად, ქარიშხალი „ოტისი“, რომელიც ჩვეულებრივი ტროპიკული ქარიშხალიდან სულ რაღაც 12 საათში გადაიქცა მე-5 კატეგორიის ყველაზე დამანგრეველ ქარიშხალად. ქარიშხლის ქარის სიჩქარის ასეთი დამლუპველი ზრდა განპირობებულია ოკეანის დათბობასთან და ანთროპოგენურ ფაქტორთან, რაც ქვემოთ იქნება აღწერილი. ამ ოკეანის გაცხელების გამო ატმოსფეროში მეტი ტენიანობა გამოიყოფა.

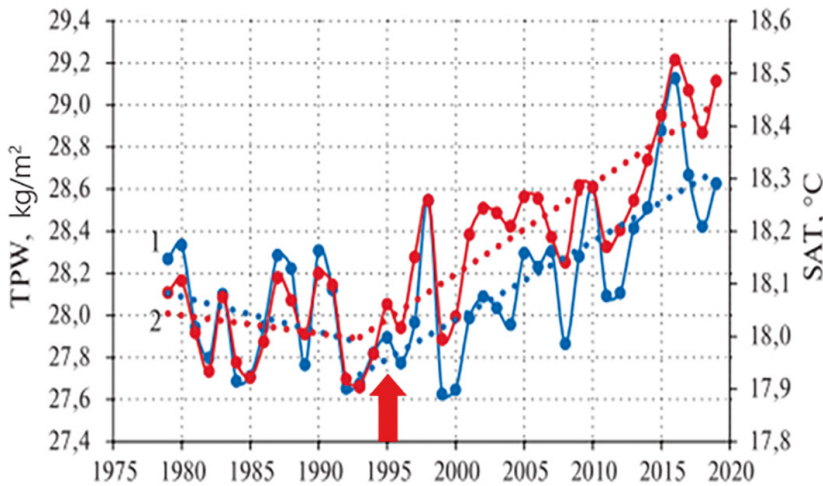
ატმოსფერული ტენიანობის მნიშვნელოვანი

ზრდა ოკეანეში დაფიქსირდა 1995 წლიდან (სურათი 19). გრაფიკი გვიჩვენებს ოკეანის აორთქლებისა და ჰაერის ტემპერატურის ცვლილებებს ოკეანეში 1975 წლიდან 2020 წლამდე. 1995 წლიდან ორივე ინდიკატორი აჩვენებდა თანმიმდევრულ ზრდას, რაც მიუთითებს გლობალური ოკეანის და მის ზემოთ ატმოსფეროს დათბობაზე. თუმცა 1995 წლამდე ორივე მაჩვენებელი კლებულობდა. აღსანიშნავია, რომ 1995 წლიდან ასევე შეინიშნება მნიშვნელოვანი გეოდინამიკური პროცესები დედამიწის შიგნიდან, მათ შორის ცვლილებები, როგორცაა: ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსის დრეიფის სიჩქარის 3,5-ჯერ ზრდა, პლანეტის ბრუნვის ღერძის ცვლა, და პლანეტის ბრუნვის სიჩქარის მატება, ასევე ოკეანის ფსკერზე მიწისძვრების რაოდენობისა და სიძლიერის ზრდა და ღრმა ფოკუსის მიწისძვრები (დაწვრილებით იქნება განხილული).

³ Cesca, S., Sukan, M., Rudzinski, L., Vajedian, S., Niemi, P., Plank, S., Petersen, G., Deng, Z., Rivalta, E., Vuan, A., Plasencia Linares, M. P., Heimann, S., & Dahm, T. (2022). Massive earthquake swarm driven by magmatic intrusion at the Bransfield Strait, Antarctica. *Communications Earth & Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>

⁴ Mersereau, D. (2023, September 9). The Weather Network, A world first, every tropical ocean saw a Category 5 storm in 2023. <https://www.theweathernetwork.com/en/news/weather/severe/a-world-first-every-tropical-ocean-saw-a-category-5-hurricane-cyclone-in-2023>

ატმოსფერული ტენიანობის შემცველობა



სურათი 19

ატმოსფერული ტენიანობის (1) კგ/მ²-ში და ჰაერის ტემპერატურის (2) °C-ში წლიური ცვალებადობა მსოფლიო ოკეანეში 1979 წლიდან 2019 წლამდე.

(წყარო: Malinin V. N. & Vaynovsky P. A. (2021). ტენიანობის გაცვლის კომპონენტების ტენდენციები ოკეანე-ატმოსფეროს სისტემაში გლობალური დათბობის პირობებში”, Reanalysis-2. *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa* [დედამიწის აქტუალური პრობლემები რემოტან. სივრცე] 18(3), 9-25.

DOI: http://d33.infospace.ru/jr_d33/2021v18n3/9-25.pdf

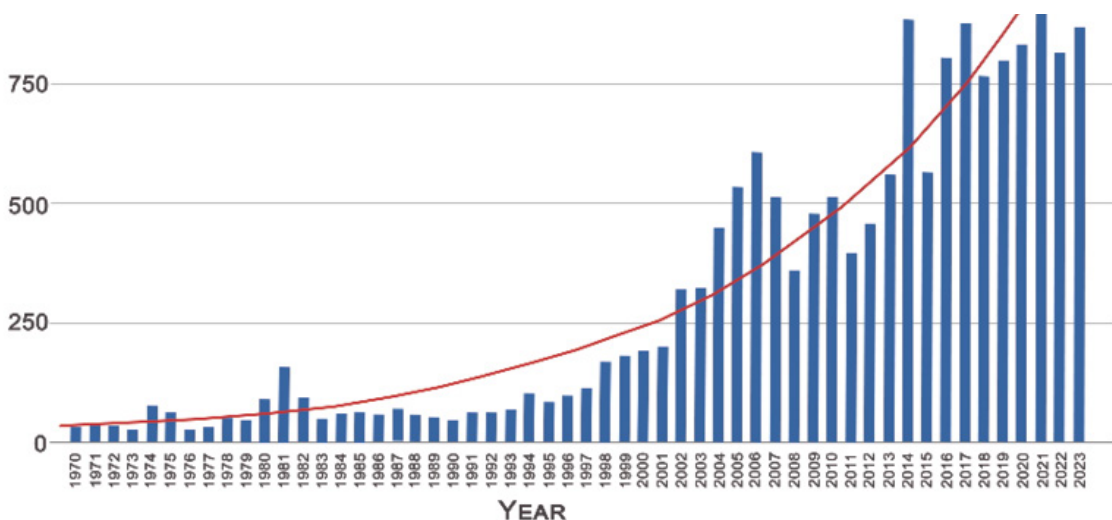
ამრიგად, ოკეანის წყლის ტემპერატურისა და აორთქლების მატება დაკავშირებულია როგორც ანთროპოგენურ ფაქტორთან, ასევე მანტიიდან მაგმის ამალვებასთან, რაც გავლენას ახდენს ოკეანეში წყლის ტემპერატურასა და ცირკულაციაზე.

ოკეანის აორთქლების გამო ჰაერის ტენიანობის ზრდა იწვევს ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების გაძლიერებას, როგორცაა ტროპიკული ქარიშხლები, შტორმები, ტორნადოები, არანორმალური ტემპერატურა, ნალექები და წყალდიდობები.

ევროპაში 1970 წლიდან 2023 წლამდე

ტორნადოების რაოდენობის მზარდი ტენდენცია შეინიშნება, როგორც ეს გამოსახულია 20-ე სურათზე, ევროპის საშიში ამინდის მონაცემთა ბაზის (ESWD) მონაცემებზე დაყრდნობით. ტორნადოების რაოდენობის მნიშვნელოვანი ზრდაა: 1970–1979 წლებში, წელიწადში დაახლოებით 45 ტორნადოდან. 2014–2023 წლებში წელიწადში 800-ზე მეტი. ეს ნიშნავს, რომ ევროპაში ტორნადოების საშუალო რაოდენობა წელიწადში 18-ჯერ გაიზარდა. ტორნადოები და ქარიშხლები ახლა ხდება რეგიონებში, სადაც ისინი არასდროს მომხდარა, რაც იწვევს მნიშვნელოვან ეკონომიკურ ზარალს.

ევროპაში ტორნადოების რაოდენობის ზრდა



სურათი 20

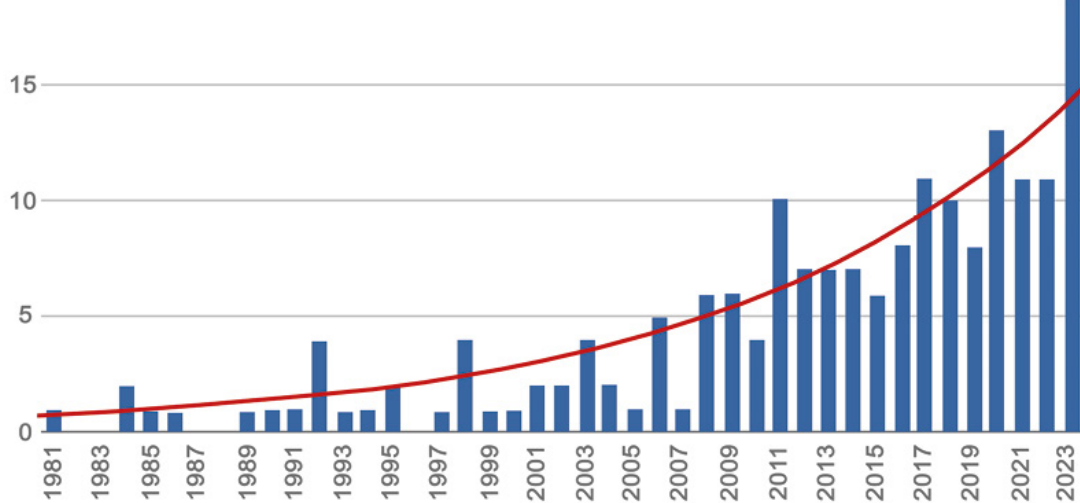
გრაფიკი, რომელიც ასახავს ტორნადოების წლიურ რაოდენობას ევროპაში. მონაცემთა წყარო: ევროპის მძიმე ამინდის მონაცემთა ბაზა (ESWD)

ბოლო ათწლეულის განმავლობაში, კონვექციური ქარიშხალი, რომელსაც თან ახლავს ტორნადოები, სეტყვა, ძლიერი წვიმა და ჭექა-ქუხილი, გახდა გაბატონებული ფენომენი და მნიშვნელოვანი ზიანი მიაყენა ჩრდილოეთ ამერიკასა და ავსტრალიას.

NOAA-ს მონაცემების ანალიზი, წარმოდგენილი დიაგრამა 21-ში, გვიჩვენებს შეერთებულ

შტატებში მილიარდი დოლარის ზარალის ქარიშხლების რაოდენობის ექსპონენციალურ ზრდას 1981 წლიდან 2023 წლამდე. 1981 წლიდან 1990 წლამდე იყო 2 ან ნაკლები ასეთი ქარიშხალი წელიწადში. თუმცა, ბოლო წლებში მკვეთრი ზრდა შეინიშნება, მხოლოდ 2023 წელს 19 ასეთი შტორმი მოხდა.

აშშ-ში ძლიერი ქარიშხლების რაოდენობა მილიარდ დოლარზე მეტი ზარალით



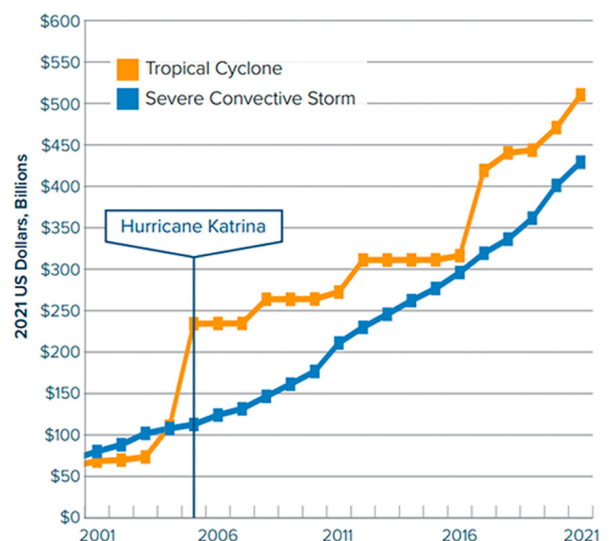
სურათი 21

გრაფიკი, რომელიც ასახავს შეერთებულ შტატებში ძლიერ ქარიშხლების რაოდენობას, რამაც ზარალი გადააჭარბა მილიარდ დოლარს. მონაცემთა წყარო: NOAA

კონვექციური ქარიშხლების მიყენებული ზიანი ტროპიკული ქარიშხლების ზარალთან შედარებით გახდა (სურათი 22). ძირითადი ტენდენცია, რომელიც ჩანს გრაფიკზე, არის სადაზღვევო ზარალის ზრდა ორივე კატეგორიისთვის. ეს მიუთითებს იმაზე, რომ ამ კატასტროფების ღირებულება კვლავ იზრდება.

ეროვნული ოკეანისა და ატმოსფერული ადმინისტრაციის (NOAA) მონაცემებით, 10 წლის განმავლობაში, 1990 წლიდან დაწყებული, კონვექციურმა შტორმებმა შეერთებულ შტატებს დაახლოებით 40 მილიარდი დოლარის ზიანი მიაყენა. თუმცა, ბოლო ათწლეულში მთლიანი ზარალი ექვსჯერ გაიზარდა და 240 მილიარდ დოლარს გადააჭარბა (სურათი 23) და მხოლოდ 2023 წელს ქარიშხალთან დაკავშირებულმა ზარალმა დაამყარა ახალი რეკორდი, 54 მილიარდი დოლარი.

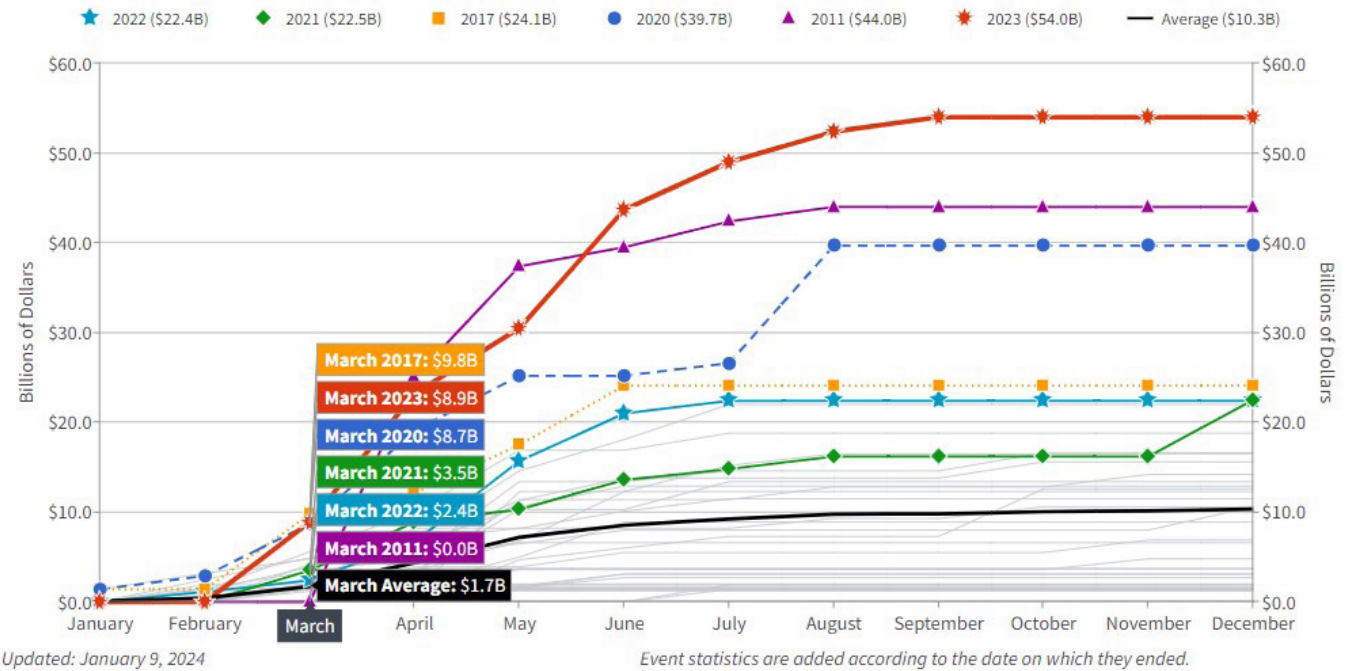
კუმულაციური დაზღვეული დანაკარგები, 2001-2021 წწ



სურათი 22

ზარალის დინამიკა კონვექციური ქარიშხლებისა და ტროპიკული ქარიშხლებიდან შეერთებულ შტატებში 2001 წლიდან 2021 წლამდე. გრაფიკზე ნაჩვენებია ორი ხაზი: ნარინჯისფერი ხაზი წარმოადგენს ტროპიკულ ქარიშხალს, ხოლო ლურჯი ხაზი წარმოადგენს ძლიერ კონვექციურ ქარიშხალს. მონაცემთა წყარო: Aon (Catastrophe Insight)

სტიქიური უბედურებების შედეგად მიღებული ზარალი 1 მილიარდ დოლარს აღემატება შეერთებულ შტატებში 1980-2023 წლებში. კუმულაციური ჯამით (კორექტირებული CPI-სთვის)



სურათი 23

შეერთებულ შტატებში ძლიერი ქარიშხლების შედეგად ზარალის ზრდამ მილიარდ დოლარს გადააჭარბა.

წყარო: ოკეანისა და ატმოსფეროს ეროვნული ადმინისტრაცია (NOAA)

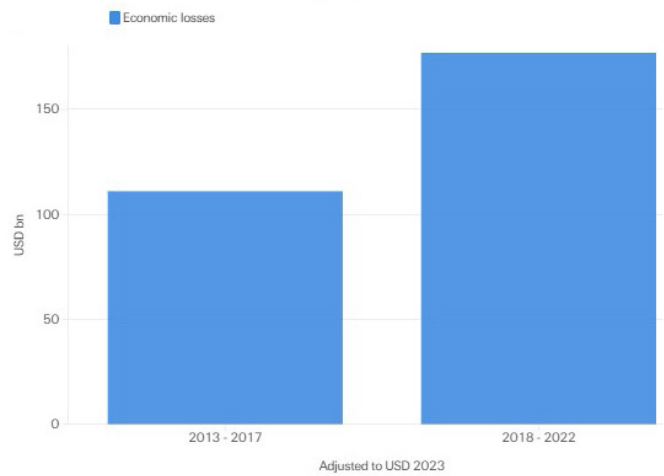
NOAA გარემოსდაცვითი ინფორმაციის ეროვნული ცენტრები (NCEI) აშშ მილიარდი დოლარის ამინდი და კლიმატური კატასტროფები. (2024). (<https://www.nci.noaa.gov/access/billions/>), DOI: 10.25921/stkw-7w73

გრაფიკი აჩვენებს სხვადასხვა ფერის სახეებს, თითოეული წარმოადგენს კონკრეტულ წელს. წითელი სახით მითითებულ 2023 წელს ყველაზე დიდი ზარალი განიცადა ძლიერი შტორმებისგან, რომელიც 50 მილიარდ დოლარს აღემატება. გრაფიკი მოიცავს 1980 წლიდან 2023 წლამდე პერიოდს და კორექტირებულია ინფლაციისთვის (CPI). გრაფიკი ბოლოს განახლდა 2024 წლის 9 იანვარს.

AON-ის მოხსენების⁵ მიხედვით კლიმატის კატასტროფების შესახებ, ევროპაში ყველაზე მნიშვნელოვანი ეკონომიკური ზარალი ბოლო 10 წლის განმავლობაში ძლიერმა კონვექციურმა შტორმებმა გამოიწვია. ეს ქარიშხალი უფრო დამლუპველი აღმოჩნდა, ვიდრე ზამთრის ქარიშხალი, რომელიც ტრადიციულად განიხილებოდა რეგიონის მთავარ საფრთხედ

Swiss Re Institute-ის კვლევის⁶ მიხედვით, მძიმე კონვექციური ქარიშხალი ბოლო დროს გახდა ეკონომიკური ზარალის ყველაზე დიდი წყარო მეორად საფრთხეებს შორის (მაღალი სიხშირის მოვლენები დაბალი და საშუალო სიმძიმის ზარალით, როგორცაა სეტყვა, წყალდიდობა, ტორნადოები, მეწყერი, გვალვა) და ტყის ხანძრები). 2018 წლიდან 2022 წლამდე, ეკონომიკურმა ზარალმა მსოფლიოში ძლიერი კონვექციური ქარიშხლებით შეადგინა 177 მილიარდი აშშ დოლარი, რაც წარმოადგენს 60%-იან ზრდას წინა ხუთ წელთან შედარებით (სურათი 24). ეს მიუთითებს ამ კატასტროფების მზარდ სიხშირესა და ზემოქმედებაზე.

გლობალური მძიმე კონვექციური ქარიშხლის დანაკარგები 5 წლიანი პერიოდები 2013-2022 წწ



სურათი 24

მსოფლიო ეკონომიკური ზარალის შედარება კონვექციური ქარიშხლებიდან ორი ხუთწლიანი პერიოდისთვის: 2013-2017 და 2018-2022 წლებში. Swiss Re Institute-ის მონაცემებზე დაყრდნობით

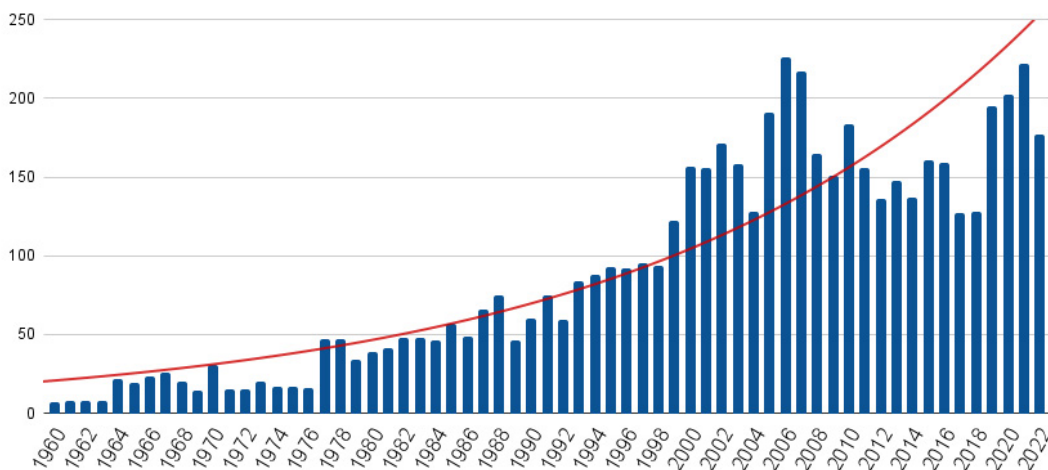
⁵Weather, Climate and Catastrophe Insight. (2023). (Source: <https://www.aon.com/getmedia/f34ec133-3175-406c-9e0b-25cea768c5cf/20230125-weather-climate-catastrophe-insight.pdf>, p.42)
⁶Swiss Re Institute. Natural catastrophes in focus: Tornadoes, hail and thunderstorms. (Source: <https://www.swissre.com/risk-knowledge/mitigating-climate-risk/tornadoes-hail-thunderstorms.html>)

წყალდიდობების და გვალვების რაოდენობის ზრდა

ასევე მნიშვნელოვნად გაიზარდა ძლიერი წყალდიდობების რაოდენობა მთელს მსოფლიოში (სურათი 25). ძლიერი წყალდიდობა განისაზღვრება, როგორც წყალდიდობა, რომელიც მნიშვნელოვან ზიანს აყენებს როგორც ადამიანებს, ასევე ინფრასტრუქტურას. მიუხედავად იმისა, რომ 1970-იან წლებში 10 წლის განმავლობაში მხოლოდ 260 ძლიერი

წყალდიდობა იყო, წყალდიდობის რაოდენობა 2014-დან 2023 წლამდე გაიზარდა 1500-მდე, რაც ნიშნავს, რომ წყალდიდობა 6-ჯერ მეტი იყო. მონაცემები მიუთითებს, რომ ექსტრემალური ნალექის მოვლენების სიხშირე და ინტენსივობა იზრდება, რაც წყალდიდობის ერთ-ერთი მთავარი მიზეზია.

მასშტაბური კლიმატური კატასტროფების საერთო რაოდენობა მსოფლიოში

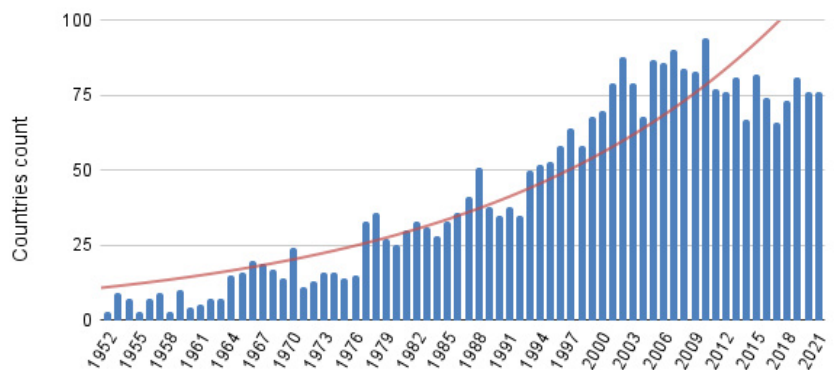


სურათი 25

მასშტაბური წყალდიდობების რაოდენობა მსოფლიოში 1960 წლიდან 2022 წლამდე. მონაცემთა წყარო: კატასტროფების საერთაშორისო მონაცემთა ბაზა (EM-DAT)

გარდა ამისა, მნიშვნელოვნად გაიზარდა წყალდიდობის შედეგად დაზარალებული ტერიტორიების რაოდენობა (სურათი 26). მიუხედავად იმისა, რომ 1970-იან წლებში ყოველწლიურად დაახლოებით 20 ქვეყანა განიცდიდა წყალდიდობას, სიტუაცია მკვეთრად შეიცვალა 2000-იანი წლების შემდეგ, 80-ზე მეტი ქვეყანა ყოველწლიურად განიცდის წყალდიდობის გავლენას - ოთხჯერ გაიზარდა.

Total number of countries affected by floods



სურათი 26

წყალდიდობის შედეგად დაზარალებული ქვეყნების რაოდენობა 1970 წლიდან. მონაცემთა წყარო: კატასტროფების საერთაშორისო მონაცემთა ბაზა (EM-DAT)

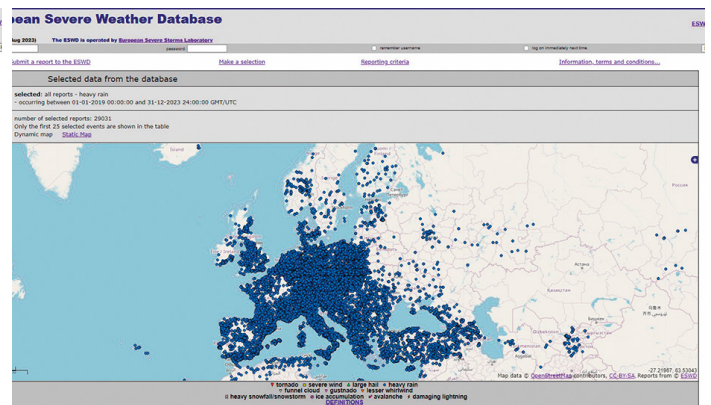
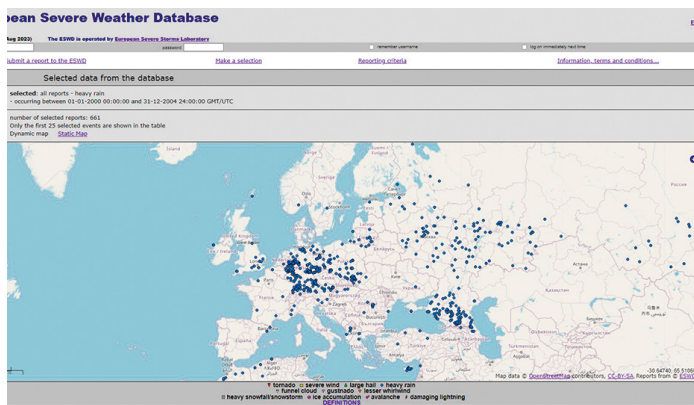
არანორმალური ნალექების და რეკორდული წვიმების სიხშირე ასევე იზრდება მთელ მსოფლიოში. ევროპის საშიში ამინდის მონაცემთა ბაზის (ESWD) მიხედვით, 2000-დან 2004 წლამდე ევროპაში დაფიქსირდა არანორმალური ნალექების 661 შემთხვევა, მაგრამ 2019-დან

2023 წლამდე - 29,031 (სურათი 27). ეს ნიშნავს, რომ ანომალური ნალექები 44-ჯერ გახშირდა. არანორმალური ნალექი არის მოვლენა, რომელიც აღემატება ნორმას ინტენსივობით, ხანგრძლივობით ან სიხშირით.

არანორმალური ნალექები ევროპაში

2000-2004 წწ

2000-2004 წწ



სურათი 27

არანორმალური ნალექის მოვლენები ევროპაში: ა) 2000-2004 წწ., ბ) 2019-2023 წწ. მონაცემთა წყარო: ევროპის საშიში ამინდის მონაცემთა ბაზა (ESWD)

რუკაზე ნაჩვენებია ევროპაში არანორმალური ნალექების განაწილება ორ ხუთწლიან პერიოდში: 2000-2004 და 2019-2023 წლებში. ევროპის რუკაზე ლურჯი წერტილები აღნიშნავენ იმ ადგილებს, სადაც ეს მოვლენები მოხდა. რაც უფრო მეტი წერტილია რეგიონში, მით მეტი არანორმალური ნალექი ხდება იქ.

გვალვების რაოდენობაც რეკორდულად იზრდება. გაეროს⁷ მონაცემებით, ბოლო 20 წლის განმავლობაში გლობალურად გვალვების რაოდენობა 29%-ით გაიზარდა. გაეროს ანგარიშში ნათქვამია, რომ 2022 და 2023 წლებში მსოფლიოში 1,84 მილიარდი ადამიანი, ანუ მსოფლიოს მოსახლეობის თითქმის მეოთხედი გვალვის პირობებში ცხოვრობდა. რეკორდულად მაღალი 258 მილიონი ადამიანი გვალვის გამო უკვე „მძიმე შიმშილის“ წინაშე დგას, ზოგი კი შიმშილის ზღვარზეა.

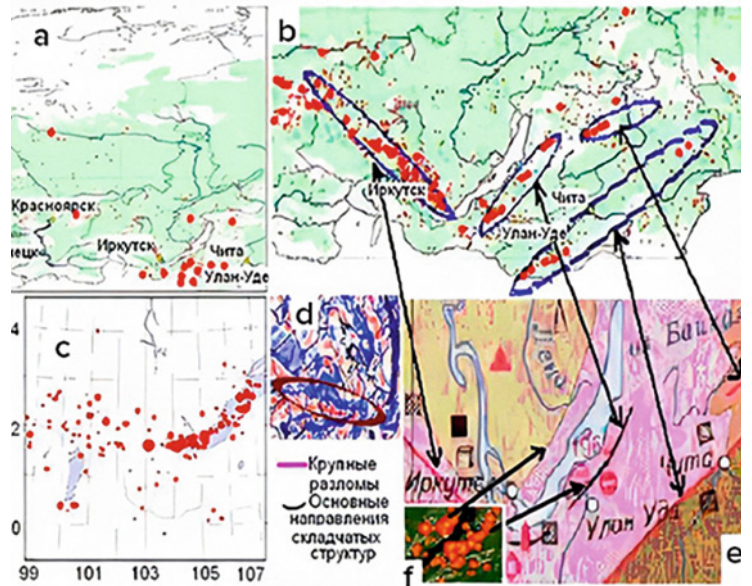
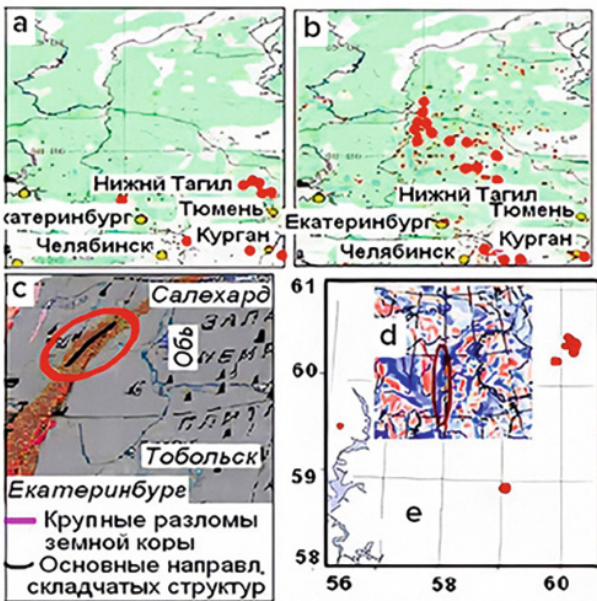
2023 წელს ბევრმა ქვეყანამ განიცადა კატასტროფული გვალვა, რამაც უზარმაზარი ეკონომიკური ზარალი გამოიწვია.

⁷ გაეროს მონაცემები <https://www.un.org/en/observances/desertification-day>

ტყის ხანძრების რაოდენობის ზრდა

ბოლო დროს, ბუნებრივი ტყის ხანძრის ჩაქრობა სულ უფრო რთული ხდება, თუნდაც თანამედროვე ხანძარსაწინააღმდეგო აღჭურვილობით. მეცნიერის პეტრ ვლადიმეროვიჩ ლიუშინის მიხედვით⁸, ეს ხანძრები ჩნდება დედამიწის ქერქის რღვევის ზონებში, სადაც წყალბადი, მეთანი და სხვა აალებადი აირები

გამოდინ სიღრმეებიდან (იხ. ნახატები 28-29). შედეგად, ამ ხანძრის ჩაქრობა უკიდურესად რთულია. დასახლებები და მთელი ქალაქები ცეცხლშია შთანთქმული. ხანძარი ჩნდება თოვლით დაფარული ჩრდილოეთ რეგიონშიც.



— Major faults in the Earth's crust
 ~ Main directions of fold structures

სურათი 28

ურალის რეგიონში ტყის ხანძრების, მიწისძვრების, ქერქის ხარვეზებისა და მაგნიტური ანომალიების ადგილმდებარეობების დამთხვევა.

- (ა) - ტყის ხანძრები 2009 წლის ზაფხულში;
- (ბ) - ტყის ხანძრები 2010 წლის ზაფხულში;
- (გ) - დედამიწის ქერქის ძირითადი ხარვეზები და ნაოჭების სტრუქტურების ძირითადი მიმართულებები;
- (დ) - მიწისძვრის ეპიცენტრები 1995 წლიდან 2013 წლამდე;
- (ე) - მაგნიტური ველის ანომალიები (ლურჯი ჩრდილები მიუთითებს დადებითად, წითელი ჩრდილები მიუთითებს უარყოფით გადახრებზე).

წყარო: <https://regnum.ru/article/2395754>

სურათი 29

ტყის ხანძრების, მიწისძვრების, ქერქის ხარვეზებისა და მაგნიტური ანომალიების ადგილმდებარეობების დამთხვევა სამხრეთ ციმბირში.

- (ა) - ტყის ხანძრები 2009 წლის ზაფხულში;
- (ბ) - ტყის ხანძრები 2010 წლის ზაფხულში;
- (გ) - მიწისძვრის ეპიცენტრები 1991 წლიდან 2017 წლამდე;
- (დ) - მაგნიტური ველის ანომალიები (ლურჯი ჩრდილები მიუთითებს დადებითად, წითელი ჩრდილები მიუთითებს უარყოფით გადახრებზე);
- (ე) - ძირითადი ხარვეზები და ნაკვეთების კონსტრუქციების ძირითადი მიმართულებები;
- (ვ) - ტყის ხანძარი ბაიკალის რეგიონში, ისრები, რომლებიც მიუთითებს ხანძრის ლოკალიზაციაზე დედამიწის ქერქის ხარვეზებთან.

წყარო: <https://regnum.ru/article/2395754>

⁸ მითითება:

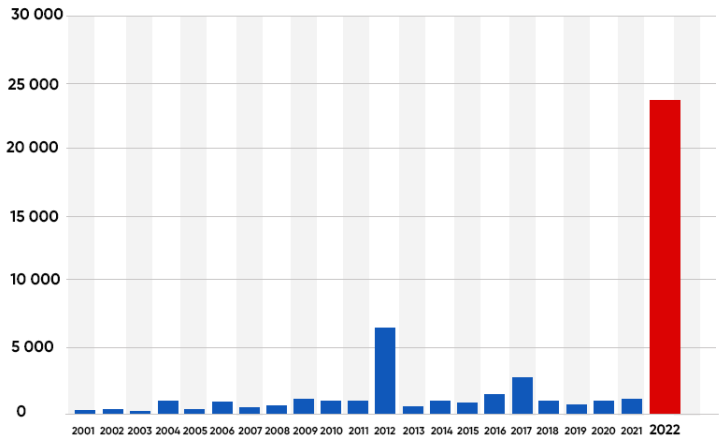
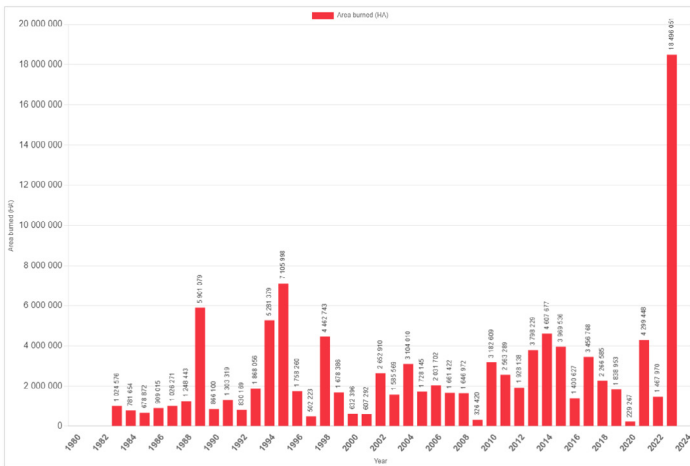
ლიუშინი, პ. (2018). ბუნებრივი დაბლობების ხანძარი და როგორ შევამციროთ ისინი. პრეზენტაცია მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის გეოლოგიური და გეოგრაფიული ფაკულტეტების რუსულენოვანი ინტერდისციპლინარული სემინარ-კონფერენციის 26-ე შეხვედრაზე "პლანეტა დედამიწის სისტემა", 2018 წლის 30 იანვარი - 2 თებერვალი.

ლიუშინი, პ., ბუიანოვა, მ. (2021). ყინულის საფარის განვითარება წყლის რაიონებში მეთანის დროს. გეომეცნიერებათა საერთაშორისო ჟურნალი, 12 (9), 927-940. <https://doi.org/10.4236/jg.2021.129047>

ლიუშინი, პ., ბუიანოვა, მ. (2021). ატმოსფეროში სეისმოგენურ მოვლენებზე დაკვირვების ისტორია და მათი გამიფრის ფორმალიზება. ატმოსფერული და ოკეანის მეცნიერებების საერთაშორისო ჟურნალი, 5(1), 13-19. <https://doi.org/10.11648/j.ijaos.20210501.13>

სხვადასხვა ქვეყანაში მკვეთრად გაიზარდა ექსტრემალური ხანძრის შედეგად დაზარალებული ტერიტორია. ბოლო 3 წლის განმავლობაში უპრეცედენტო ზრდა დაფიქსირდა ტყის ხანძრის შედეგად დაზარალებულ რაიონებში კანადაში, ავსტრალიაში, ესპანეთში, შეერთებულ შტატებსა და ევროპაში (იხ. ნახატები 30-34).

Annual Area Burned in Canada



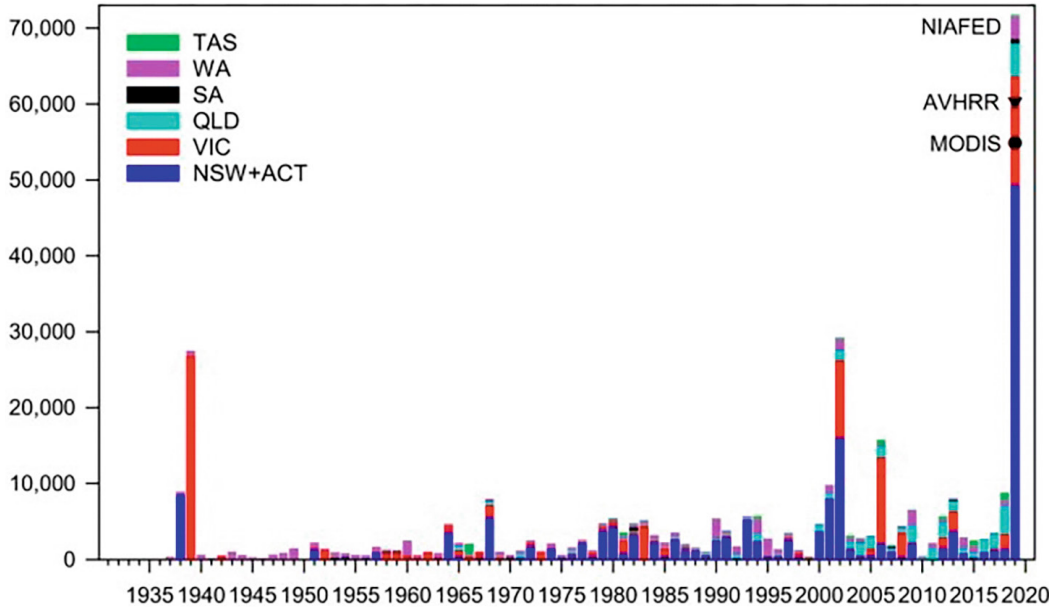
Global Forest Watch

სურათი 30

დამწვარი წლიური ფართობი კანადაში.
წყარო: კანადის უწყებათაშორისი ტყის ხანძრის ცენტრი (CIFFC)

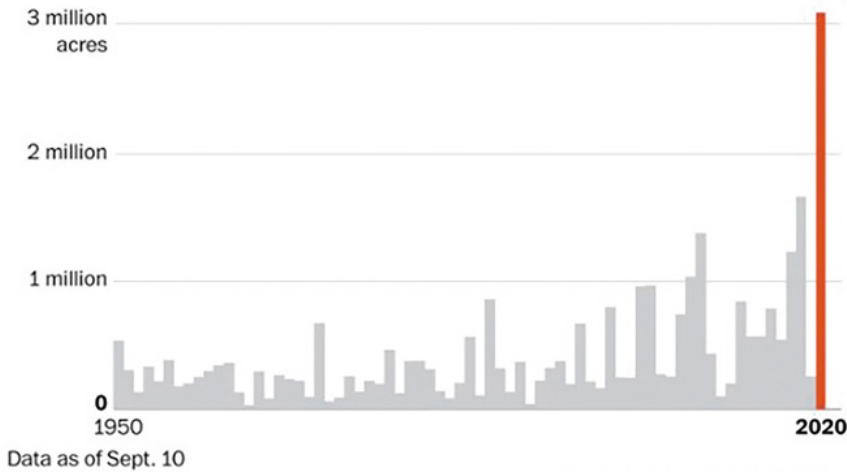
სურათი 31

ხეების საფარის დაკარგვა ესპანეთში ტყის ხანძრების გამო 2001 წლიდან 2022 წლამდე.
წყარო: Global Forest Watch



სურათი 32

დამწვარი ტყის ეკოსისტემების ზონა ახალი სამხრეთ უელსისა და ავსტრალიის დედაქალაქის ტერიტორიაზე (მუქი ლურჯი), ვიქტორია (წითელი), კუინსლენდი (ღია ლურჯი), სამხრეთ ავსტრალია (შავი), დასავლეთ ავსტრალია (იისფერი) და ტასმანია (მწვანე) ტყის ხანძრების გამო. ხანძარსაწინააღმდეგო წლებისთვის 1930 წლიდან 2019 წლამდე.
წყარო: Canadell, J., Meyer, C., Cook, G., Dowdy, A., Briggs, P., Knauer, J., Pepler, A. & Haverd, V. (2021). ავსტრალიაში დამწვარი ტყის ფართობის მრავალ ათწლიანი ზრდა კლიმატის ცვლილებებს უკავშირდება. Nature Communications, 12, 6921 (2021). DOI: 10.1038/s41467-021-27225-4.



სურათი 33

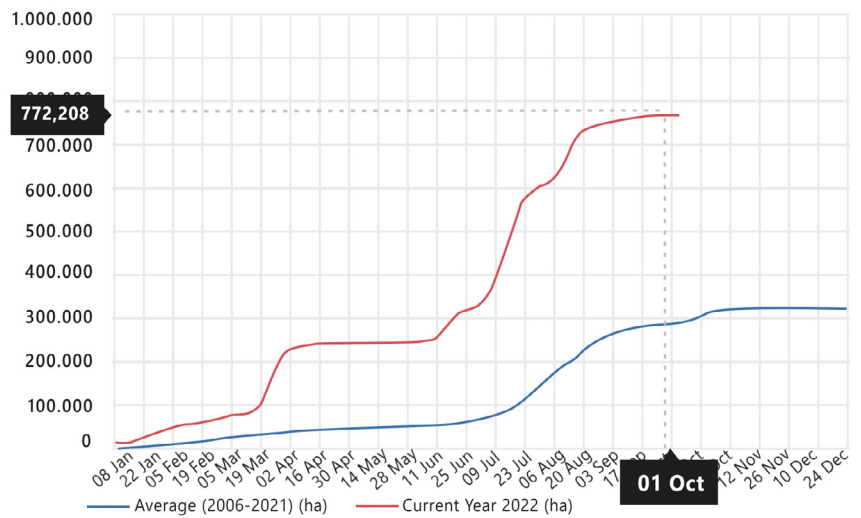
კალიფორნიაში ხანძრის შედეგად დამწვარი ჰექტარი,საერთო რაოდენობაა. 2020 წელს მოხსნა სახელმწიფო რეკორდი 3,1 მილიონ ჰექტარზე მეტი დამწვრობით.

წყარო: კალიფორნიის სატყეო და ხანძარსაწინააღმდეგო დეპარტამენტი (CAL FIRE)

სურათი 34

ევროპაში 2022 წელს ტყის ხანძრის შედეგად დამწვარი ფართობი (წითელი) და წლიური საშუალო დამწვრობა 2006-2021 წლებში (ლურჯი).

წყარო: ევროპის ტყის ხანძრის საინფორმაციო სისტემა



ხანძრის გავრცელების ხელშემწყობი კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი ფაქტორია გვალვები, რომლებიც გამოწვეულია ბზარებისა და რღვევების გასწვრივ წყლის გადინებით, რომლებიც ყველგან ხდება დედამიწის ქერქის დეფორმაციის გამო, რომელიც გამოწვეულია სეისმური აქტივობის გაზრდით, აგრეთვე ეკვატორული და პოლუსების დიამეტრის ცვლილებით. პლანეტის. სატელიტური დაკვირვებებისა და კლიმატური და ჰიდროლოგიური მოდელების მიხედვით,

ბოლო სამი ათწლეულის განმავლობაში წყლის მოცულობა შემცირდა დიდი ბუნებრივი ტბებისა და წყალსაცავების 50%-ზე მეტში⁹. ეს ფენომენი განსაკუთრებით პარადოქსულია მძიმე წყალდიდობების დამლუპველი ზრდის გათვალისწინებით, თუ არ გავითვალისწინებთ ტექტონიკური აქტივობებით გამოწვეული ჰიდროდინამიკური ცვლილებები დედამიწის ქერქის ზედა ნაწილებში.

⁹ Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Jean-François Crétau, Wada, Y., & Berge-Nguyen, M. (2023). Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. Science, 380(6646), 743–749. <https://doi.org/10.1126/science.abo2812>

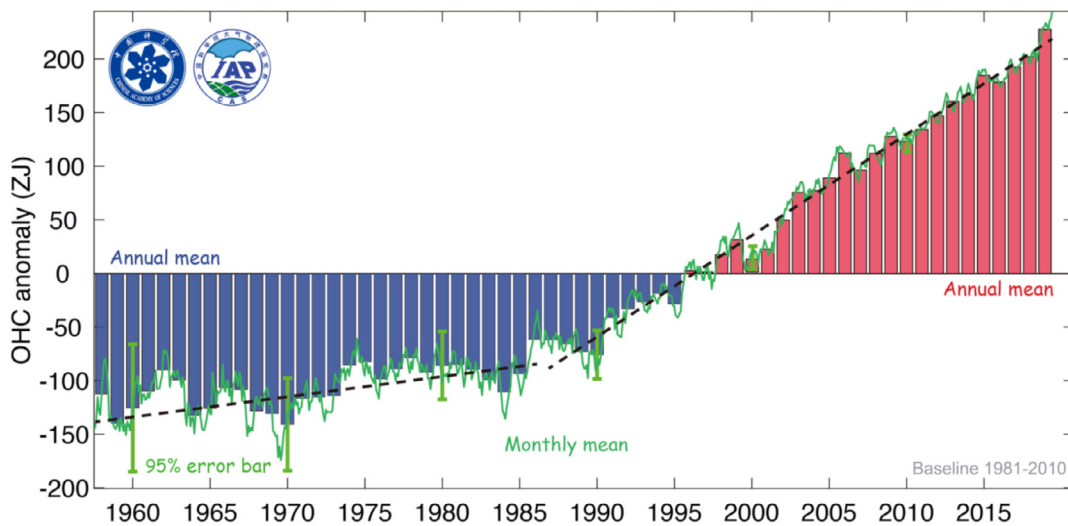
მსოფლიო ოკეანის გათბობა

ოკეანის გათბობა იწვევს ექსტრემალური ჰიდრომეტეოროლოგიური მოვლენების სიხშირისა და მასშტაბის ზრდას, მათ შორის რეკორდულ წყალდიდობას, ტაიფუნებს და არანორმალურ ნალექებს.

2020 წლის მდგომარეობით, ოკეანის დათბობა 450%-ით გაიზარდა ბოლო 30 წლის განმავლობაში (იხ. სურათი 35). კვლევებმა აჩვენა, რომ ოკეანეები სტაბილურად თბებოდა 1955 წლიდან 1986 წლამდე, ბოლო ათწლეულების განმავლობაში დათბობა სწრაფად დაჩქარდა.

მეცნიერთა შეფასებით, ოკეანის დათბობის ამჟამინდელი ტემპის მისაღწევად საჭირო იქნება იმდენი ენერგია, რამდენიც გამოიყოფა, თუ 7 ატომური ბომბი, როგორც ჰიროშიმაზე ჩამოაგდეს, ყოველ წამში აფეთქდება ერთი წლის განმავლობაში. ეს ფაქტი ბადებს შემდეგ რაციონალურ კითხვას: "რა არის ენერგიის ასეთი მნიშვნელოვანი რაოდენობის წყარო?"

გლობალური ოკეანის შემცველობა იცვლება ზემო 2000 მ სიმაღლეზე



სურათი 35

სიტბოს შემცველობის ცვლილებები მსოფლიო ოკეანის ზედა 2000 მეტრზე.

წყარო: Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). ოკეანის სიტბოს რეკორდული დამყარება გაგრძელდა 2019 წელს. მიღწევები ატმოსფერულ მეცნიერებებში, 37(2), 137–142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>

ოკეანის ანომალური გათბობა გამოწვეულია როგორც ანთროპოგენური ფაქტორით, ასევე მაგმის ზემოქმედებით, რომლის ასვლა გაძლიერდა 1995 წლიდან. ოკეანის ქერქი, რომელიც უფრო თხელია ვიდრე კონტინენტური ქერქი, საშუალებას აძლევს მაგმას უფრო ეფექტურად გაათბოს ოკეანის ფსკერი. შესაბამისად თბება თავად ოკეანე.

არსებობს რამდენიმე ნიშანი იმისა, რომ

ოკეანე თბება სიღრმეში. შეერთებული შტატების მკვლევართა ჯგუფმა დაადგინა, რომ ბოლო 60 წლის განმავლობაში ოკეანის საშუალო სიღრმე 15-ჯერ უფრო სწრაფად თბება, ვიდრე წინა 10000 წლის განმავლობაში¹⁰. და ეს პროგრესი ყოველწლიურად ჩქარდება. დიდი რაოდენობით ენერგია საჭირო ტემპერატურის ასამაღლებლად ისეთ სიღრმეზე, სადაც მიწის შუქი არ აღწევს.

¹⁰ Rosenthal, Y., Linsley, B. K., & Oppo, D. W. (2013). Pacific Ocean Heat Content During the Past 10,000 Years. Science, 342(6158), 617–621. <https://doi.org/10.1126/science.1240837>
Oppo, D. (2013, October 31). Is Global Heating Hiding Out in the Oceans? <https://www.earth.columbia.edu/articles/view/3130>

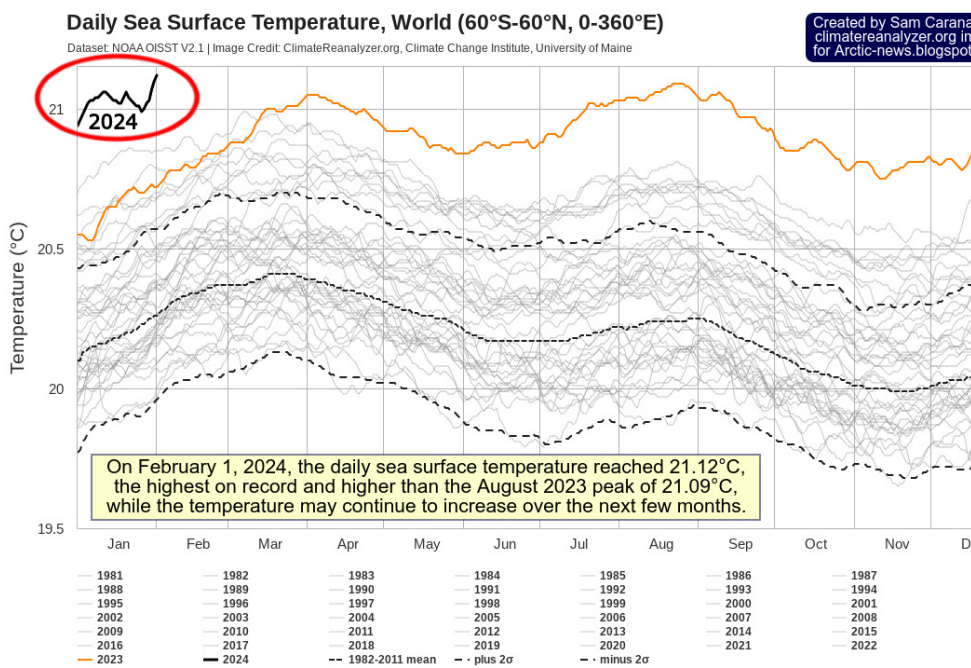
ოკეანის წყლების გახურების ხელშემწყობი ერთ-ერთი ფაქტორი მეთანის გამოყოფაა. მეთანის უზარმაზარი მარაგი გაზის ჰიდრატების (კლატრატების) სახით გვხვდება არქტიკული ოკეანის ზღვის ფსკერზე. გეოთერმული გათბობის გავლენის ქვეშ, ეს აკუმულაციები დნება, გამოყოფს მეთანს აირისებრი სახით. მეთანის ასეთი გამოყოფა ხდება აფეთქებით და ეწოდება მეთანის შლეიფი ან მეგა-აფეთქება. 2014 წლის აპრილში NOAA¹¹ თანამგზავრების მიერ ატმოსფეროში აღმოჩენილი იქნა მეთანის ანომალური აფეთქება. მიწისძვრები მიუთითებს ხარვეზების აქტივობაზე, მაგმის კამერებში ძვრებზე და სითბოს ნაკადების გამოყოფაზე.

ოკეანის ღრმა ფენებში ტემპერატურის მატების მონაცემები მიუთითებს იმაზე, რომ ოკეანე თბება როგორც ზემოდან, ასევე ქვემოდან.

დათბობის მნიშვნელოვანი ტენდენციები შეინიშნება¹² 4500 მეტრზე მეტ სიღრმეზე: 0.02°C ± 0.01°C ათწლეულში 2009 და 2019 წლებში.

ტემპერატურის მატება 0,02°C ± 0,01°C წარმოადგენს ენერჯის კოლოსალურ რაოდენობას, რომელიც საჭიროა ოკეანის ფსკერზე ცივი წყლის ასეთი მოცულობის გასათბობად.

ოკეანის ზედაპირის ტემპერატურის ყველა დროის ისტორიული რეკორდი მოხსნა 2023 წელს (სურათი 36). 2024 წელმა უკვე გადააჭარბა 2023 წელს დაფიქსირებულ ყველა რეკორდს და, როგორც ჩანს, შემდგომი ცვლილებების ტენდენცია შეიძლება გადააჭარბოს გრაფიკზე წარმოდგენილ დიაპაზონებს.



სურათი 36

ოკეანის ყველაზე მაღალი რეკორდული ტემპერატურა, ზღვის ზედაპირის საშუალო დღიური ტემპერატურა, 1981-2024 წწ. მონაცემთა წყარო: მონაცემთა ნაკრები NOAA OISST V2.1 | გამოსახულების წყარო: ClimateReanalyzer.org, კლიმატის ცვლილების ინსტიტუტი, მეინის უნივერსიტეტი, მონაცემთა ნაკრები. NOAA OISST

¹¹ იურგანოვი ლ.ნ., Leifer A., Vadakkepuliambatta S. ატმოსფერული მეთანის კონცენტრაციის დაჩქარებული ზრდის ნიშნები 2014 წლის შემდეგ: სატელიტური მონაცემები არქტიკის შესახებ. // კოსმოსიდან დედამიწის დისტანციური ზონდირების თანამედროვე პრობლემები. 2017. T. 14. No 5. გვ 248-258. https://www.researchgate.net/publication/317587506_Evidences_of_accelerating_the_increase_in_the_concentration_of_methane_in_the_atmosphere_after_2014_satellite_data_for_the_Arctic

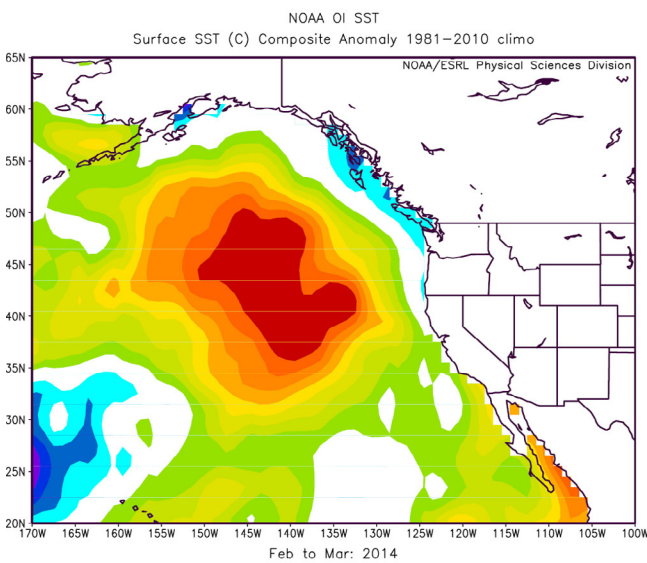
¹² Meinen, C. S., Perez, R. C., Dong, S., Piola, A. R., & Campos, E. (2020). Observed Ocean Bottom Temperature Variability at Four Sites in the Northwestern Argentine Basin: Evidence of Decadal Deep/Abyssal Warming Amidst Hourly to Interannual Variability During 2009–2019. *Geophysical Research Letters*, 47(18). <https://doi.org/10.1029/2020gl089093>

მსოფლიო ოკეანის წყლის გაცხელების კიდევ ერთი მტკიცებულება არის ოკეანის სითბოს ტალღების გაჩენა, რაც წარმოადგენს ოკეანის გაცხელებული წყლის ლოკალიზებულ, ხანგრძლივ უბნებს. ამის განსაკუთრებული მაგალითია ბლომები, (წვეთები) რომლებიც მოიცავს ზედაპირული წყლის უზარმაზარ ტერიტორიებს და აქვთ უჩვეულოდ მაღალი ტემპერატურა. 1995 წლიდან ბლომების რაოდენობა მნიშვნელოვნად გაიზარდა¹³, და ისინი უფრო გავრცელებული გახდა მსოფლიო ოკეანის სხვადასხვა ნაწილში, მათ შორის ახალი ზელანდიის, სამხრეთ-დასავლეთ აფრიკისა და სამხრეთ ინდოეთის ოკეანის სანაპიროებზე.

ერთ-ერთი ყველაზე ცნობილი და უდიდესი ბლომი ჩამოყალიბდა ალიასკის ყურეში 2013 წელს და სწრაფად გავრცელდა წყნარ ოკეანეში.

იგი მოიცავდა 4 000 000 კვადრატულ კილომეტრზე მეტ ტერიტორიას (ინდოეთის ზომაზე დიდი) და წყლის ტემპერატურა ზოგ ადგილას საშუალოზე 5-6 გრადუსი ცელსიუსით აღემატებოდა (სურათი 37). ბლომმა იმოგზაურა ოკეანეზე ალასკიდან მექსიკამდე სამი წლის განმავლობაში 2016 წლამდე (სურათი 38). ეს ფენომენი უარყოფითად აისახა რეგიონის საზღვაო ეკოსისტემასა და კლიმატზე.

ერთ-ერთი თეორია ამ ბლომის წარმოშობის უკან, სავარაუდოდ, არის აქტიური ვულკანიზმი ალიასკის სანაპიროზე და კობის¹⁴ მაგმა პლუმი, რომელმაც გაახურა წყალი ოკეანის ფსკერზე და აიძულა გაცხელებული წყლის უზარმაზარი მოცულობა ზედაპირზე ამოსულიყო.

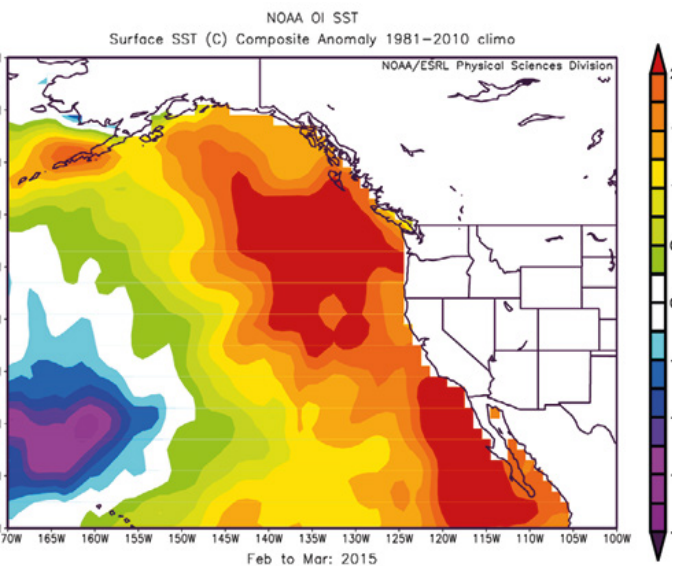


სურათი 38

რუკა გვიჩვენებს, თუ როგორ გადავიდა და გავრცელდა ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის (SST) ანომალია დასავლეთ სანაპიროზე 2015 წლის მარტისთვის. სურათი მოწოდებულია NOAA/ESRL Physical Sciences Division at Boulder, Colorado

სურათი 37

რუკა აჩვენებს ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის (SST) ანომალიის ადგილმდებარეობას, ასევე ცნობილი „წვეთი“, წყნარი ოკეანის ჩრდილო-აღმოსავლეთში 2014 წლის მარტში. სურათი მოწოდებულია NOAA/ESRL Physical Sciences Division at Boulder, Colorado

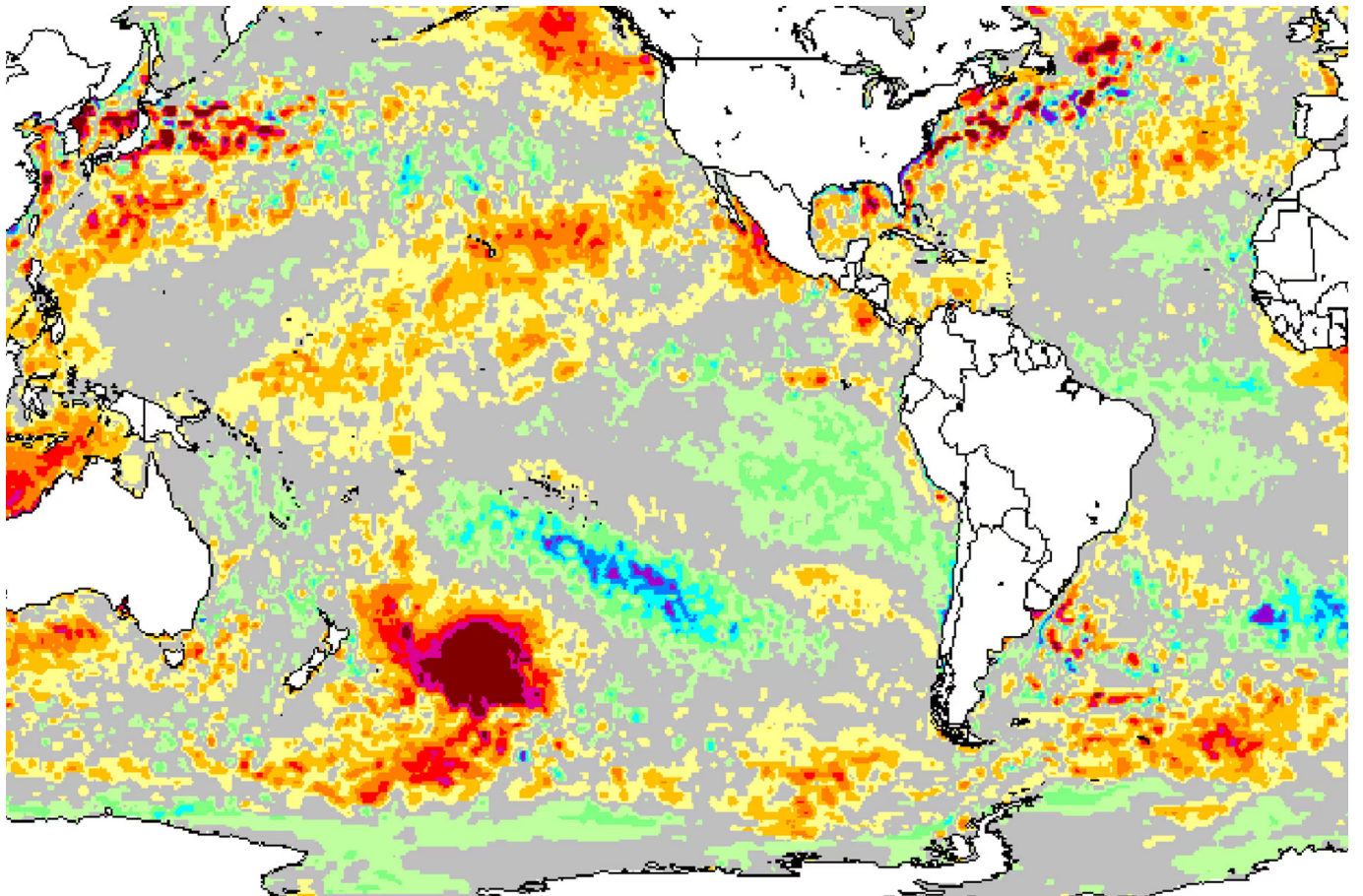


¹³ Laufkötter, C., Zscheischler, J., & Frölicher, T. L. (2020). Science, 369(6511), 1621–1625. <https://doi.org/10.1126/science.aba0690>
¹⁴ Chadwick, J., Keller, R., Kamenov, G., Yogodzinski, G., & Lupton, J. (2014). The Cobb hot spot: HIMU-DMM mixing and melting controlled by a progressively thinning lithospheric lid. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 15(8), 3107–3122. <https://doi.org/10.1002/2014gc005334>

2019 წლის დეკემბერში, ახალი ზელანდიის აღმოსავლეთით, სამხრეთ წყნარ ოკეანეში, ბლომი გაჩნდა, სადაც ტემპერატურა გარკვეულ დღეებში საშუალოზე 6°C-ით აღემატება. ლაქა მოიცავდა ერთ მილიონ კვადრატულ კილომეტრზე მეტ ფართობს, რაც თითქმის 1,5-ჯერ აღემატება ტენასის ზომას, ანუ ოთხჯერ აღემატება ახალ ზელანდიას (სურათი 39). როგორც იტყობინებიანა, რომ ის იმ დროისთვის ყველაზე დიდი ბლომი „წვეთი“ იყო მსოფლიო ოკეანეში. ეს იყო ასევე მეორე უდიდესი მოვლენა, რომელიც ოდესმე დაფიქსირებულა რეგიონში. ჯეიმს რენვიკმა, ველინგტონის ვიქტორიის უნივერსიტეტის

გეოგრაფიის, გარემოსა და დედამიწის მეცნიერებათა სკოლის ხელმძღვანელმა, თქვა: “ეს არის პლანეტაზე ახლა საშუალოზე მაღალი დათბობის ყველაზე დიდი ადგილი. ჩვეულებრივ, იქ ტემპერატურა დაახლოებით 15 °C-ია, მაგრამ ამ დროისთვის ისინი დაახლოებით 20 °C-ია”¹⁵

ამ ბლომის „წვეთი“ წარმოქმნის მიზეზი, სავარაუდოდ, ახალი ზელანდიის სანაპიროზე უძველესი ვულკანური პლატოს აქტივობა იყო.¹⁶



სურათი 39

ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის ანომალია სამხრეთ წყნარ ოკეანეში 2019 წლის 25 დეკემბერს. წყარო: Morton, A. (2019, 27 დეკემბერი). Hot Blob: ახალი ზელანდიის სანაპიროზე თბილი წყლის დიდი ნაწილი მეცნიერებს თავსატეხებს უჩენს. The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>

¹⁵ Morton, A. (2019, December 27). Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. The Guardian. <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists> (დაშვების თარიღი 01.02.2024).
¹⁶ Gase, A., Bangs, N. L., Saffer, D. M., Han, S., Miller, P., Bell, R., Arai, R., Henrys, S. A., Shiraishi, K., Davy, R., Frahm, L., & Barker, D. (2023). Subducting volcanoclastic-rich upper crust supplies fluids for shallow megathrust and slow slip. Science Advances, 9(33). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0150>

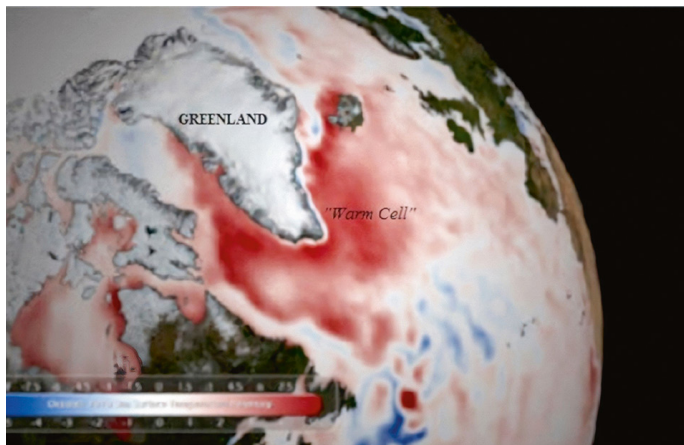
იმ თეორიით, რომ საზღვაო სითბური ტალღები და ოკეანის ბლომების გაჩენა გამოწვეულია ოკეანის ფსკერზე ღრმა წყლების გათბობით, შეესაბამება ახალ კვლევას, რომელიც ჩატარდა ჩინეთის ოკეანის უნივერსიტეტის მეცნიერების მიერ¹⁷. მათ აჩვენეს, რომ ზღვის სითბოს ტალღების მესამედი არანაირად არ ვლინდება ოკეანის ზედაპირზე და დაახლოებით ნახევარი ვლინდება ცხოვრების ციკლის არა ყველა ეტაპზე. ამ მიწისქვეშა ზღვის სითბოს ტალღების წლიური რაოდენობა მნიშვნელოვნად გაიზარდა ბოლო სამი ათწლეულის განმავლობაში ოკეანის დათბობის გამო. ის ფაქტი, რომ საზღვაო სითბური ტალღების მნიშვნელოვანი ნაწილი არც კი შეინიშნება ოკეანის ზედაპირზე, ალბათ იმაზე მეტყველებს, რომ ისინი არ შეიძლება იყოს გამოწვეული ატმოსფეროდან მიღებული სითბოთი.

ამიტომ, ანთროპოგენური ფაქტორის გარდა, საზღვაო სითბოს ტალღების წარმოქმნის მიზეზი, მათ შორის ბლომები, არის წყალქვეშა ვულკანური აქტივობა და მაგმა, რომელიც დედამიწის შიგნიდან ოკეანის ქერქში ამალდა, რაც 1995 წელს დაიწყო. ეს იწვევს ღრმა გათბობას. წყლის ფენები, რომლებიც ვერტიკალურად ამოდის ოკეანის ფსკერიდან ზედაპირზე, ქმნიან ოკეანის ანომალიურად გაცხელებულ უბნებს. ოკეანეში ბლომები იწვევს ატმოსფერული წნევის ცვლილებას, ქარების და

დინების ანომალიებს, ოკეანის ზოგად გათბობას და ეკოსისტემების განადგურებას. მაგმატური აქტივობის მატებასთან ერთად, გაიზარდა ასეთი ოკეანის სიციხის ტალღების რაოდენობა და ზომა.

საზღვაო სიციხის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი ეფექტი არის ოკეანის დინების პარამეტრების ცვლილება, მაგალითად, გოლფსტრიმის შენელება 2010 წლის მაისიდან აგვისტომდე. გეოლოგ ჯეიმს კამისის აზრით, მაგმის აწევა, რამაც გამოიწვია ვულკანის ამოფრქვევა, სავარაუდოდ, გააცხელა წყალი ოკეანის ფსკერზე¹⁸. შედეგად, დაკვირვების თანახმად, 2010 წლის მაისში, გრენლანდიის ქვეშ მდებარე ტექტონიკური ზონის ზემოთ მოჩანდა ცხელი წყლის მასიური მოცულობა, რომელიც, როგორც ვარაუდობენ, გარკვეული დროით ბლოკავდა გოლფსტრიმის გზას. (სურათი 40). ამან გამოიწვია ამინდის ცვლილებების დროებითი ცვლილება ევროპასა და ჩრდილოეთ ამერიკაში. გოლფსტრიმის უფრო მნიშვნელოვანმა შესუსტებამ ან შეჩერებამ შეიძლება გამოიწვიოს კლიმატის, ეკოსისტემებისა და ევროპისა და ჩრდილოეთ ამერიკის ეკონომიკაში მნიშვნელოვანი ცვლილებები.

ამჟამად, ანთროპოგენური ფაქტორისა და მაგმური აქტივობის გაზრდის გამო, რაც ხელს უწყობს ოკეანის ღრმა ფენების გათბობას, გოლფსტრიმი დასუსტების, გაჩერების ან მთლიანად გაქრობის საფრთხის წინაშეა.



სურათი 40

ოკეანის ზედაპირის ტემპერატურის რუკა 2010 წლის მაისისთვის, რომელიც ასახავს 2009-2010 წლების საზღვაო სიციხეს ჩრდილო ატლანტის ოკეანეში (წითლად არის ნაჩვენები).

წყარო: Kamis, J. E. (n.d.). Geologically Induced Northern Atlantic Ocean "Warm Blob" Melting Southern Greenland Ice Sheet. Plate Climatology. <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet?rq=Alaska>

¹⁷ Sun, D., Li, F., Jing, Z., Hu, S., & Zhang, B. (2023). Frequent marine heatwaves hidden below the surface of the global ocean. Nature Geoscience, 16(12), 1099–1104. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01325-w>
¹⁸ Kamis, J. E. (n.d.). Geologically Induced Northern Atlantic Ocean "Warm Blob" Melting Southern Greenland Ice Sheet. Plate Climatology. <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet?rq=Alaska>

ანომალიური მყინვარების დნობა ანტარქტიდასა და გრენლანდიაში

ყინულის დანაკარგი ძირითადი ყინულის ფენებიდან დაჩქარდა ბოლო 29 წლის განმავლობაში, გრენლანდიაში ყინულის დაკარგვის მაჩვენებელი ახლა 400%-ით მეტია, ხოლო ანტარქტიდაში 25%-ით მეტი ვიდრე 1990-იანი წლების დასაწყისში¹⁹.

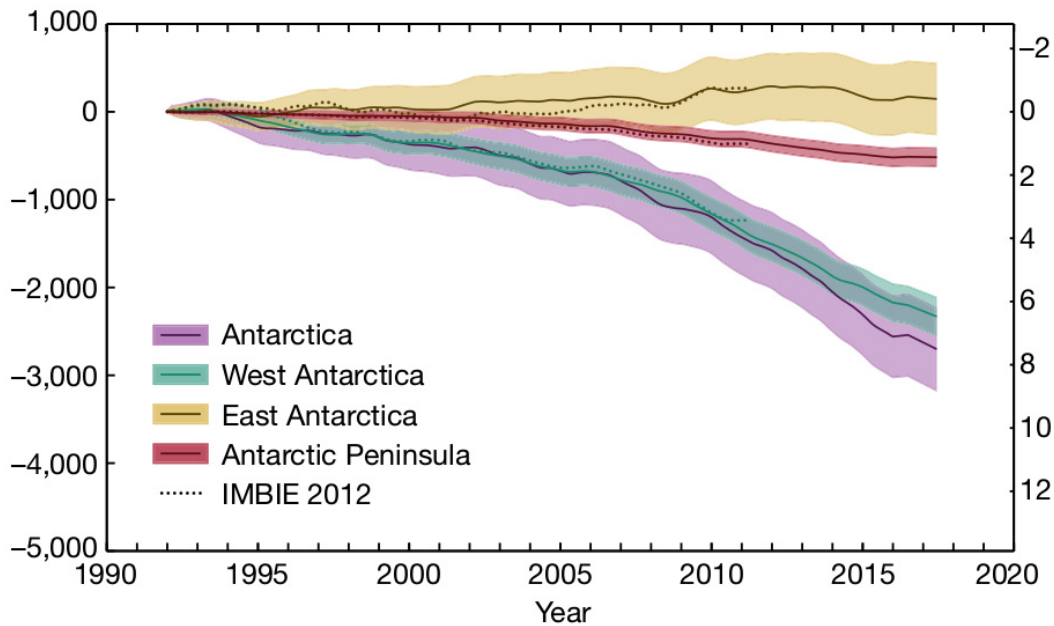
განვიხილოთ ანტარქტიდის მაგალითი. კვლევები აჩვენებს, რომ 1992 წლიდან ანტარქტიდამ დაკარგა თითქმის სამი ტრილიონი ტონა ყინული²⁰, რაც უდრის 1,2 მილიარდი ოლიმპიური ზომის საცურაო აუზს. ფაინ-კუნძულის მყინვარი, რომელიც ითვლება ანტარქტიდის ყველაზე დაუცველ პუნქტად, ყოველწლიურად კარგავს დაახლოებით 45

მილიარდ ტონა ყინულს²¹. მეორე ყველაზე ცნობილი მყინვარი ანტარქტიდაში არის გიგანტური Waits Ice Shelf.

ანტარქტიდაში ყინულის დაკარგვის 86% ხდება დასავლეთ ანტარქტიდაზე, სადაც ფაინ-კუნძულის და ტვეიტის მყინვარები სწრაფად უკან იხევს და თხელდება (Rignot et al. 2014; Shepherd et al. 2002) (სურათები 41–43).

გასაკვირია ის ფაქტი, რომ მყინვარები ძირითადად მხოლოდ კონტინენტის დასავლეთ ნაწილში დნება.

ანტარქტიდის მყინვარების ინტენსიური დნობა 1995 წლიდან



სურათი 41

ყინულის მასა და ზღვის დონე იცვლება ანტარქტიდაში 1992-2017 წლებში. მეწამული მრუდი არის ანტარქტიდაში ყინულის დაკარგვის საშუალო მაჩვენებელი. მწვანე მრუდი არის ყინულის დაკარგვის მაჩვენებელი დასავლეთ ანტარქტიდაში. ყვითელი მრუდი არის დადებითი ტენდენცია, ანუ ყინულის მომატება აღმოსავლეთ ანტარქტიდაში.

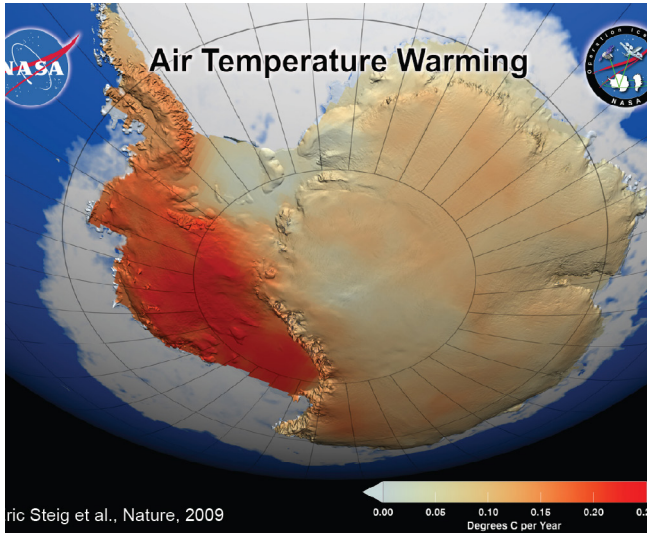
წყარო: IMBIE Team. (2018). ანტარქტიდის ყინულის მასის ბალანსი 1992 წლიდან 2017 წლამდე. ბუნება, 558, 219–222.

<https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>

¹⁹ Otosaka, I. N., Horwath, M., Mottram, R. & Nowicki, S. (2023). Mass Balances of the Antarctic and Greenland Ice Sheets Monitored from Space. *Surveys in Geophysics*, 44:1615–1652. DOI: 10.1007/s10712-023-09795-8

²⁰ The IMBIE Team. (2018). Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017. *Nature*, 558, 219–222. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>

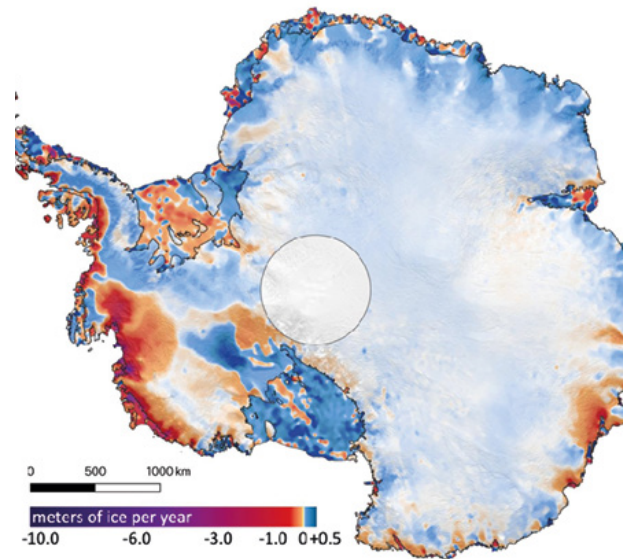
²¹ Seroussi, H., Morlighem, M., Rignot, E., Mouginot, J., Larour, E., Schodlok, M., & Khazendar, A. (2014). Sensitivity of the Dynamics of Pine Island Glacier, West Antarctica, to climate forcing for the next 50 years. *The Cryosphere*, 8(5), 1699–1710. <https://doi.org/10.5194/tc-8-1699-2014>



სურათი 42

NASA-ს რუკა ასახავს დასავლეთ ანტარქტიდის ყინულისა და ანტარქტიდის ნახევარკუნძულის ზედაპირის მნიშვნელოვან დათბობას. დათბობა ბევრად უფრო ინტენსიურია, ვიდრე ადრე იყო გაცხადებული, აღემატება 0,1 გრადუს ცელსიუსს ათწლეულში, ყველაზე მნიშვნელოვანი ზემოქმედება დაფიქსირდა ზამთარსა და გაზაფხულზე. სურათი აერთიანებს ტემპერატურულ მონაცემებს, რომლებიც შეგროვდა 1957 წლიდან 2006 წლამდე 50 წლის განმავლობაში (NASA/GSFC Scientific Visualization Studio 2008)

<https://earthobservatory.nasa.gov/images/36736/antarctic-warming-trends>

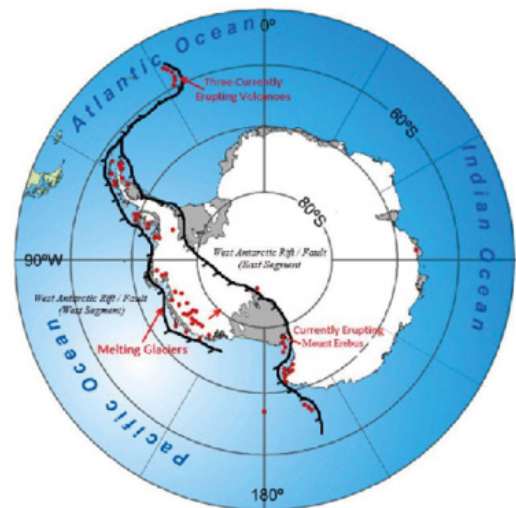


სურათი 43

რუკა ასახავს ანტარქტიდის მიერ დაგროვილი ან დაკარგული ყინულის რაოდენობას 2003 წლიდან 2019 წლამდე. იასამინისფერი და მუქი წითელი ფერები მიუთითებს ყინულის დაკარგვის მაღალ და ზომიერ ტემპებზე, შესაბამისად, ანტარქტიდის სანაპიროზე, ხოლო ლურჯი ფერები მიუთითებს ყინულის ზრდის ტემპზე ნმელეთზე. წყარო: Smith, B., Fricker, H. A., Gardner, A. S., Medley, B., Nilsson, J., Paolo, F. S., Holschuh, N., Adusumilli, S., Brunt, K., Csatho, B., Harbeck, K., Markus, T., Neumann, T., Siegfried, M. R., & Zwally, H. J. (2020). გამჭოლი ყინულის მასის დაკარგვა ასახავს ოკეანისა და ატმოსფეროს კონკურენტ პროცესებს. მეცნიერება, 368(6496), 1239–1242 წწ. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5845>

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ დასავლეთ ანტარქტიდა არის დედამიწის ერთ-ერთი უდიდესი ვულკანური რეგიონი, სადაც ყინულის ქვეშ 140-ზე მეტი ვულკანია ნაპოვნი (სურათი 44).

აერომაგნიტურ დაკვირვებებზე დაყრდნობით, გერმანიის მეცნიერებმა და ბრიტანეთის ანტარქტიდის კვლევამ შექმნეს გეოთერმული სითბოს ნაკადის რუკა დასავლეთ ანტარქტიდაში და აღმოაჩინეს დიდი რაოდენობით გეოთერმული სითბოს შემოდინების ზონა დედამიწის შიგნიდან ტვეიტსის მყინვარის^{22,23} ქვეშ. დასავლეთ ანტარქტიდის ქვეშ გეოთერმული ნაკადი შეესაბამება მყინვარული დნობის გაზრდილი ზონებს.



სურათი 44

“აქტიური” (ამჟამად ამოფრქვეული) ან “მიძინებული” (პოტენციურად აქტიური) ვულკანების რუკა ანტარქტიდის კონტინენტზე, რომელიც მდებარეობს დასავლეთ ანტარქტიდის რიფტის სისტემის გასწვრივ. ეს აქტიური რღვევის ზონა არღვევს კონტინენტს და საშუალებას აძლევს სუბოკეანურ ცხელ მაგმას ნაშთებისკენ მიედინება, რითაც კვებავს ვულკანებს.<https://www.plateclimatology.com/west-antarctic-glacial-melting-from-deep-earth-geological-heat-flow-not-global-warming>

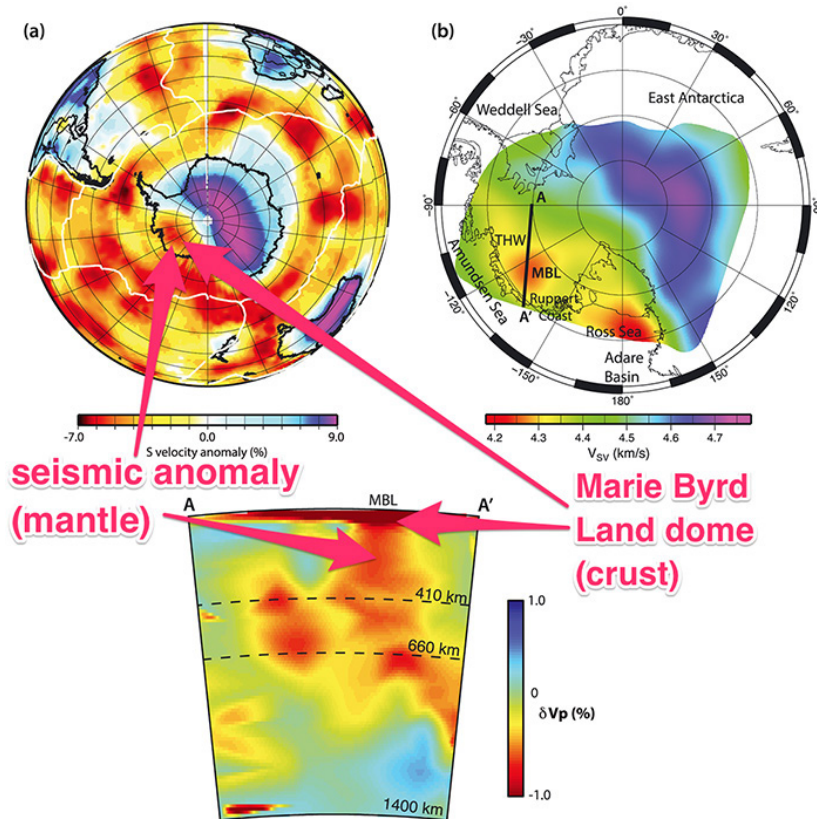
²² Damiani, T. M., Jordan, T. A., Ferraccioli, F., Young, D. A., & Blankenship, D. D. (2014). Variable crustal thickness beneath Thwaites Glacier revealed from airborne gravimetry, possible implications for geothermal heat flux in West Antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*, 407, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.09.023>
²³ Dziadek, R., Ferraccioli, F., & Gohl, K. (2021). High geothermal heat flow beneath Thwaites Glacier in West Antarctica inferred from aeromagnetic data. *Communications Earth & Environment*, 2(16). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00242-3>

როდ აილენდის უნივერსიტეტისა და აღმოსავლეთ ინგლისის უნივერსიტეტის მეცნიერთა ჯგუფმა აღმოაჩინა ანტარქტიდაში ფაინ კუნძულის მცირე სწრაფი დნობის ახალი ფაქტორი: აქამდე უცნობი აქტიური ვულკანი ჩაფლული ყინულის ქვეშ²⁴. მეცნიერებმა აღმოაჩინეს ვულკანური აქტივობა ყინულის ფენის ქვეშ, რომელიც აჩვენებს 25-ჯერ მეტ თერმულ ენერჯიას, ვიდრე მიძინებული ვულკანი.

NASA-ს მეცნიერებმა დასავლეთ ანტარქტიდის ქვეშ აღმოაჩინეს მასიური მაგმა, სახელად მერი ბერდი²⁵, რომლის ფართობი თითქმის მილიონი კვადრატული კილომეტრია (სურათი 45). მერი ბერდ ლენდ ვულკანური პროვინცია არის რეგიონი

დასავლეთ ანტარქტიდაში, რომელიც ხასიათდება მაღალი ვულკანური აქტივობით. მერი ბერდში ვულკანიზმი მიეკუთვნება ცხელ წერტილს, სადაც მანტიის პლუმი (ცხელი მაგმის ნაკადი, რომელიც ამოდის დედამიწის მანტიის სიღრმედან) აღწევს დედამიწის ქერქში და იწვევს ვულკანურ აქტივობას. მეცნიერთა გამოთვლებით, მანტიის ბუმბულის სითბო ათბობს მის ზემოთ კლდოვან და ყინულის ფენებს თითქმის ისეთივე ენერჯიით, როგორც იელოუსტონის სუპერვულკანი, რომელიც არის 150 მკტ კვადრატულ მეტრზე და აღწევს 180 მკტ კვადრატულ მეტრზე რღვევის ზონებში. ეს დაახლოებით სამჯერ მეტი სითბოა, ვიდრე მეზობელ კლდის ფენებში.

მერი ბერდის მაგმა კამერა დასავლეთ ანტარქტიდაში



სურათი 45

დასავლეთ ანტარქტიდაში, მერი ბერდის რეგიონის ქვეშ ცხელი მანტიის ოლუმის არსებობა, რომელიც მითითებულია სეისმური ტომოგრაფიით. (Helene Seroussi et al./JGR Solid Earth; Business Insider)

წყარო: Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). დასავლეთ ანტარქტიდის მანტიის პლუმის გავლენა ყინულის საფარის ბაზალურ პირობებზე. ჟურნალი გეოფიზიკური კვლევის ჟურნალი: მყარი დედამიწა, 122 (9), 7127-7155.

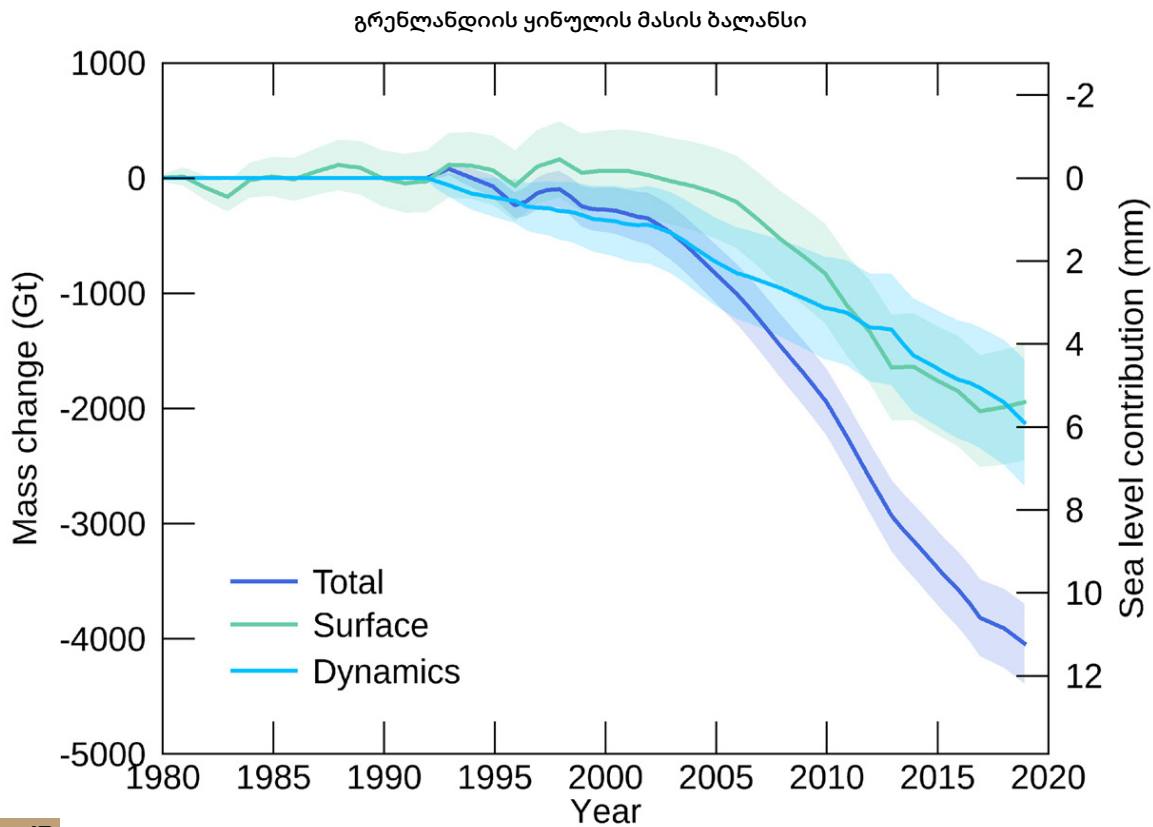
<https://doi.org/10.1002/2017jb014423>

²⁴ Loose, B., Naveira Garabato, A. C., Schlosser, P., Jenkins, W. J., Vaughan, D., & Heywood, K. J. (2018). Evidence of an active volcanic heat source beneath the Pine Island Glacier. Nature Communications, 9(2431). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04421-3>

²⁵ Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). Influence of a West Antarctic mantle plume on ice sheet basal conditions. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 122(9), 7127-7155. <https://doi.org/10.1002/2017jb014423>

განვიხილოთ გრენლანდიის ყინულის საფარის დნობა. ამჟამად გრენლანდიაში ყინული უფრო სწრაფად დნება, ვიდრე ნებისმიერ დროს ბოლო 12000 წლის განმავლობაში²⁸. სურათი 47 გვიჩვენებს გრაფიკს, რომელიც ასახავს გრენლანდიის ყინულის დანაკარგის ექსპონენციალურ ზრდას 1992 წლიდან 2018 წლამდე. გრენლანდიის ყინულის დაკარგვა დაიწყო 1990-იან წლებში, მაგრამ პერიოდმა 2006 წლიდან 2012 წლამდე შეადგინა მთლიანი

დანაკარგის თითქმის ნახევარი. გრენლანდიის რეგიონში ცივი ატმოსფერული პირობების მიუხედავად, ყინულის დაკარგვის მაჩვენებელი ამ პერიოდის შემდეგ მაღალი დარჩა. მხოლოდ 2019 წლის ივლისში გრენლანდიის ყინულმა დაკარგა 197 მილიარდი ტონა ყინული, რაც დაახლოებით 80 მილიონი ოლიმპიური ზომის საცურაო აუზის ექვივალენტია.



სურათი 47

გრენლანდიის ყინულის მასის მთლიანი კუმულაციური ცვლილება, დაყოფილია ორ კომპონენტად: ზედაპირულად და დინამიურად (მყინვარის მასის დაკარგვის ნაწილი, რომელიც გამოწვეულია მისი გადაადგილებით და აისბერგების მოწყვეტით). ცვლილება 1992 წელთან შედარებით. მონაცემთა წყარო: IMBIE (Shepherd et al., 2020), კრედიტი: IMBIE/ESA/NASA.

მდინარეები მიედინება და ტბები ჩნდება გრენლანდიის ყინულის ზედაპირზე, მაგრამ გასაკვირია, რომ ყინულის ფურცლის ქვეშ მდინარეები და ტბებიც აღმოაჩინეს, რომლის სისქე დაახლოებით 1,5 კილომეტრია. დღემდე აღმოჩენილია დაახლოებით 60 სუბყინულოვანი

ტბა²⁹. ამ ტბების წარმოქმნის საყოველთაოდ ცნობილი მიზეზი არის გეოთერმული სიცხე და დნობის წყალი, რომელიც მიედინება ბზარებში. ეს ტბები იქმნება იმის გამო, რომ ყინულის ფურცელი ახლა დნება როგორც ზემოდან, ასევე ქვემოდან.

²⁸ Briner, J. P., Cuzzone, J. K., Badgley, J. A., Young, N. E., Steig, E. J., Morlighem, M., Schlegel, N.-J., Hakim, G. J., Schaefer, J. M., Johnson, J. V., Lesnek, A. J., Thomas, E. K., Allan, E., Bennike, O., Cluett, A. A., Csatho, B., de Vernal, A., Downs, J., Larour, E., & Nowicki, S. (2020). Rate of mass loss from the Greenland Ice Sheet will exceed Holocene values this century. *Nature*, 586(7827), 70–74. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2742-6>

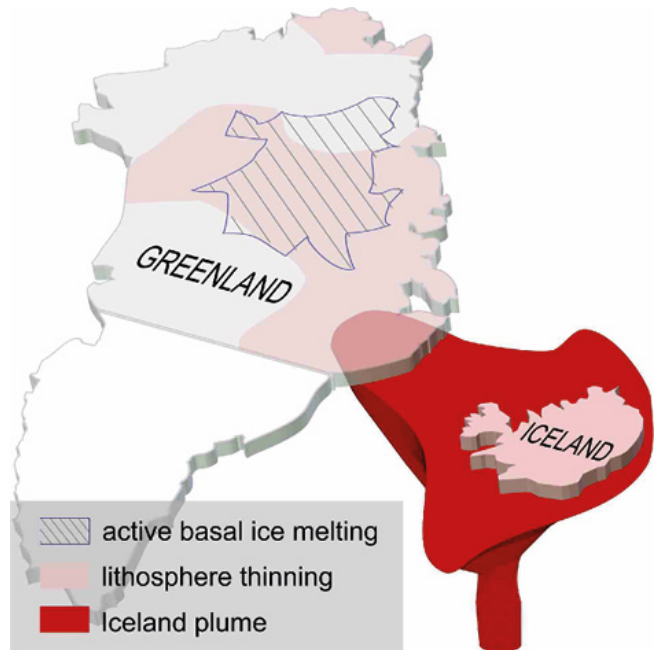
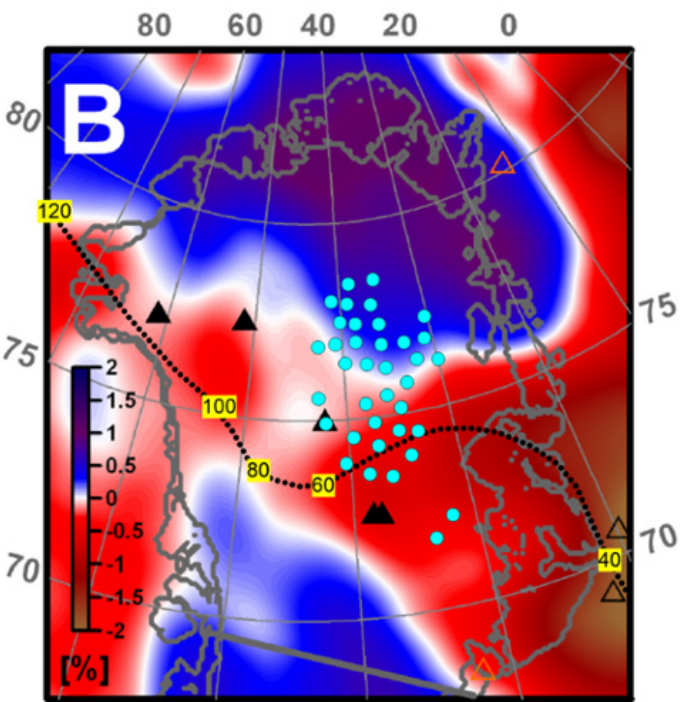
²⁹ Bowling, J. S., Livingstone, S. J., Sole, A. J., & Chu, W. (2019). Distribution and dynamics of Greenland subglacial lakes. *Nature Communications*, 10(2810). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10821-w>

ამერიკელი მეცნიერების ჯგუფმა, პროფესორ რალოფ ფონ ფრუხეს ხელმძღვანელობით, ოჰაიოს სახელმწიფო უნივერსიტეტიდან, გამოიყენა გრავიტაციული კვლევა გრენლანდიის ქერქის ქვეშ არსებული სისქის შესაფასებლად. მათ აღმოაჩინეს, რომ მყინვარების ყველაზე მნიშვნელოვანი დნობა ხდება კუნძულის ჩრდილოეთ ნაწილში, სადაც დედამიწის ქერქი ყველაზე თხელია. ამ რეგიონში შეიმჩნევა ამაღლებული გეოთერმული სითბოს ნაკადი ამომავალი მანტიის პლუმიდან გამო³⁰.

იმავე დასკვნამდე მივიდნენ მეცნიერები ინტერდისციპლინარული ჯგუფიდან, რომელსაც

ხელმძღვანელობდნენ ირინა როგოჟინა და ალექსეი პეტრუნინი, ო.შმიდტის დედამიწის ფიზიკის ინსტიტუტის წევრები.³¹ სეისმური ტომოგრაფიის მონაცემებზე დაყრდნობით, მკვლევარებმა გრენლანდიის წიაღში მანტიის პლუმი აღმოაჩინეს.

მაგმის ნაკადი ამოდის ბირთვი-მანტიის საზღვრიდან და უახლოვდება დედამიწის ზედაპირს უშუალოდ კუნძულის ცენტრალური ნაწილის ქვეშ. ეს ფენომენი, სავარაუდოდ, ყინულის დნობის ხელშემწყობი დამატებითი ფაქტორია. სწორედ ამ ტერიტორიაზეა ყველაზე დიდი რაოდენობით სუბყინულოვანი ტბები (სურათები 48-49).



სურათი 49

ივან კულაკოვის ილუსტრაცია, რუსი გეოფიზიკოსი, გეოფიზიკისა და გეოდინამიკის ექსპერტი, რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის წევრ-კორესპონდენტი.
წყარო: https://www.vsegei.ru/ru/about/news/97448/?sphrase_id=1444325

სურათი 48

გრენლანდიის სეისმური ტომოგრაფია 150 კმ სიღრმეზე. დაბალი სიჩქარის უბნები, რომლებიც შეესაბამება გაზრდილი ტემპერატურის რეგიონებს, მონიშნულია წითლად. წერტილოვანი ხაზი წარმოადგენს ერთ-ერთ პოტენციურ პლუმის "ტრასას" რეკონსტრუქციას, რომლის ასაკი მითითებულია მილიონობით წელში. ცისფერი წერტილები არის ადგილები, სადაც რადარის კვლევის შედეგებმა აჩვენა, რომ წყალი მყინვარის ქვეშ არის.

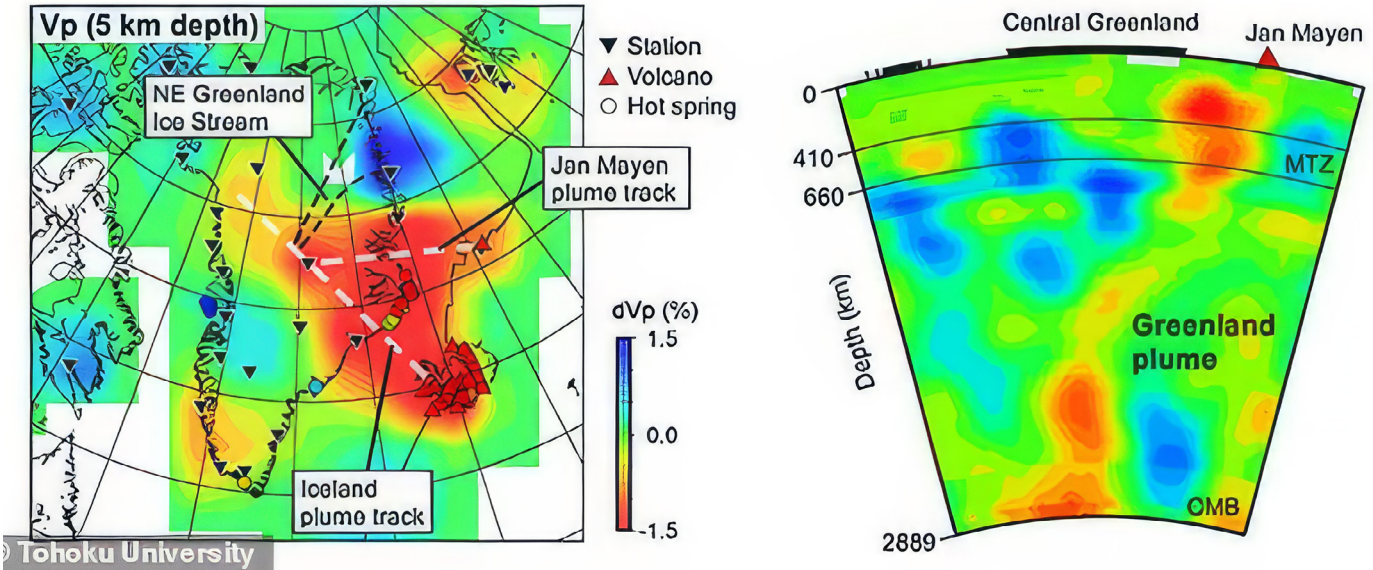
Source: Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). Melting at the base of the Greenland ice sheet explained by Iceland hotspot history. *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>

³⁰van der Veen, C. J., Leftwich, T., von Frese, R., Csatho, B. M., & Li, J. (2007). Subglacial topography and geothermal heat flux: Potential interactions with drainage of the Greenland ice sheet. *Geophysical Research Letters*, 34(12). <https://doi.org/10.1029/2007gl030046>
³¹Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). Melting at the base of the Greenland ice sheet explained by Iceland hotspot history. *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>

მეცნიერებმა გამოთვალეს თეორიული სითბოს ნაკადი ამ მაგმის კამერიდან და დაადგინეს, რომ ეს სითბო საკმარისია მყინვარის ძირის ყინულის გათბობიდან დასადნობად. მსგავსი შედეგები მოგვიანებით ბევრმა მკვლევარმა მიიღო, მათ შორის მანქანური სწავლების გამოყენებით^{32,33},

მსგავსი შედეგები მოგვიანებით მიიღო. იაპონიის ტოკოკუს უნივერსიტეტის მეცნიერთა მიერ ჩატარებულმა კვლევამ გაარკვია გრენლანდიის ქვეშ მდებარე მაგმის კამერის სტრუქტურა³⁴ (სურ. 50-51).

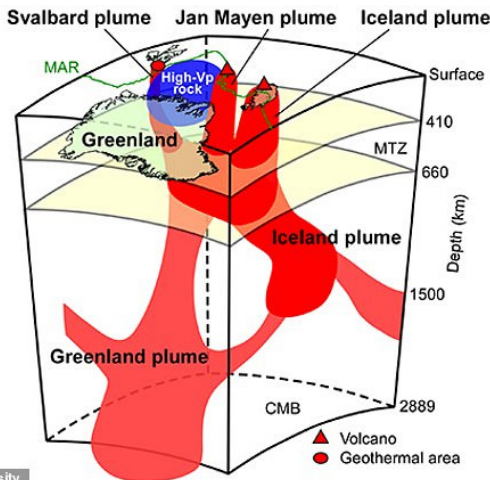
მაგმატური პლუმი გრენლანდიის ქვეშ, მოდელი



სურათი 50

სეისმური სიჩქარის სტრუქტურისა და გეოთერმული სითბოს ნაკადის შედარება. ლურჯი და წითელი ფერები მიუთითებს გრძივი ტალღების მაღალ და დაბალ სიჩქარეზე, შესაბამისად. წითელი გვიჩვენებს დაბალი სიჩქარის ზონებს, რომლებიც დაკავშირებულია დნობის ნაკადებთან მაგმის კამერებიდან.

წყარო: Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). P Wave Tomography Beneath Greenland and Surrounding Regions: 1. Crust and Upper Mantle. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>



სურათი 51

გრენლანდიისა და მის შემოგარენში ძირითადი ტექტონიკური მახასიათებლებისა და მაგმატური ბუმბულის დიაგრამა. გრენლანდიის პლუმს აქვს ორი განშტოება, რომლებიც სითბოს აწვდიან ისლანდიის აქტიურ ზონებს, იან მაიენს და სვალბარდის გეოთერმულ ზონას. მდნარი ქანები ამოდის ბირთვისა და მანტიის საზღვრიდან, რაც აჩქარებს ყინულის დნობას ცენტრალურ გრენლანდიაში და ამაღლებს ზღვის დონეს.

მონაცემთა წყარო: Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). <https://doi.org/10.1029/2020JB019837>

³² Rezvanbehbahani, S., Stearns, L. A., Kadivar, A., Walker, J. D., & van der Veen, C. J. (2017). Predicting the Geothermal Heat Flux in Greenland: A Machine Learning Approach. *Geophysical Research Letters*, 44(24), 12,271-12,279. <https://doi.org/10.1002/2017gl075661>

³³ Rysgaard, S., Bendtsen, J., Mortensen, J., & Sej, M. K. (2018). High geothermal heat flux in close proximity to the Northeast Greenland Ice Stream. *Scientific Reports*, 8(1344). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19244-x>

³⁴ Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). P Wave Tomography Beneath Greenland and Surrounding Regions: 1. Crust and Upper Mantle. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>

ამრიგად, იაპონელი, რუსი და გერმანელი მეცნიერების კვლევების მიხედვით, გრენლანდიაში, ისევე როგორც ანტარქტიდაში, ცენტრალურ ნაწილში მაგმა კამერა მდებარეობს, რაც ბოლო ათწლეულების განმავლობაში გრენლანდიის მყინვარების დაჩქარებული სრიალის შესაძლო მიზეზია.

სავარაუდოა, რომ მსოფლიოს ორი უდიდესი მყინვარული რეგიონი, ანტარქტიდა და გრენლანდია, დნება არა მხოლოდ ანთროპოგენური ფაქტორის გამო, არამედ დამატებით გეოთერმული სითბოს ზრდის გამო დედამიწის შიგნიდან და სიცხე ძლიერდება, რაც მიუთითებს ექსპონენციალური ტენდენციებით

მყინვარების დნობას. ეს ვარაუდობს, რომ მაგმა კამერა აქტიურია დასავლეთ ანტარქტიდისა და ცენტრალური გრენლანდიის ქვეშ 1995 წლიდან.

ამ ინფორმაციის მიწოდების მიზანია პლანეტის შიგნით დაგროვილი ენერჯიის არანორმალურ რაოდენობაზე ყურადღების მიქცევა. ენერგეტიკული დონე იმდენად მაღალია, რომ მან გაააქტიურა მაგმა კამერა, რომლებმაც დაიწყეს მყინვარების დნობა ექსპონენციალური სიჩქარით. ეს პროცესი აჩქარებს, რაც მიუთითებს პლანეტების მაგმატური აქტივობის ზრდაზე, რამაც შესაძლოა დამატებითი სერიოზული საფრთხე შეუქმნას ადამიანის სიცოცხლეს.

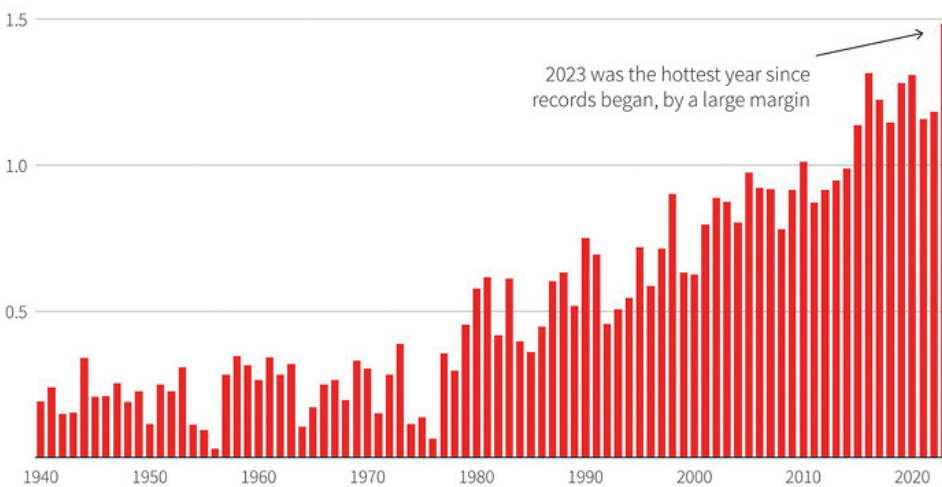
ატმოსფეროს ქვედა ფენების დათბობა

ატმოსფეროს ქვედა ფენების უპრეცედენტო დათბობა მსოფლიო ოკეანის გაცხელების შედეგია. სურათი 52 წარმოადგენს გრაფიკს, რომელიც ასახავს საშუალო ტემპერატურის უპრეცედენტო მატებას მთელ მსოფლიოში 1850 წლიდან 2023 წლამდე. 2023 წელს დაფიქსირდა

ტემპერატურის ახალი ისტორიული რეკორდი. სამანტა ბერჯესის, კოპერნიკის კლიმატის ცვლილების სამსახურის (CCCS) დირექტორის მოადგილის თქმით, 2023 წელი ყველაზე ცხელი წელი გახდა, სულ მცირე, ბოლო 100 000 წლის განმავლობაში³⁵.

2023 წელი იყო მსოფლიოში ყველაზე ცხელი წელი

მსოფლიოში ზედაპირის ტემპერატურის ზრდა 1850-1900 წლების პრეინდუსტრიული პერიოდის საშუალო მაჩვენებელთან შედარებით (°C)



სურათი 52

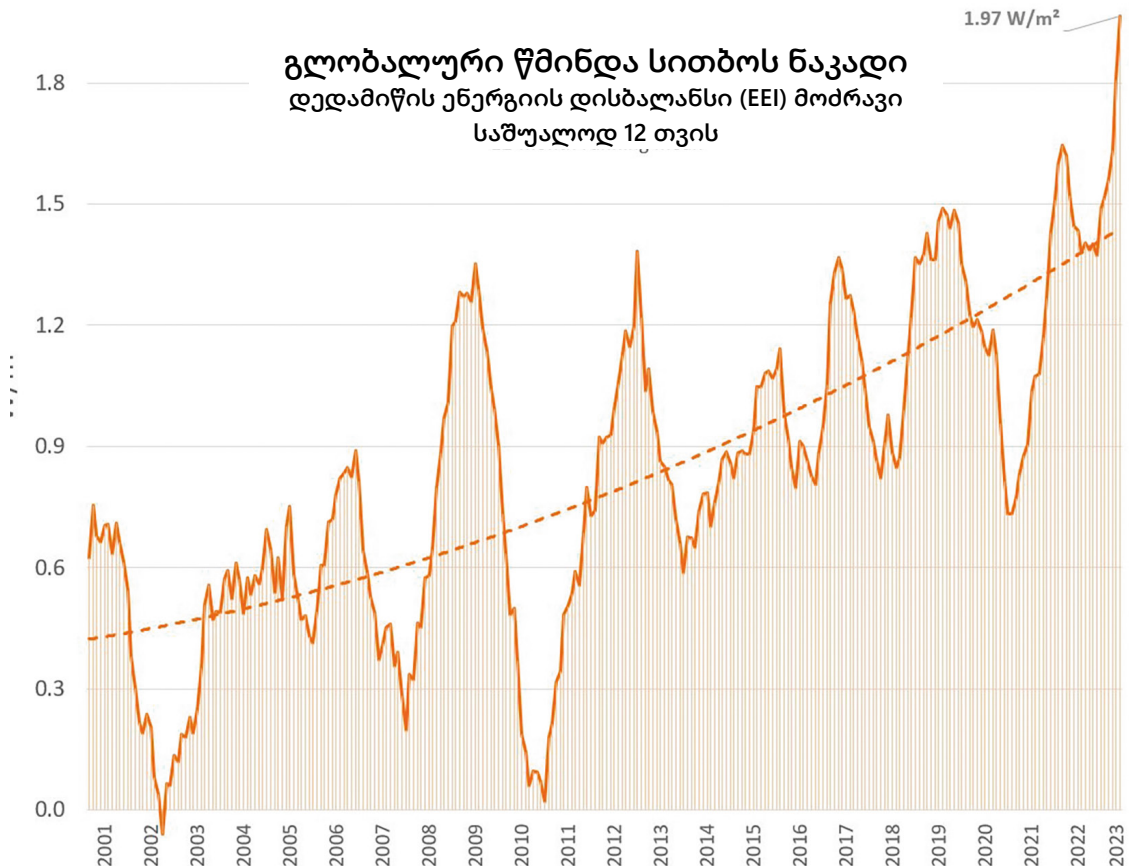
გლობალური ზედაპირის ტემპერატურის ზრდა. 1850-1900 წლების პრეინდუსტრიული პერიოდის საშუალო მაჩვენებელთან შედარებით (°C). წყარო: Copernicus Climate Change Service/ECMWF

³⁵ Source: <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>

NASA-ს მთავარმა კლიმატოლოგმა გევინ შმიდტმა გამოთქვა შეშფოთება 2023 წლის რეკორდულად მაღალი ტემპერატურის შესახებ, რომელიც, მისი თქმით, არა მხოლოდ აჭარბებდა წინა რეკორდებს, არამედ მიუთითებდა უცნობი გათბობის პროცესების არსებობაზე, რომელიც აღემატება წინა მოდელების ნორმალურ გრძელვადიან ტენდენციებს. მან თქვა: „ჩვენ გვესმის გრძელვადიანი ტენდენციები და ისინი გამოწვეულია სათბურის გაზებით, ანთროპოგენური ზემოქმედებით... მაგრამ ის, რაც 2023 წელს მოხდა, სწორედ ეს იყო, შემდეგ კი პლიუს რაღაც სხვა. და ეს „პლიუს რაღაც“ გაცილებით მეტია, ვიდრე ჩვენ ველით ან ჯერ კიდევ შეგვიძლია ახსნა.“³⁶

უფრო მეტიც, მზარდი დისბალანსია

შემომავალ მზის რადიაციასა და დედამიწიდან გამავალ გამოსხივებას შორის (სურათი 53). გრაფიკი მიუთითებს, რომ დედამიწის ატმოსფერო აგროვებს ენერგიას ექსპონენტურად. ეს გამოწვეულია სათბურის გაზების ემისიებიდან გაზრდილი სიციხის გამო და, დამატებით, სიღრმიდან მაგმის აწევით, ასევე ოკეანისა და ატმოსფეროს ფუნქციის შემცირებით, რათა ეფექტურად გაათავისუფლოს სითბო დედამიწის ზედაპირიდან კოსმოსში. 2023 წლის მარტის მდგომარეობით, დედამიწის ენერგიის წლიური დისბალანსი (EEI) გაზომილი იყო 1,61 ვატი კვადრატულ მეტრზე, რომლის ენერგია უდრის დაახლოებით 13 ატომურ ბომბს (ის, რომელიც აფეთქდა ჰიროშიმამში), რომელიც პლანეტაზე ყოველ წამში ეშვება.



სურათი 53

დედამიწის ენერგეტიკული დისბალანსის (EEI) ექსპონენციური ზრდა, რაც მიუთითებს სხვაობაზე შემომავალ მზის რადიაციასა და გამავალ გამოსხივებას შორის ყველა წყაროდან. © ლეონ სიმონსი
 მონაცემთა წყარო: NASA CERES EBAF-TOA All-sky Ed4.2 Net flux, 2000/03-2023/05.

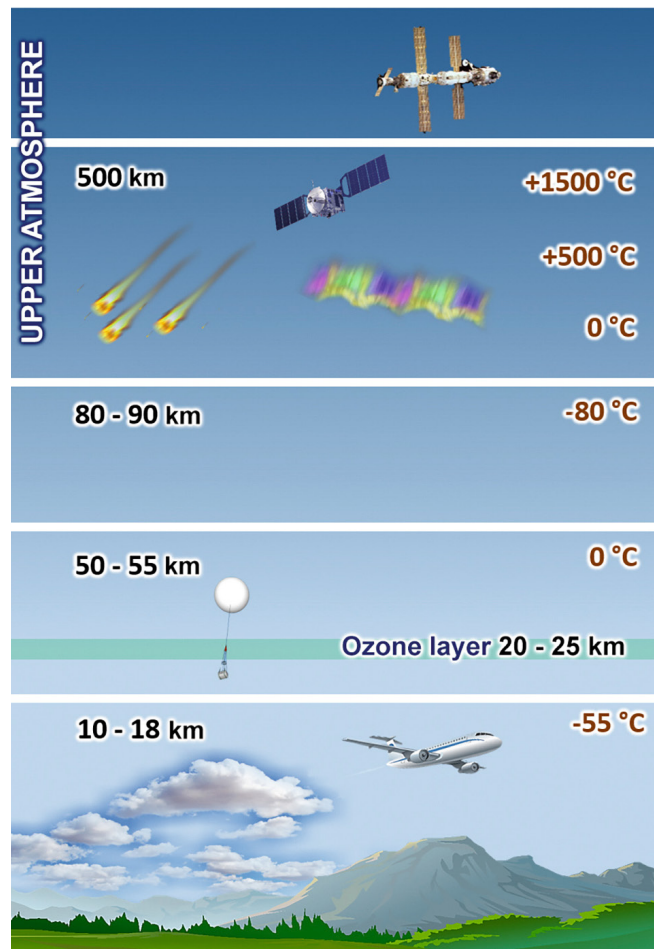
³⁶ Source: <https://phys.org/news/2024-01-driven-mystery-nasa-scientist.html>

ცვლილებები ატმოსფეროს ზედა ფენებში

მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ ცვლილებები ხდება არა მხოლოდ ატმოსფეროს ქვედა ფენებში (ტროპოსფერო), არამედ მის შუა და ზედა ფენებშიც. სურათი 54 გვიჩვენებს ატმოსფერული სტრუქტურის ზოგად გრაფიკულ წარმოდგენას.

თერმოსფერო, ატმოსფეროს ერთ-ერთი ყველაზე ზედა ფენა, განიცდიდა სიმკვრივის რეკორდულ შემცირებას³⁷. 2007 წლიდან მეცნიერებმა დააფიქსირეს თერმოსფერული სიმკვრივის აუხსნელი შემცირება 400 კმ სიმაღლეზე 1,7-დან 7,4%-მდე 10 წლის განმავლობაში³⁸. ეს დასტურდება 10000-ზე მეტი თანამგზავრის ორბიტის მონაცემებით, რომლებიც გადიან თერმოსფეროს. თუ თერმოსფერული სიმკვრივის შემცირება გაგრძელდება, თანამგზავრების შეჯახების ან ავარიის რისკი შეიძლება ძალიან მაღალი გახდეს. გარდა ამისა, თერმოსფერო განიცდის სიმკვრივის მნიშვნელოვან ცვალებადობას მზეზე აფეთქებებით გამოწვეული გეომაგნიტური ქარიშხლების დროს. თუ თერმოსფეროს გათხელება გაგრძელდება იმავე ტემპით, მზის ძლიერ აფეთქებასთან ერთად, ამან შეიძლება გამოიწვიოს ყველა სანავიგაციო და სატელიტური ქსელის სრული შეფერხება, მათ შორის ინტერნეტის.

ცვლილებები ასევე მოხდა მეზოსფეროში³⁹ (50-დან 90 კმ-მდე სიმაღლეზე) და სტრატოსფეროში (18-დან 50 კმ-მდე სიმაღლეზე), რომლებიც მნიშვნელოვნად გაცივდა ბოლო 30 წლის განმავლობაში (სურათები 55-56). საშუალო ატმოსფეროში ტემპერატურის კლება



სურათი 54
ატმოსფერული ფენები

დადგენილია დაკვირვების საფუძველზე სხვადასხვა მეთოდით⁴⁰. 1980 წლიდან 2018 წლამდე მონაცემებით, სტრატოსფეროს სისქე საშუალოდ 400 მეტრით შემცირდა⁴¹.

³⁷ Emmert, J. T., Lean, J. L., & Picone, J. M. (2010). Record-low thermospheric density during the 2008 solar minimum. *Geophysical Research Letters*, 37(12). <https://doi.org/10.1029/2010gl043671>

³⁸ Danilov, A. D., Konstantinova, A. V. (2020). Long-Term Variations in the Parameters of the Middle and Upper Atmosphere and Ionosphere (Review). *Geomagnetizm i Aeronomija [Geomagnetism and Aeronomy]*, 60; 397–420. <https://doi.org/10.1134/S0016793220040040>

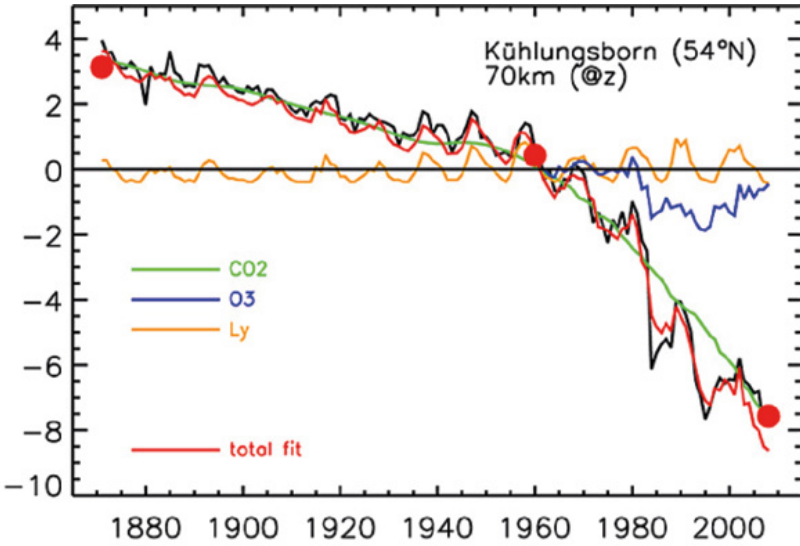
³⁹ Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). Temperature trends in the midlatitude summer mesosphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>

⁴⁰ Danilov, A. D., Konstantinova, A. V. (2020). Long-Term Variations in the Parameters of the Middle and Upper Atmosphere and Ionosphere (Review). *Geomagnetizm i Aeronomija [Geomagnetism and Aeronomy]*, 60; 397–420. <https://doi.org/10.1134/S0016793220040040>

⁴¹ Pisoft, P., Sacha, P., Polvani, L. M., Añel, J. A., de la Torre, L., Eichinger, R., Foelsche, U., Huszar, P., Jacobi, C., Karlicky, J., Kuchar, A., Miksovsky, J., Zak, M., & Rieder, H. E. (2021). Stratospheric contraction caused by increasing greenhouse gases. *Environmental Research Letters*, 16, 064038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfe2b>

სიმკვრივისა და ტემპერატურის შემცირების პარალელურად, დაფიქსირდა ატმოსფეროს ქიმიური შემადგენლობის ცვლილება, კერძოდ, ზედა ატმოსფეროში (თერმოსფერო) ჟანგბადის კონცენტრაციის შემცირება 60%-მდე.

შუა განედებში 130 კმ სიმაღლეზე O₂-ის (მოლეკულური ჟანგბადის) კონცენტრაცია 2-4-ჯერ შემცირდა^{42,43}. გარდა ამისა, ატმოსფეროს ზედა ნაწილში ატომური ჟანგბადის კონცენტრაციის დაქვეითებაც შეინიშნება⁴⁴.

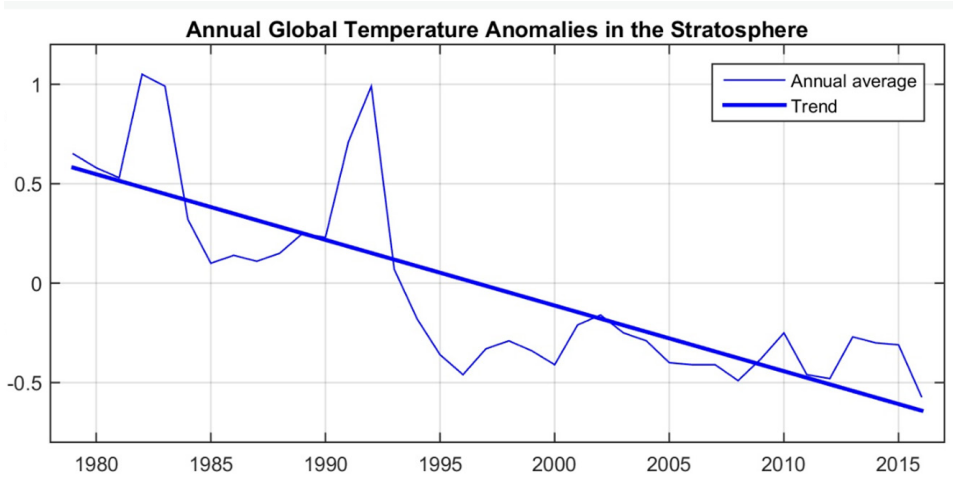


სურათი 55

ტემპერატურის ანომალიები მეზოსფეროში. მეზოსფეროში ტემპერატურა დაეცა დაახლოებით 5-7 K-ით წნევის სიმაღლეებზე და კიდევ უფრო მეტად (10-12 K-მდე) გეომეტრიულ სიმაღლეებზე. წყარო: Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). ტემპერატურული ტენდენციები ზაფხულის შუალედური მეზოსფეროში. ჟურნალი გეოფიზიკური კვლევის ჟურნალი: ატმოსფეროები, 118 (24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>

სურათი 56

გლობალური ტემპერატურის წლიური ანომალიები სტრატოსფეროში. UAH ტემპერატურული ანომალიები (1981 - 2010 წწ.) NOAA პოლარული ორბიტული თანამგზავრებიდან მორგებული Fu et al.-ის მიხედვით. (2004). წყარო: www.ncdc.noaa.gov



ყველა ცვლილება შუა და ზედა ატმოსფეროში მიუთითებს გლობალური ცვლილებების პროცესებზე დედამიწის სისტემაში.

⁴²Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). Long-term trend of the ionospheric E-layer response to solar flares. *Solnechno-Zemnaya Fizika [Solar-Terrestrial Physics]*, 8(1): 51–57. <https://doi.org/10.12737/szf-81202206>

⁴³Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). On the causes of cooling and settling of the middle and upper atmosphere. *Izvestija. RAN. Fizika atmosfery i okeana. [News. Russian Academy of Sciences. Atmospheric and Ocean Physics]*, 58(5), 601-614. <https://doi.org/10.31857/S0002351522050042>

⁴⁴Danilov, A. D., & Konstantinova, A. V. (2014). Reduction of the atomic oxygen content in the upper atmosphere. *Geomagnetizm i Aeronomiya. [Geomagnetism and Aeronomy]*, 54(2), 224–229. <https://doi.org/10.1134/s0016793214020066>

ნაწილი 2

გლობალური კატასტროფის მიზეზები

კლიმატის, ატმოსფერული და გეოდინამიკური კატასტროფების ასეთი სწრაფი და უეცარი ზრდა მთელ მსოფლიოში მიუთითებს იმაზე, რომ ანთროპოგენურ ფაქტორთან ერთად, ჩვენს პლანეტაში უზარმაზარი დამატებითი ენერგია გაჩნდა ჩვენი დედამიწის წიაღში, დედამიწის ქერქის ქვეშ არის რთული თერმოდინამიკური სისტემა, რომელიც ფუნქციონირებს მილიარდობით წლის განმავლობაში. მისი სტაბილურობის წყალობით დედამიწაზე სიცოცხლე შესაძლებელია. თუმცა, ნებისმიერი ცვლილება მიწისქვეშა ფენაში გავლენას ახდენს მთელ სისტემაზე, მათ შორის ზედაპირულ ფენაზე, სადაც ადამიანები ცხოვრობენ.

დედამიწის სტრუქტურა

დედამიწის ატმოსფერო

ეგზოსფერო
This layer is the outermost part of the Earth's atmosphere. It separates the atmosphere from the next layer.

თერმოსფერო
ძალიან ცხელი ფენა ძალიან მაღალი ტემპერატურით, რადგან ის შთანთქავს მზის გამოსხივების დიდ ნაწილს.

მეზოსფერო
მეზოსფერო შედგება წვრილი ჰაერისგან, რომელიც შეიცავს მცირე რაოდენობით ჟანგბადს და ზოგიერთ აირს.

სტრატოსფერო
ფენა ცივი მძიმე ჰაერით ქვემოთ და თბილი ჰაერით ზევით. ოზონის შრე მდებარეობს სტრატოსფეროში. ის გვიცავს მზისგან ულტრაიისფერი გამოსხივებისგან.

ტროპოსფერო
დედამიწის ატმოსფეროს ყველაზე დაბალი ფენა. ღრუბლის წარმოქმნის თითქმის ყველა პროცესი და ამინდის ფენომენი ხდება ამ ფენაში.

Inner Earth

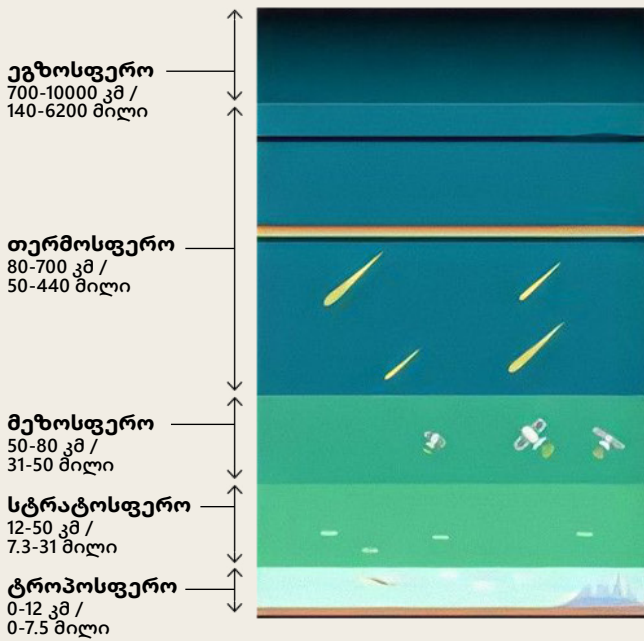
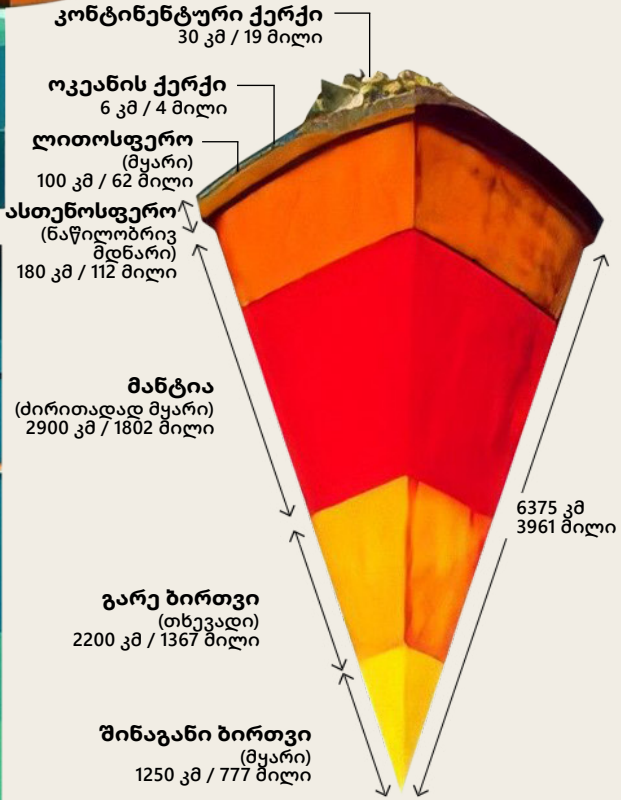
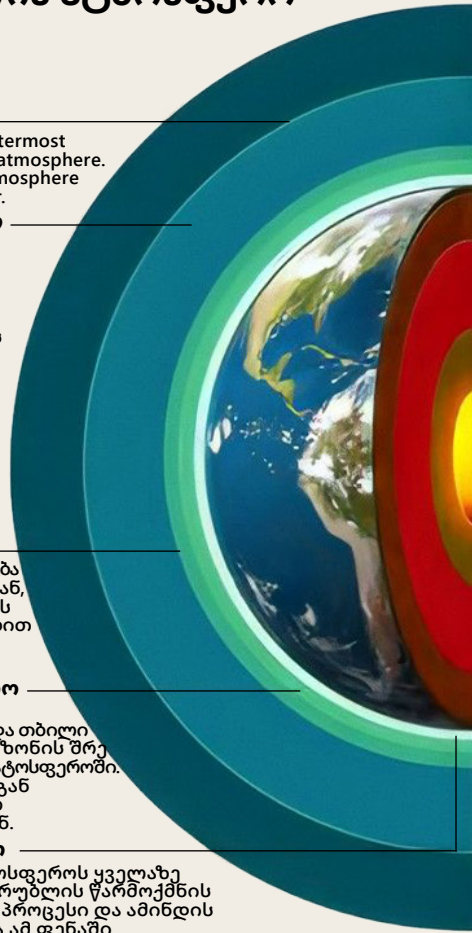
ლიტოსფერო
დედამიწის ხისტი გარე ნაწილი ქერქის ჩათვლით და მანტიის ზედა ნაწილი.

ასტენოსფერო
უკიდურესად ცხელი ზონა ლიტოსფეროს ქვეშ, რომელიც შედგება ნაწილობრივ გამდნარი ქანისგან.

მანტია
ზედა და ქვედა მანტია ძირითადად მყარი ქანისგან შედგება.

გარე ბირთვი
თხევადი ფენა, რომელიც ძირითადად შედგება ლითონებისგან, როგორცაა რკინა და ნიკელი.

შინაგანი ბირთვი
ცხელი, მკვრივი, მყარი ბურთი, რომელიც შედგება რკინისგან.



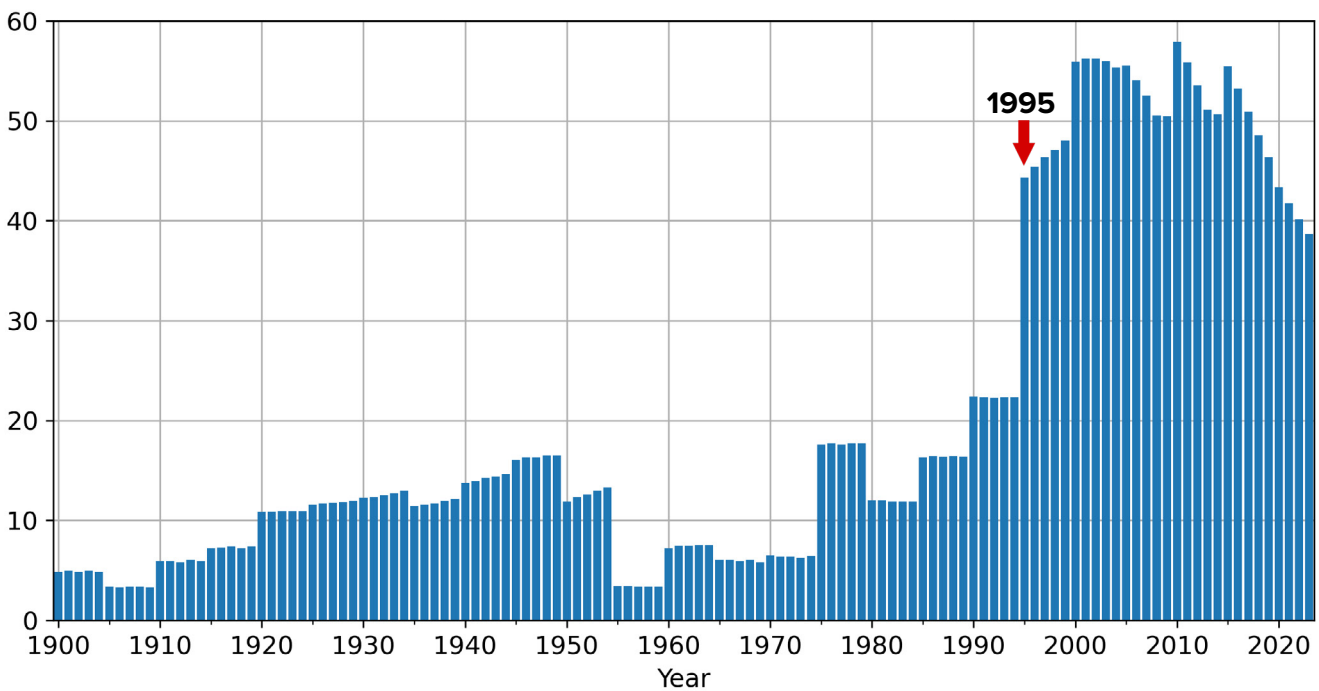
პლანეტარული მასშტაბის ცვლილებები 1995 წელს

მოდით განვიხილოთ დედამიწის გეოფიზიკური და გეოდინამიკური პარამეტრების ცვლილებები, რომლებიც მოხდა 1995 წლიდან. იმ წელს სამეცნიერო ლაბორატორიებმა მთელ მსოფლიოში დამოუკიდებლად აღმოაჩინეს საგანგაშო პლანეტარული ანომალიები.

მაგალითად, ჩრდილოეთის მაგნიტური პოლუსი, რომელიც მანამდე მუდმივად ტრიალებდა წელიწადში 10 კმ სიჩქარით,

მოულოდნელად გაზარდა სიჩქარე 55 კმ-მდე და შეცვალა ტრაექტორია ტაიმირის ნახევარკუნძულისკენ ციმბირში (სურათები 57-58)⁴⁵. ამჟამად ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსი ციმბირის მიმართულებით ათას კილომეტრზე გადავიდა. მაგნიტური პოლუსის ასეთი სწრაფი მოძრაობა არ დაფიქსირებულა ბოლო 10000 წლის განმავლობაში⁴⁶.

ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსის სიჩქარე (კმ/წელი)



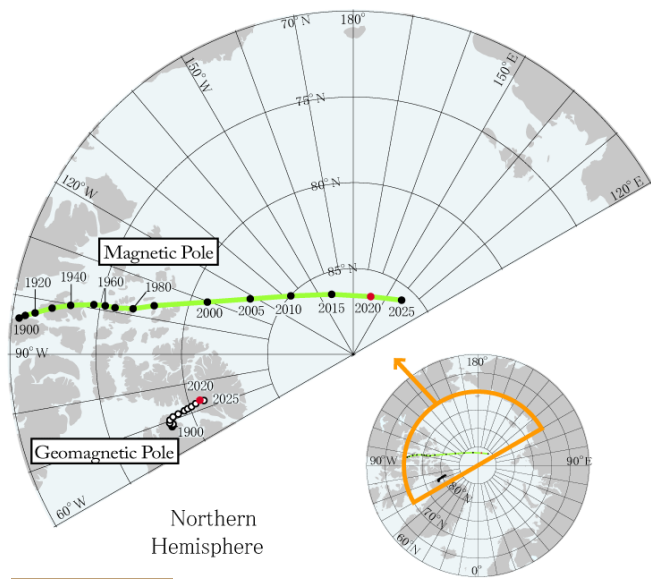
სურათი 57

ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსის დრიფტის სიჩქარე, კმ/წელი.

NOAA-ს მონაცემები ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსის პოზიციის შესახებ: <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/data/poles/NP.xy>

⁴⁵ Dyachenko, A. I. (2003). Magnetic Poles of the Earth. Moscow: MCCME. 48 p.

⁴⁶ Androsova, N. K., Baranova, T. I., & Semykina D.V. (2020). Geological past and present of the Earth's magnetic poles. EARTH SCIENCES/ "Colloquium-journal", 5(57). DOI:10.24411/2520-6990-2020-11388

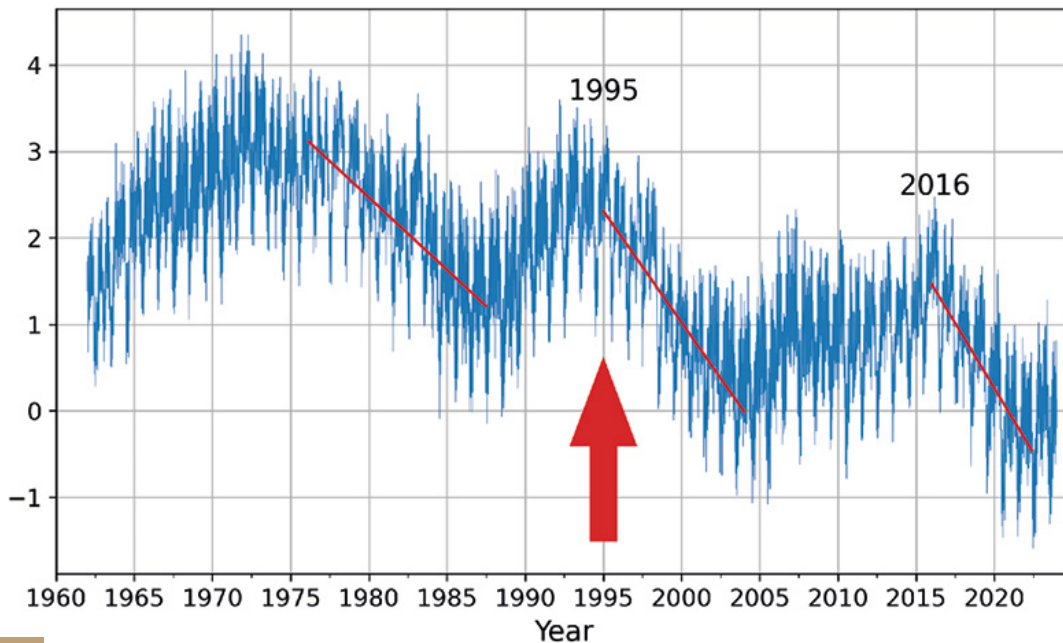


სურათი 58

გეომაგნიტური პოლუსებისა და მაგნიტური პოლუსების მდებარეობა IGRF-13-ზე დაფუძნებული 1900 წლიდან 2015 წლამდე 5 წლებად და 2020 (წითელი) და 2025 (პროგნოზირება). წყარო: World Data Center for Geomagnetism, Kyoto

1995 წელს დაფიქსირდა დედამიწის ბრუნვის დარღვევა: შეიცვალა პლანეტის ბრუნვის ღერძის მიმართულება და მისი მოძრაობის სიჩქარე 17-ჯერ გაიზარდა. კვლევის თანახმად, “პოლარული დრიფტის წყვეტის გარდატეხის წერტილი დადგინდა 1995 წლის ოქტომბერში”.⁴⁷ გარდა ამისა, მაშინ როცა მეცნიერები აღნიშნავდნენ დედამიწის ბრუნვის შენელებას 1995 წლამდე, მისი ბრუნვის აჩქარება მკვეთრად გადახტა 1995 და 2016 წლებში, რაც უპრეცედენტო იყო დაკვირვებების ისტორიაში (სურათი 59). პარიზის ობსერვატორიის დედამიწის ორიენტაციის ცენტრის მონაცემებით, 1995 და 2016 წლებში დღის ხანგრძლივობა რამდენიმე მილიწამით კლებულობდა, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ დედამიწა ჩვეულებრივზე სწრაფად ბრუნავს. გაითვალისწინეთ, რომ დღის ხანგრძლივობა განისაზღვრება როგორც დრო, როდესაც დედამიწას სჭირდება ერთი ბრუნვი თავისი ღერძის გარშემო.

დღის სიგრძის გადახრა 1962 წლიდან 2023 წლამდე პერიოდისთვის



სურათი 59

დღის ხანგრძლივობის გადახრა მილიწამებში 1962 წლიდან 2023 წლამდე. გრაფაში წითელი ხაზები წარმოადგენს ტენდენციის ხაზებს, რომლებიც აჩვენებს ტემპს, რომლითაც დღეები მცირდება. მაგალითად, მარცხენა ხაზი ნაკლებად ციცაბოა, ხოლო მარჯვენა ხაზი, რომელიც წარმოადგენს 2016 წლის აჩქარებას, თითქმის ვერტიკალურია, რაც იმას ნიშნავს, რომ დღეები მნიშვნელოვნად მცირდება, რაც მიუთითებს პლანეტის უფრო სწრაფ ბრუნვაზე. მონაცემთა წყარო: პარიზის ობსერვატორიის IERS დედამიწის ორიენტაციის ცენტრი. დღის სიგრძე — დედამიწის ორიენტაციის პარამეტრი:

https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223

⁴⁷Deng, S., Liu, S., Mo, X., Jiang, L., & Bauer-Gottwein, P. (2021). Polar Drift in the 1990s Explained by Terrestrial Water Storage Changes. *Geophysical Research Letters*, 48(7). <https://doi.org/10.1029/2020gl092114>

ამრიგად, 1995 წელს, მოულოდნელი და ერთდროული ცვლილება მოხდა დედამიწის სამ გეოფიზიკურ პარამეტრში:

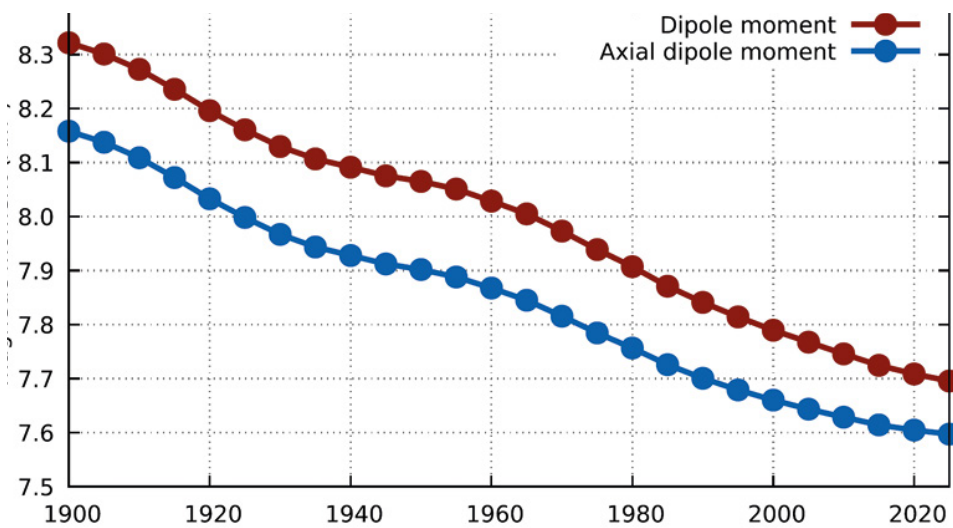
- ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსის დრეიფის აჩქარება
- დედამიწის ბრუნვის ღერძის მიმართულებისა და აჩქარების ცვლილება
- პლანეტის ბრუნვის აჩქარება

თითოეული ეს პარამეტრი ურთიერთდაკავშირებულია დედამიწის ბირთვის მდგომარეობასთან, ანუ მაგნიტურ ველს ქმნის დედამიწის ბირთვში არსებული გეოდინამო, ხოლო პლანეტის ბრუნვის სიჩქარე და ღერძი დამოკიდებულია დედამიწის მასის ცენტრზე (შიდა ბირთვი). აქედან შეიძლება დავასკვნათ, რომ 1995 წელს დედამიწის ბირთვში დაიწყო მნიშვნელოვანი და ანომალური ცვლილებები, რომლის პროცესიც უზარმაზარ ენერგიას მოითხოვს.

დედამიწის ბირთვში ეს ცვლილებები ასევე

დაკავშირებულია პლანეტის მაგნიტური ველის შესუსტებასთან, რომელიც იცავს ყველა ცოცხალ არსებას მომაკვდინებელი კოსმოსური და მზის გამოსხივებისგან. მეცნიერები განგაშით ადევნებენ თვალს მაგნიტურ ველში მომხდარ ცვლილებებს: ბოლო 50 წლის განმავლობაში დაფიქსირდა მისი ინტენსივობის მკვეთრი ვარდნა⁴⁸, ანუ შესუსტება და, პროგნოზის მიხედვით, ეს ტენდენცია გაგრძელდება (სურ. 60). გასული საუკუნის განმავლობაში, მაგნიტური ველის სიძლიერე შემცირდა 10-15% -ით და ბოლო წლებში ეს პროცესი შესამჩნევად დაჩქარდა. უფრო მეტიც, ჩვენ ვსაუბრობთ ყველაზე დიდ შესუსტებაზე ბოლო 12000–13000 წლის განმავლობაში. პლანეტაზე მაგნიტური ველის შესუსტება არათანაბრად ხდება. არის ადგილები, სადაც მაგნიტური ველი 30%-ით შესუსტდა – ეს ხდება სამხრეთ ატლანტის ოკეანეში და სამხრეთ ამერიკაში, იმ არეალში, რომელსაც სამხრეთ ატლანტიკური მაგნიტური ანომალია ჰქვია.

დედამიწის მაგნიტური დიპოლური მომენტის სიდიდე 1900 წლიდან 2020 წლამდე



სურათი 60

დედამიწის დიპოლური მაგნიტური მომენტის სიდიდე 1900 წლიდან 2020 წლამდე. გრაფიკი აჩვენებს, თუ როგორ შემცირდა დედამიწის დიპოლური მაგნიტური ველის სიძლიერე 1900 წლიდან და როგორ არის პროგნოზირებული მისი შემდგომი შემცირება. წითელი ფერი მიუთითებს იმაზე, რომ ეს კლების ტენდენცია გაგრძელდა 2020 წლამდე და სავარაუდოდ გაგრძელდება 2025 წლამდე.

წყარო: Alken, P., Thébault, E., Beggan, C.D. და სხვ. (2021). საერთაშორისო გეომაგნიტური საცნობარო ველი: მეცამეტე თაობა. Earth Planets Space 73, 49. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01288-x>

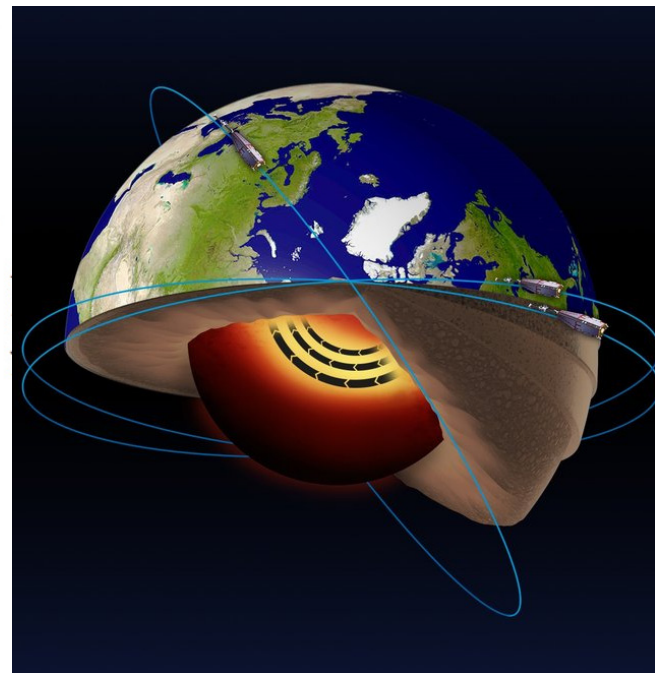
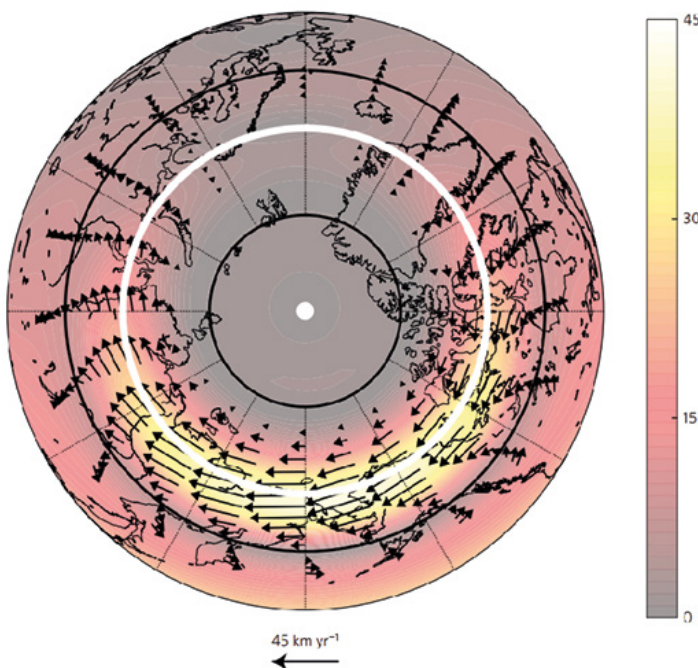
⁴⁸ Tarasov, L. V. (2012) Earth magnetism: A textbook. Dolgoprudny: Intellect Publishing House, 184 p.
 Channell, J. E. T., & Vigliotti, L. (2019). The role of geomagnetic field intensity in Late Quaternary evolution of humans and large mammals. Reviews of Geophysics, 57 <https://doi.org/10.1029/2018RG000629>
 Channell, J. E. T., & Vigliotti, L. (2019). The role of geomagnetic field intensity in Late Quaternary evolution of humans and large mammals. Reviews of Geophysics, 57 <https://doi.org/10.1029/2018RG000629>

დანიელი მეცნიერები მსგავს დასკვნამდე მივიდნენ დანიის თანამგზავრ Oersted-იდან მიღებული დედამიწის მაგნიტურ ველზე დაკვირვების შედეგების გაანალიზების შემდეგ. ატლანტის ოკეანის სამხრეთ ნაწილში და არქტიკაში მათ აღმოაჩინეს მაგნიტური ველის ანომალიურად დაბალი ინტენსივობის ზონები, რომლებსაც "მაგნიტური ხვრელები" უწოდეს. მეცნიერები თვლიან, რომ ასეთი „ხვრელების“ არსებობა სატელიტებზე, თვითმფრინავებსა და გემებზე სანავიგაციო აღჭურვილობის ფუნქციონირებას, რადიოკავშირის შეფერხებას, გადამფრენ ფრინველთა ორიენტაციის დაკარგვას და ბევრ სხვა პრობლემას უქმნის რისკებს, კიდევ უფრო საშინელ და არაპროგნოზირებადს. კიბოს მატებამდე, რადგან „მაგნიტური ხვრელების“ ზონებში დედამიწა და ყველაფერი, რაც მასზე ცხოვრობს, კოსმოსური გამოსხივებისგან

დაუცველი ხდება.

ბოლო რამდენიმე წლის განმავლობაში შეინიშნება მაგნიტური ველის შესუსტების შედეგების ანომალიური გამოვლინება. წითელი ავრორები ფიქსირდება დედამიწის არადამახასიათებელ რაიონებში და ისეთ ადგილებშიც კი, სადაც აქამდე არასდროს ყოფილან, განსაკუთრებით აქტიურად 2023 წლიდან.

მიმდინარე თეორიის მიხედვით, პლანეტის მყარი ბირთვის გარშემო მოძრავი გამდნარი რკინის ნაკადები პასუხისმგებელია მაგნიტური ველის ფორმირებაზე. 2013 წელს, ლიდსის უნივერსიტეტის მეცნიერებმა დაადგინეს, რომ ყველა ეს ცვლილება მაგნიტურ ველში დაიწყო დედამიწის გარე ბირთვში თხევადი რკინის ნაკადის აჩქარების გამო 49 (სურათი 61), რომელიც სავარაუდოდ 1995 წელს დაიწყო.



სურათი 61

ESA Swarm-ის სატელიტური მონაცემების ანალიზმა გამოავლინა წყლის ნაკადის არსებობა დედამიწის ბირთვის თხევადი რკინის ნაწილში ზედაპირის ქვემოთ 3000 კმ სიღრმეზე და ასევე, რომ ეს ნაკადი აჩქარებს. წყარო: ESA Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). An accelerating high-latitude jet in Earth's core. *Nature Geoscience*, 10, 62–68 <https://doi.org/10.1038/ngeo2859>

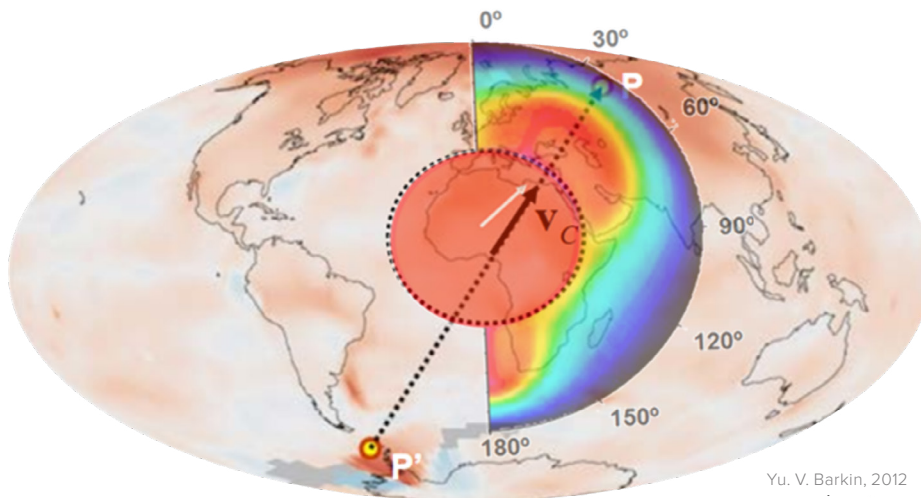
⁴⁹Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). An accelerating high-latitude jet in Earth's core. *Nature Geoscience*, 10, 62–68. <https://doi.org/10.1038/ngeo2859>

დედამიწის ბირთვის გადაადგილება 1998 წელს

1997-1998 წლებში, თანამგზავრის საშუალებით დედამიწის მასის ცენტრის შესწავლით, მეცნიერებმა დააფიქსირეს უბადლო ფენომენი - დედამიწის შიდა ბირთვის გადაადგილება⁵⁰. შედეგად, პლანეტის ბირთვმა ჩრდილოეთისკენ გადაინაცვლა, დასავლეთ ანტარქტიდიდან დასავლეთ ციმბირამდე ხაზის გასწვრივ, ტაიმირის ნახევარკუნძულისკენ, რუსეთი (სურათი 62).

ამავდროულად, ოთხმა სხვადასხვა კვლევითმა ჯგუფმა დამოუკიდებლად დააფიქსირა არანორმალური ცვლილებები დედამიწის სხვადასხვა გეოფიზიკურ პარამეტრებში, რაც ადასტურებს ამ მოვლენას. თანამგზავრული მონაცემების მიხედვით, მოსკოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტისა და რუსეთის მეცნიერებათა

აკადემიის დედამიწის ფიზიკის ინსტიტუტის ავტორთა ჯგუფმა დაარეგისტრირა გადაადგილება დედამიწის მასის ცენტრში 1998⁵¹ წელს (სურათი 63). იმავე პერიოდში დედამიწის ბრუნვის საერთაშორისო სამსახურმა (IERS) დააფიქსირა პლანეტის ბრუნვის მკვეთრი აჩქარება (სურათი 64). ამავდროულად, იტალიაში, მედიცინის სადგურზე, მეცნიერებმა დააფიქსირეს გრავიტაციის უცარი ცვლა⁵² (სურათი 65). ამასთან ერთად, დაფიქსირდა დედამიწის ფორმის მკვეთრი ცვლილება⁵³ (სურათი 66), რომელიც რეგისტრირებულია აშშ-ს თანამგზავრების ლაზერული დიაპაზონის სისტემის გამოყენებით. პლანეტამ არანორმალურად დაიწყო გაფართოება ეკვატორის არეში, თუმცა ადრე, ტენდენცია საპირისპირო იყო.



Yu. V. Barkin, 2012

სურათი 62

ბირთვის გადაადგილება 1997-1998 წლებში და თერმული ტალღები მაგმაში, გამოწვეული ბირთვის ცვლაში. (ბარკინი, იუ. ვ.) რუკა ასახავს შიდა ბირთვის გადაადგილების ვექტორს დასავლეთ ანტარქტიდიდან დასავლეთ ციმბირამდე, ტაიმირის ნახევარკუნძულისკენ. სქემა გადაფარულია ატმოსფერული თერმული ანომალიების რუკაზე.

წყარო: დედამიწის ბირთვისა და მანტიის ფარდობითი გადაადგილებისა და რხევების გეოფიზიკური შედეგები. პრეზენტაცია Yu.V. ბარკინი, მოსკოვი, IFZ, OMTS. 2014 წლის 16 სექტემბერი.

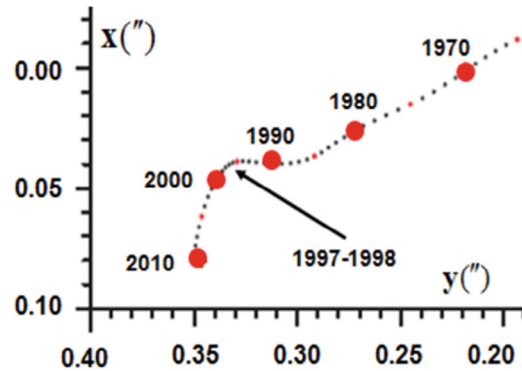
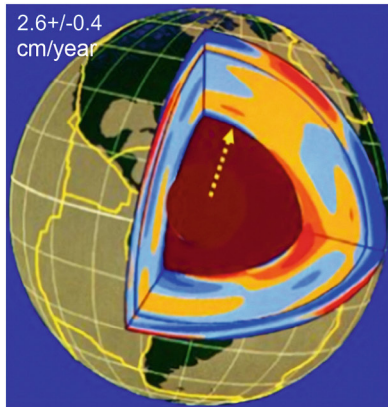
⁵⁰Barkin, Y. V. (2011). Synchronnye skachki aktivnosti prirodnykh planetarnykh processov v 1997-1998 gg. i ih edinyj mekhanizm [Synchronous spikes in the activity of natural planetary processes in 1997-1998 and their unified mechanism]. in *Geologiya morej i okeanov: Materialy XIX Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii po morskoy geologii* [Geology of Seas and Oceans: Materials of the XIX International Scientific Conference on Marine Geology]. Moscow: GEOS, 5, 28-32

Smolkov, G. Ya. (2018). Exposure of the solar system and the earth to external influences. *Physics & Astronomy International Journal*, 2(4), 310–321. <https://doi.org/10.15406/paij.2018.02.00104>

⁵¹Zotov, L. V., Barkin, Y. V. & Lyubushin, A. A. (2009). Dvizhenie geocentra i ego geodinamika [The motion of the geocenter and its geodynamics]. In 3rd. conf. Space geodynamics and modeling of global geodynamic processes, Novosibirsk, September 22-26, 2009, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. (pp. 98-101). Novosibirsk: Geo.

⁵²Romagnoli, C., Zerbini, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). Influence of soil consolidation and thermal expansion effects on height and gravity variations. *Journal of Geodynamics* 35(4-5), 521–539. [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(03)00012-7)

⁵³Cox, C., & Chao, B. F. (2002). Detection of a large-scale mass redistribution in the terrestrial system since 1998. *Science*, 297(5582), 831–833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>



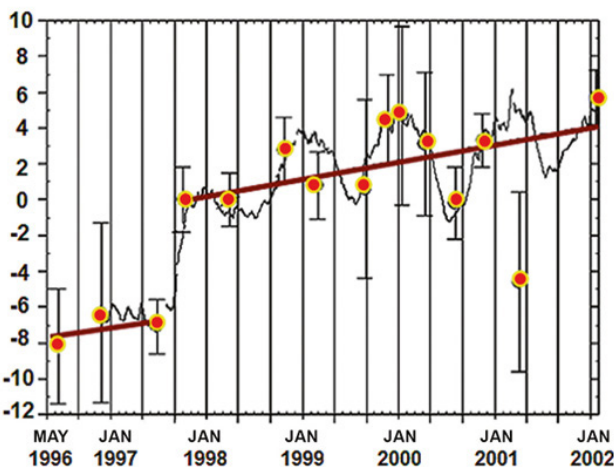
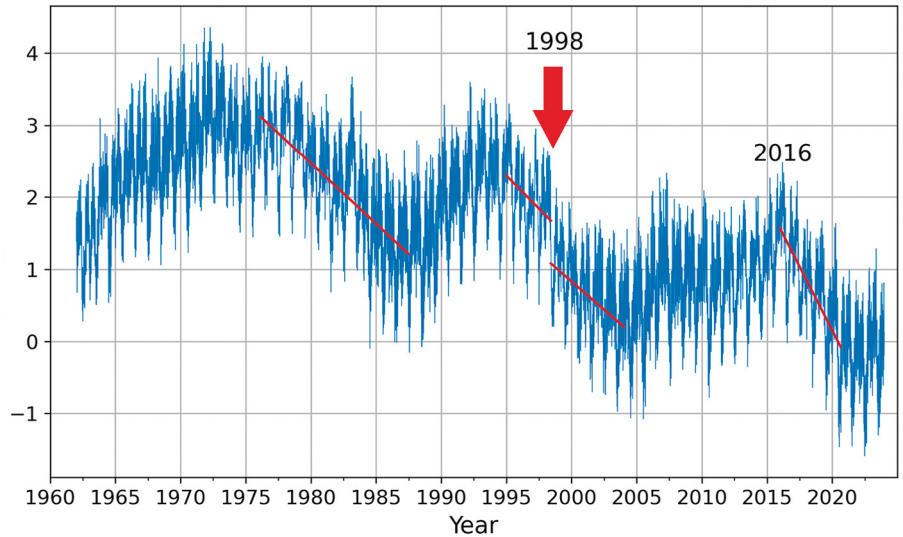
სურათი 63

დედამიწის შიდა სტრუქტურა; დედამიწის მასის ცენტრის სეკულარული დრიფტის მიმართულება და მისი პოლუსის ტრაექტორია დედამიწის ზედაპირზე 1990-2010 წლებში თითქმის 90 გრადუსიანი შემობრუნებით 1997-1998 წლებში ტაიმირის ნახევარკუნძულისკენ (Barkin Yu.V., Klige R.K., 2012) <http://vestnik.geospace.ru/index.php?id=569> (წვდომის თარიღი: 02.01/2024) გრაფიკის წყარო: Barkin Yu.V., Klige R.K., 2012 წ.

დღის სიგრძის გადახრა 1962 წლიდან 2023 წლამდე პერიოდისთვის მილიწამებში

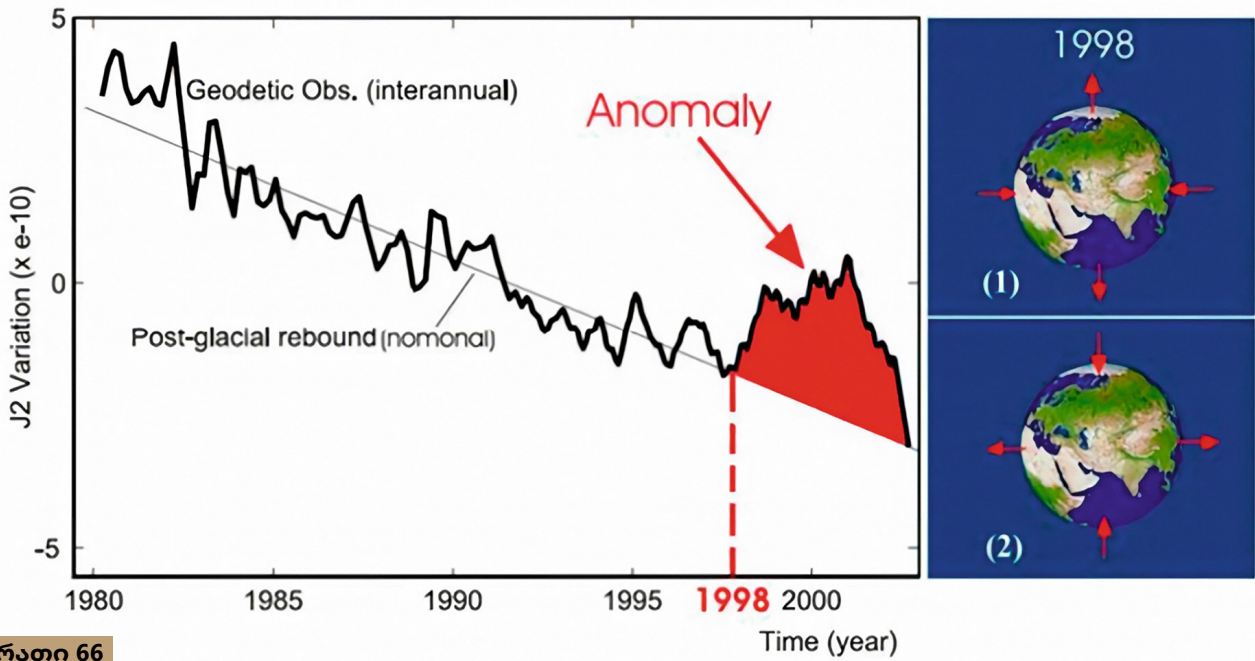
სურათი 64

1998 წელს დედამიწის ბრუნვისა და საცნობარო სისტემების საერთაშორისო სამსახურმა (IERS) დააფიქსირა დედამიწის ბრუნვის მკვეთრი აჩქარება. მონაცემთა წყარო: დედამიწის ორიენტაციის ცენტრი, პარიზის ობსერვატორია. დღის ხანგრძლივობა - დედამიწის ორიენტაციის პარამეტრები: https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223



სურათი 65

გრავიმეტრულმა სადგურმა „მედიცინა“, იტალია, დააფიქსირა დედამიწის გრავიტაციის უეცარი ნახტომი 1997-1998 წლებში. წყარო: Romagnoli, C., Zerbini, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). ნიადაგის კონსოლიდაციისა და თერმული გაფართოების ზემოქმედების გავლენა სიმაღლეზე და გრავიტაციის ვარიაციებზე. ჟურნალი გეოდინამიკის, 35(4-5), 521-539. [https://doi.org/10.1016/s0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/s0264-3707(03)00012-7)



სურათი 66

1998 წელს, ლაზერული დიაპაზონის სისტემით მიღებული მონაცემების მიხედვით, დოპლერის ორბიტოგრაფია და რადიოპოზიციონირება, ინტეგრირებული თანამგზავრით (DORIS), საფრანგეთი, დაფიქსირდა დედამიწის ფორმის მკვეთრი ცვლილება: იგი გაფართოვდა მოცულობაში.

წყარო: Cox, C., & Chao, B. F. (2002). ხმელეთის სისტემაში ფართომასშტაბიანი გადანაწილების გამოვლენა 1998 წლიდან. *Science*, 297(5582), 831–833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>

ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორ იური ბარკინის, ტექნიკურ მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორი გენადი სმოლკოვის⁵⁴, გეოგრაფიულ მეცნიერებათა დოქტორის, პროფესორ მიხაილ არუშანოვის⁵⁵, რუსეთის მეცნიერებათა აკადემიის აკადემიკოსისა და მოსკოვის ლომონოსოვის სახელმწიფო უნივერსიტეტის დამსახურებული პროფესორის თქმით. გეოლოგიისა და მინერალოგიის მეცნიერებათა დოქტორი ვიქტორ ხაინი⁵⁶

და მრავალი სხვა მკვლევარი, ბირთვის გადაადგილებამ გამოიწვია ცვლილებები დედამიწის ყველა გარსში.

დედამიწის ბირთვის მნიშვნელოვანი გადაადგილება, რომელიც ზომით შედარებულია მთვარესთან, ბადებს კითხვას გავლენის ბუნებისა და მასშტაბის ან ძალების შესახებ, რომლებსაც შეუძლიათ გამოიწვიონ ასეთი ცვლილებები პლანეტის შიდა სტრუქტურაში.

⁵⁴ Barkin, Yu. V. & Smolkov, G. Ya. (2013). Abrupt changes in the trends of geodynamic and geophysical phenomena in 1997-1998. In All-Russian Conf. on Solar-Terrestrial Physics, dedicated to the 100th anniversary of the birth of a corresponding member of the Russian Academy of Sciences Stepanov V.E. (September 16-21, 2013, Irkutsk), Irkutsk, 2013.

⁵⁵ Arushanov, M. L. (2023). Causes of Earth climate change, as a result of space impact, dispelling the myth about anthropogenic global warming. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 53, 4–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>

⁵⁶ Khalilov, E. (Ed.). (2010). Global changes of the environment: Threatening the progress of civilization. *GEOCHANGE: Problems of Global Changes of the Geological Environment*, 1, London, ISSN 2218-5798.

ურთიერთკავშირი გეოდინამიკურ და კლიმატურ პროცესებს შორის

ზემოაღნიშნული ფაქტების შეჯამებით, შეიძლება ითქვას, რომ ბოლო რამდენიმე ათწლეულის განმავლობაში დედამიწის სხვადასხვა გარსებში დაიწყო შემდეგი ანომალური ცვლილებები:

1. პლანეტის გეოფიზიკური პარამეტრების ცვლილება

დედამიწის ბრუნვის არანორმალური აჩქარება 1995 წლიდან.

პლანეტის ბრუნვის ღერძის დრეიფის მკვეთრი გადაადგილება და აჩქარება 1995 წელს.

2. დედამიწის ბირთვის გეომაგნიტური პარამეტრების ცვლილება

ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსის დრიფტის უეცარი აჩქარება 1995 წელს.

მაგნიტური ველის ინტენსივობის შემცირება; მაგნიტური ანომალიების არეალის გაზრდა.

3. ბირთვი

თხევადი რკინის ნაკადის დაჩქარება გარე ბირთვში 1995 წლიდან.

1997-1998 წლებში შიდა ბირთვის მკვეთრი ცვლა ხაზის გასწვრივ დასავლეთ ანტარქტიდიდან დასავლეთ ციმბირში, ტაიმირის ნახევარკუნძულისკენ.

4. მანტია

ღრმა ფოკუსის მიწისძვრების მკვეთრი ზრდა 300-დან 750 კმ-მდე სიღრმეზე 1995 წლიდან.

5. ლითოსფერო

სეისმური აქტივობის ზრდა 1995 წლიდან; მიწისძვრების გაჩენა ისეთ რეგიონებში, სადაც ისინი აქამდე არასოდეს ყოფილა დაფიქსირებული. არანორმალური ვულკანური და მაგმატური აქტივობა; ამოფრქვეული ლავების შემადგენლობის ცვლილებები.

მყინვარების დაჩქარებული დნობა ქვემოდან ზევით, 1995 წლიდან, შიგნიდან მომდინარე სითბოს გაზრდის გამო, მაგმის კამერის ზემოთ.

6. ოკეანე

ოკეანის ზედაპირის ტემპერატურისა და ოკეანის წყლის აორთქლების უპრეცედენტო ზრდა.

7. ატმოსფერო

სტრატოსფეროსა და მეზოსფეროს გაგრილება; თერმოსფეროს გათხელება; ატმოსფეროს სხვადასხვა ფენებში ატომური და მოლეკულური ჟანგბადის კონცენტრაციის შემცირება. ტროპოსფეროში ჰაერის გლობალური ტემპერატურის მატება.

ქარიშხლების, წყალდიდობების, ტყის ხანძრების, გვალვების და ტორნადოების სიმძლავრისა და რაოდენობის უკიდურესი ზრდა.

ეს ანგარიში წარმოადგენს მოდელს, რომელიც ასახავს გეოდინამიკურ და კლიმატურ პროცესებს შორის ურთიერთკავშირს. მოდელი შემუშავებული იყო დედამიწის ყველა ფენაში წონასწორობის ერთდროული დარღვევისა და პლანეტის გეოდინამიკაში ანომალიების გაჩენის გასარკვევად. ამ ფენომენს თან ახლავს დედამიწის ზედაპირზე ექსტრემალური კლიმატური მოვლენების გაზრდილი სიხშირე. მოდელის არსებითი ასპექტი ხაზს უსვამს ამ პროცესების კავშირს ანთროპოგენური აქტივობების საფრთხესთან.

როგორც ჩანს, ბირთვი ამჟამად განიცდის დისბალანსს და თბება, რაც გამოიხატება 1995 წელს თხევადი რკინის ნაკადის აჩქარებით გარე ბირთვში და შიდა ბირთვის გადაადგილებით 1998 წელს. თხევადი რკინის ნაკადის ეს აჩქარება გარე ბირთვი იყო მიხეზი იმისა, რომ ჩრდილოეთ მაგნიტურმა პოლუსმა გაცილებით სწრაფად დაიწყო გადანაცვლება.

ჰიპოთეზის მიხედვით, ბირთვის გადაადგილება იწვევს პლანეტის ბრუნვის აჩქარებას; პლანეტის ცენტრიდანული ძალა და დეფორმაცია ეკვატორის გასწვრივ იზრდება. ცენტრიდანული ძალის გაზრდის გამო, მაგმა იწყებს მკვეთრ აწევას მანტიაში, დედამიწის ზედაპირისკენ, ეროზიით და ათბობს ლითოსფეროს შიგნიდან ჩვეულებრივზე მეტად. ოკეანის ქერქი უფრო თხელია; ამიტომ, ის უფრო მგრძობიარეა ზეწოლის მიმართ

ამაღლებული მაგმის მიმართ. სავარაუდოდ, მაგმა ყველგან აღწევს ოკეანის ფსკერზე. ოკეანის წყლების თერმული შემცველობა იზრდება და ოკეანეში ჩნდება ანომალიური უბნები წყლის ტემპერატურის მომატებით. სავარაუდოდ, სწორედ ამომავალი მაგმა განაპირობებს გეოთერმული ნაკადის ზრდას პლანეტის შიგნიდან და დასავლეთ ანტარქტიდისა და ცენტრალური გრენლანდიის მყინვარების ქვეშ მაგმა კამერის აწევას, რაც აჩქარებს მყინვარების დნობას ქვემოდან ზემოთ, სათბურის გაზთან ერთად. გამონაბოლქვი. დასავლეთ ციმბირში და დედამიწის თხელი ქერქის მქონე სხვა რეგიონებში მიწისქვეშა წყლების ტემპერატურა იზრდება. ნათელია, რომ მაგმის აწევა იწვევს ვულკანური, სეისმური და ტექტონიკური პროცესების გააქტიურებას, ასევე, სავარაუდოდ, ზრდის კატასტროფული კლიმატური მოვლენების სიხშირეს და მასშტაბებს, როგორცაა არანორმალური ნალექები, ქარიშხლების გაზრდილი სიხშირე, წყალდიდობა და ტყის ხანძრები. მოდელის მიხედვით, ბირთვში ცვლილებების შედეგად, მაგნიტური ველი ინტენსიურად სუსტდება, რაც იწვევს ცვლილებებს ატმოსფეროს ზედა ფენებში, მის გათხელებასა და გაგრილებას და ჟანგბადის კონცენტრაციის შემცირებას უფრო ინტენსიური შელწვევის გამო. მზის ქარის. ეს ფაქტორები, თავის მხრივ, სავარაუდოდ ვლინდება არანორმალურ და ატიპიურ ავრორებში.

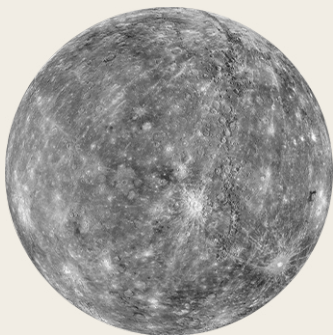
ცვლილებები მზის სისტემის სხვა პლანეტებზე

დაკვირვების თანახმად, მზის სისტემის სხვა პლანეტებზე, თუნდაც "მკვდარ" პლანეტებზე, მათ წიაღში იგივე პროცესები დაიწყო დედამიწასთან სინქრონულად: გაჩნდა ვულკანური აქტივობა, სეისმური აქტივობა და ასევე მაგნიტური ანომალიები. ამ მოხსენებაში აღწერილი ჰიპოთეზის მიხედვით, ეს შეიძლება მოხდეს მხოლოდ მზის სისტემის პლანეტების ბირთვებში მსგავსი ცვლილებების შემთხვევაში, ისევე როგორც ეს ხდება დედამიწაზე.

როგორც უკვე აღვნიშნეთ, დამატებითი ენერჯის კოლოსალური მოცულობები საჭიროა შიდა ბირთვის პოზიციის შესაცვლელად და გარე ბირთვში რკინის დინების დასაჩქარებლად. ამ ენერჯიამ, სავარაუდოდ, დედამიწის სისტემაში

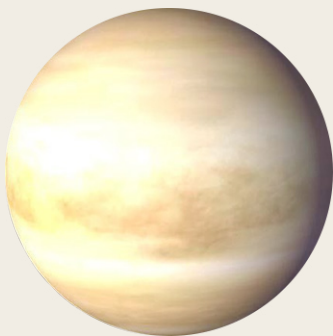
მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეღწევა დაიწყო 1995 წელს. ამრიგად, მზის სისტემის სხვა პლანეტებზე სინქრონული ცვლილებები ვარაუდობს, რომ არსებობს გარკვეული გარეგანი კოსმოსური გავლენა, რომელიც გავლენას ახდენს პლანეტების ბირთვებზე.

ქვემოთ მოცემულ ინფოგრაფიულ სურათებში ნაჩვენებია სინქრონული ცვლილებები, რომლებიც მოხდა მზის სისტემის პლანეტებსა და მათ თანამგზავრებზე ბოლო ათწლეულების განმავლობაში. ამ ინფორმაციის დასადასტურებლად და დასამატებლად მოწოდებულია შესაბამისი სამეცნიერო წყაროების ბმულები.



მერკური

2011-2015 წლებში 19 ზედაპირის ცვლილება მერკურზე ენდოგენური აქტივობის გამო
[DOI: 10.1029/2022GL100783](https://doi.org/10.1029/2022GL100783)



ვენერა

- 2006-2012** ქარების გაძლიერება
[DOI: 10.1016/j.icarus.2013.05.018](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.05.018)
- 2006-2009** აღმოჩენილია მავნებელი ცხელი წარტილები
[DOI: 10.1126/science.1186785](https://doi.org/10.1126/science.1186785)
- 2012-2018** წლებში ვულკანური აქტივობა იზრდება
[DOI: 10.1051/0004-6361/201833511](https://doi.org/10.1051/0004-6361/201833511)
- 2020** წელს ჩატარებულმა კვლევამ დაადასტურა, რომ ვენერა ამჟამად ვულკანურად აქტიურია
[DOI: 10.1126/sciadv.aax7445](https://doi.org/10.1126/sciadv.aax7445)
[DOI: 10.3847/PSJ/ab8faf](https://doi.org/10.3847/PSJ/ab8faf)
[DOI: 10.1038/s41550-020-1174-4](https://doi.org/10.1038/s41550-020-1174-4)



დედამიწა

- 1995** დედამიწის ჩრდილოეთ მაგნიტური პოლუსის დაჩქარებული დრიფტი
[DOI: 10.19080/IJESNR.2022.29.556271](https://doi.org/10.19080/IJESNR.2022.29.556271)
- 1995 წლიდან** წლიდან ატლანტიკური ქარიშხლის აქტივობა მნიშვნელოვნად გაიზარდა
[DOI: 10.1038/nature06422](https://doi.org/10.1038/nature06422)
- 1997** (28 თებერვალი, M7 და 10 მაისი, M6) მიწისძვრებმა ირანში 2600-ზე მეტი ადამიანი დაიღუპა
- 1998** (4 თებერვალი და 30 მაისი) მიწისძვრები ავღანეთში - 7000-ზე მეტი დაიღუპა
- 1998** ყვალაზე ძლიერი წყალდიდობა ბანგლადეშის ისტორიაში - დაიტბორა ძველის ტერიტორიის 65 პროცენტი
- 1998** მალვას მეწყარი, ინდოეთი
- 1998 წლის 26 მაისი** ინდოეთში ექსტრემალური სიცხე 50°C-ს მიაღწია
- 1998 წლის 30 მაისი** 7 მაგნიტუდის მიწისძვრა ავღანეთში
- 1998 წლის 17 ივლისს** 7 მაგნიტუდის მიწისძვრა და 15 მეტრიანი ცუნამი ჰავაუა-ახალ გვინეაში
<https://pubs.usgs.gov/publication/70022643>
- 1998 წლის** ივლისი ძლიერმა წვიმამ ჩინეთში გაანადგურა 2,9 მილიონი სახლი და გაანადგურა 9 მილიონ ჰექტარზე მეტი მოსავალი
https://earth.esa.int/web/earth-watching/natural-disasters/floods/content/-/asset_publisher/zaop2IUloYKv/content/flood-yangtze-china-july-1998/
- 1997-1998** ვლანტის ბირთვის გადაადგილება
Zotov L.V., Barkin Yu.V., Lyubushin A.A. (2009)
- 1998** დედამიწის ფორმის შეცვლა (J2 კოეფიციენტი) ცვლილება
[DOI: 10.1126/science.1072188](https://doi.org/10.1126/science.1072188)
- 2004** ცუნამი ინდონეზიაში
[DOI:10.1785/gssrl.76.3.312](https://doi.org/10.1785/gssrl.76.3.312) and [DOI:10.1186/s40562-014-0015-7](https://doi.org/10.1186/s40562-014-0015-7)
- 2005** ქარიშხლის საზონი ყვალაზე მაღალი დაბროვილი ციკლონის ენერჯის (ACE)
[DOI:10.1175/2007MWR2074.1](https://doi.org/10.1175/2007MWR2074.1)
- 2005** ქარიშხალი კატრინა
[DOI:10.1257/jep.22.4.135](https://doi.org/10.1257/jep.22.4.135)



დედამიწა

- 2008** მიწისძვრა ჩინეთში
[DOI:10.19044/esj.2023.v19n13p49](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n13p49)
- 2010** მიწისძვრა ჰაიტიში
[DOI:10.1029/2011GL049799](https://doi.org/10.1029/2011GL049799)
- 2011** მიწისძვრა იაკონიაში. იაკონიის აღმოსავლეთ სანაპიროზე დაფიქსირდა თანასწორი ბრავიტაციული ცვლილება
[DOI:10.1016/j.geog.2015.10.002](https://doi.org/10.1016/j.geog.2015.10.002)
- 1979-2017** ქარიშხლის აქტივობის გაძლიერება
[DOI:10.1073/pnas.1920849117](https://doi.org/10.1073/pnas.1920849117)
- 2012-2017** ანომალიები დედამიწის ბრუნვის სიჩქარეში, რომლებიც დაკავშირებულია ძლიერ მიწისძვრებთან
[DOI:10.1016/j.geog.2019.06.002](https://doi.org/10.1016/j.geog.2019.06.002)
- 2020** ყველაზე აქტიური ქარიშხლის სეზონი ჩრდილო ატლანტიკაში (რაოდენობრივი თვალსაზრისით)
[DOI:10.3390/atmos13121945](https://doi.org/10.3390/atmos13121945)
- 2016-2023** დედამიწის ბრუნვის აჩქარება
datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOP-C04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223
- 2021-2022** ლავას ანომალიური ქიმიური შემადგენლობა და თვისებები. დიდი სიღრმიდან მოდის. არანორმალურად სწრაფი ამოფრქვევები
[DOI:10.1038/s41586-022-04981-x](https://doi.org/10.1038/s41586-022-04981-x) [DOI:10.1029/2023GL102763](https://doi.org/10.1029/2023GL102763)
[DOI:10.1038/s41467-022-30905-4](https://doi.org/10.1038/s41467-022-30905-4)



მთვარე

- 1997-1998** მთვარის ბირთვის გადაადგილება
[DOI:10.18698/2308-6033-2014-10-1335](https://doi.org/10.18698/2308-6033-2014-10-1335)
- 2022** თერმული ანომალია გამოვლინდა კომპტონ-ბელკოპიჩის რაბიონში
[DOI:10.1038/s41586-023-06183-5](https://doi.org/10.1038/s41586-023-06183-5)
- 2023** მთვარის ნიადაგის თერმული ანომალია სამხრეთ პოლუსზე
isro.gov.in/Ch3_first_observation_ChaSTE_Vikram_Lander.html
- 2023 წლის 26 აგვისტოს** მთვარის მიწისძვრა დაფიქსირდა
https://www.isro.gov.in/Ch3_ILSA_Listens_Landing_Site.html



მარსი

- 2003-2006 მარსის შიგნიდან მეთანის ატმოსფერული ემისიები დაფიქსირდა
[DOI:10.1126/science.1165243](https://doi.org/10.1126/science.1165243)
- 2014-2020 მარსის შიგნიდან მეთანის ატმოსფერული ემისიები დაფიქსირდა
[DOI:10.1029/2021EA001915](https://doi.org/10.1029/2021EA001915)
- 2004 სამხრეთ ნახევარსფეროში პირველად დაფიქსირდა მარსის ავრორას ახალი ტიპი
[DOI:10.1038/nature03603](https://doi.org/10.1038/nature03603)
- 2005 სამხრეთ პოლარული ქუდის უეცარი შეკუმშვა
[DOI:10.1007/978-1-4614-4608-8_10](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4608-8_10)
- 2014-2021 მარსზე 278 დისკრეტული პოლარული ავრორა დაფიქსირდა
[DOI:10.1029/2021JA029495](https://doi.org/10.1029/2021JA029495)
- 2015 პროტონული ავრორას აღმოჩენა
[DOI:10.1038/s41550-018-0538-5](https://doi.org/10.1038/s41550-018-0538-5)
- 2018 თხევადი წყალი აღმოაჩინეს სამხრეთ პოლუსის ყინულის ქუდის ქვეშ
[DOI:10.1029/2018GL080985](https://doi.org/10.1029/2018GL080985)
- 2019-2021 1300-ზე მეტი მიწისძვრა მოხდა
[DOI:10.1029/2022JE007503](https://doi.org/10.1029/2022JE007503)
- 2019-2020 სინშირის განმეორებადი მარსეძვრები, რომლებიც დაკავშირებულია ვულკანურ აქტივობასთან CERBERUS FOSSAE-ს ქვეშ
[DOI:10.1038/s41467-022-29329-x](https://doi.org/10.1038/s41467-022-29329-x)
- 2022 დადგენილია გიგანტური მანტიის ბუმბულის აქტივობა ELYSIUM PLANITIA-ს ქვეშ
[DOI:10.1038/s41550-022-01836-3](https://doi.org/10.1038/s41550-022-01836-3)
- 2022 წლის 4 მაისი დაფიქსირდა ყველაზე დიდი M4.7 მიწისძვრა
[DOI:10.1029/2023GL103619](https://doi.org/10.1029/2023GL103619)
- 2022 პოლარული ავრორა მოიცავდა პლანეტის ნახევარს
twitter.com/HopeMarsMission/status/1519311155768008704



იუპიტერი

1992-1996, 2005-2007 იუპიტერის ჩრდილოეთ ნახევარსფეროში გაქლიარდა მაგნიტური ანომალია

[DOI:10.1029/2008JA013185](https://doi.org/10.1029/2008JA013185)

2000-2001 იუპიტერის შიდა სითბო 37%-ით გაიზარდა 1980 წლიდან, როდესაც ვოიჯაჟერის კვლევა ჩატარდა. და ეს შინაგანი გათბობა უფრო მეტია ვიდრე მზისგან მიღებული ენერჯია

[DOI:10.1038/s41467-018-06107-2](https://doi.org/10.1038/s41467-018-06107-2)

2005-2006 პირველად ჩამოყალიბდა კიდევ ერთი ძლიერი წითელი ლაქა - „ჯუნიორი“

[DOI:10.1088/0004-6256/135/6/2446](https://doi.org/10.1088/0004-6256/135/6/2446)

2009-2020 ქარის სიჩქარე დიდ წითელ ლაქაში გაიზარდა 8%-ით

[DOI:10.1029/2021GL093982](https://doi.org/10.1029/2021GL093982)

2012 იუპიტერის ზედა ატმოსფერული არანორმალური გათბობა დიდ წითელ ლაქაზე ძველმოდან ამოძრავებს

[DOI:10.1038/nature18940](https://doi.org/10.1038/nature18940)

2016-2020 ატმოსფეროს ზედა ფენებში დაფიქსირდა ანომალიური ელვა

[DOI:10.1029/2020JE006659](https://doi.org/10.1029/2020JE006659)

2017 აღმოაჩინა ძლიერი ეკვატორული რეაქტიული ნაკადი

[DOI:10.1051/0004-6361/202141523](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141523)

2017 იუპიტერის მაგნიტურმა ველმა განიცადა გლობალური ცვლილებები 1980-იანებთან შედარებით, განსაკუთრებით დიდი ლურჯი ლაქის რეგიონში

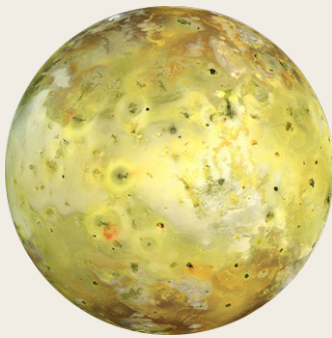
[DOI:10.1038/s41550-019-0772-5](https://doi.org/10.1038/s41550-019-0772-5)

2019 სამხრეთ პოლუსზე კიდევ ერთი ქარიშხალი გამოჩნდა, მაშინ როცა იქ ყოველთვის მხოლოდ 5 ქარიშხალი იყო

nasa.gov/missions/juno/nasas-juno-navigators-enable-jupiter-cyclone-discovery

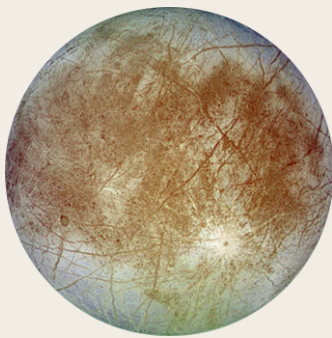
2022 აღმოჩენილია ვიწრო ეკვატორული სტრატოსფერული ჭავლი ქარის სიჩქარით დაახლოებით 515 კმ/სთ

[DOI:10.1038/s41550-023-02099-2](https://doi.org/10.1038/s41550-023-02099-2)



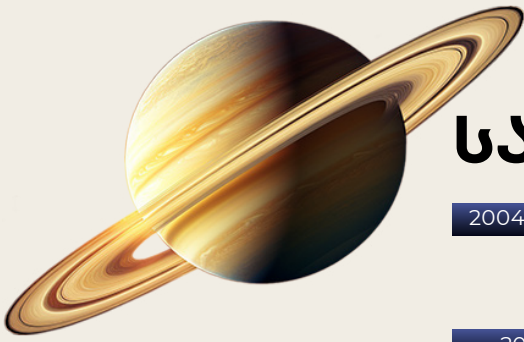
იო

- 2000-იან წლებში** იო-ს უდიდესი ვულკანის, ლოკის ამოფრქვევის ციკლი შეფერხდა, მან უფრო ხშირად დაიწყო ამოფრქვევა
[EPSC Abstracts Vol. 13, EPSC-DPS2019-769-1, 2019](#)
- 2003-2005** 4 ახალი ახალგაზრდა ვულკანის ამოფრქვევა
[DOI:10.1016/j.icarus.2015.12.054](#)
- 2000, 2006, 2007** ტვანტარის ვულკანის ძირითადი ამოფრქვევები
[DOI:0.1126/science.1147621](#)
- 2013-2018** აღმოჩინეს ახალი უნიკალური ცხელი წარტილები და ამოფრქვევები
[DOI:10.3847/1538-3881/ab2380](#)
[DOI:10.1016/j.icarus.2014.06.006](#)
[DOI:10.1016/j.icarus.2014.06.016](#)
[DOI:10.1016/j.icarus.2016.06.019](#)
- 2016-2022** აღმოჩენილია შვიდი ახალი, ყველაზე ენერგიული ვულკანური მოვლენა
[DOI:10.3847/PSJ/acf57e](#)
- 2022** ძლიერი ვულკანური ამოფრქვევები
[DOI:10.1029/2023JE007872](#)
- 2022** აღმოჩინეს მიწისქვეშა მაგმა ოკეანა
[DOI:10.3847/PSJ/ac9cd1](#)



ეპროკვა

- 1997** პირველი მტკიცებულება შლეიფის შესახებ, რომელიც გაჩნდა გათბობის გამო
[DOI:10.1038/s41550-018-0450-z](#)
- 2016-2017** აღმოჩენილია წყლის ორთქლი ზედაპირის ზემოთ
[DOI:10.1038/s41550-019-0933-6](#)
- 2018** ზედაპირის თერმული ანომალიები აღმოჩენილია ALMA-ს დაკვირვების გამოყენებით
[DOI:10.3847/1538-3881/aada87](#)
- 2022** ეპროკვაში აღმოჩენილია ენდოგენური ნახშირორჟანგი
[DOI:10.1126/science.adg4270](#)



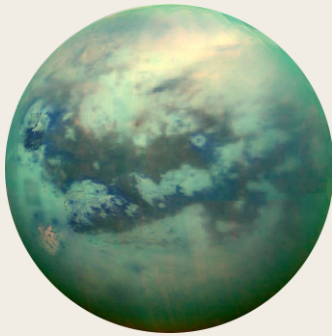
სატურნი

- 2004-2006** **წლებში დაფიქსირდა ელვინსაბური შტორმები**
[DOI:10.1016/j.icarus.2007.03.035](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2007.03.035)
- 2004** **“ცხელი წარტილი” აღმოაჩინეს სატურნის სამხრეთ პოლუსზე**
[DOI:10.1126/science.1105730](https://doi.org/10.1126/science.1105730)
- 2006** **ავრორას ფართო ტარიტორია**
science.nasa.gov/resource/saturns-polar-aurora
- 2007-2010** **23-26 ციკლონის ჯაჭვი**
[DOI:10.1016/j.icarus.2013.10.032](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2013.10.032)
- 2010** **მოხდა დიდი თეთრი პლანეტის გარშემო ქარიშხალი. შედეგები გამოვლინდა 3 წლის განმავლობაში**
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.12.013](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.12.013)
[DOI:10.1038/s41550-017-0271-5](https://doi.org/10.1038/s41550-017-0271-5)
- 2011** **სტრატოსფერული მორევის წარმოშობა და ეპოლუსია**
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.08.024](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.08.024)
- 2018** **შუალედური ტიპის შტორმები**
[DOI:10.1038/s41550-019-0914-9](https://doi.org/10.1038/s41550-019-0914-9)
- 2020** **კონვექციური ქარიშხალი პირველად კოლარულ განედებთან ახლოს და შტორმების ახალი ეპიზოდი წელს**
[DOI:10.1029/2021GL092461](https://doi.org/10.1029/2021GL092461)



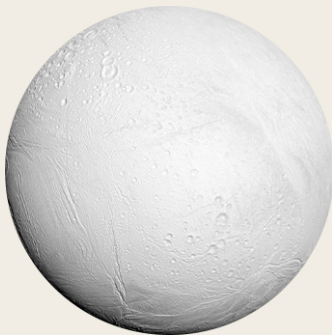
ურანი

- 1999, 2004, 2005, 2011** **ნათელი ღრუბლის მახასიათებლების გამოვლენა**
[DOI:10.1016/j.icarus.2004.11.016](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2004.11.016)
[DOI:10.1016/j.icarus.2012.04.009](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2012.04.009)
- 2014** **რეკორდული შტორმის აქტივობა**
[DOI:10.1016/j.icarus.2014.12.037](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2014.12.037)
- 2014** **მაქსიმალური ტემპერატურა ატმოსფეროსი ინდივიდუალური დაკვირვებისთვის**
[DOI:10.1098/rsta.2018.0408](https://doi.org/10.1098/rsta.2018.0408)
- 2014** **ღრუბლოვანი სტრუქტურების რაოდენობა მნიშვნელოვნად აღემატება წინა წლებში**
[DOI:10.1016/j.icarus.2015.05.029](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2015.05.029)
- 2021, 2022** **წლებში ჩრდილოეთ კოლარული ციკლონის გაძლიერება**
[DOI:10.1029/2023GL102872](https://doi.org/10.1029/2023GL102872)



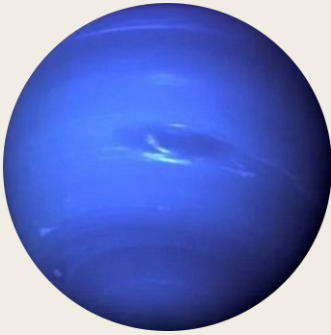
ტიტანი

- 1995, 2004, 2008** **ღრუბლების უცარი აფეთქება - ქარიშხლის აქტივობა**
[DOI:10.1038/26920](https://doi.org/10.1038/26920) [DOI:10.1038/nature08193](https://doi.org/10.1038/nature08193)
[DOI:10.1016/j.icarus.2005.12.021](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2005.12.021)
- 2009** **მტვრის ქარიშხლებზე დაკვირვება**
[DOI:10.1038/s41561-018-0233-2](https://doi.org/10.1038/s41561-018-0233-2)
- 2009** **წარმოიქმნა ვოლარული მორავი, რომელმაც 2010-2011 წლებში წარმოიქმნა მეზოსფერული ცხელი წარტილი და გამოიწვია მეზოსფეროს უკიდურესი გაბრილება**
[DOI:10.1038/s41467-017-01839-z](https://doi.org/10.1038/s41467-017-01839-z)
- 2010** **შტორმი „ისარი“ ეკვატორთან ახლოს**
[DOI:10.1038/ngeo1219](https://doi.org/10.1038/ngeo1219)
- 2012** **მტკიცებულება ვულკანიზმის შესახებ, რომელიც შეიძლება ახლა მოხდეს**
[DOI:10.1029/2019JE006036](https://doi.org/10.1029/2019JE006036)
- 2016** **პირველი დოკუმენტირებული ნალექის მოვლენა (მეთანის წვიმა), რომელიც მოიცავს 120,000 კმ² ფართობს**
[DOI:10.1029/2018GL080943](https://doi.org/10.1029/2018GL080943)



ენცელადუსი

- 2005** **სამხრეთ ვოლარული ცხელი წარტილის აღმოჩენა**
[DOI:10.1126/science.1121661](https://doi.org/10.1126/science.1121661)
- 2005** **აღმოაჩინეს სითბოს წარმოების და ტრანსპორტირების სისტემა სამხრეთ ვოლარული რელიეფის ქვემოთ**
[DOI:10.1038/s41550-017-0063](https://doi.org/10.1038/s41550-017-0063)
- 2022** **ენცელადუსის სითბოს ნაკადის ანალიზი აჩვენებს სითბოს ენდოგენურ წარმოშობას**
[DOI:10.5194/epsc2022-219](https://doi.org/10.5194/epsc2022-219)
- 2023** **WEBB-ის ტელესკოპმა დააკვირდა 6000 მილის სიგრძის ახალ დიდ შლიეფს**
nasa.gov/solar-system/webb-maps-surprisingly-large-plume-jetting-from-saturns-moon-enceladus



ნეპტუნი

- 2015 ადმოაჩინეს ახალი ბნელი მორევი, რომელიც დაფიქსირდა 2017 წლამდე
[DOI:10.3847/1538-3881/aaa6d6](https://doi.org/10.3847/1538-3881/aaa6d6)
- 2017 ეკვატორული ქარიშხალი ჩამოყალიბდა
[DOI:10.1016/j.icarus.2018.11.018](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2018.11.018)
- 2018 ახალი დიდი ბნელი ლაქის ფორმირება
[DOI:10.1029/2019GL081961](https://doi.org/10.1029/2019GL081961)
- 2018-2020 ტემპერატურის არანორმალური ნახტომი, სამხრეთ პოლუსის მკვეთრი დათბობა
[DOI:10.3847/PSJ/ac5aa4](https://doi.org/10.3847/PSJ/ac5aa4)



პლუტონი

- 2002 ატმოსფერული წნევა გაორმაგდა 1988 წლიდან
[DOI:10.1038/nature01762](https://doi.org/10.1038/nature01762)
- 2015 ატმოსფეროში აღმოჩენილია 2015 CO და HCN
[DOI:10.1016/j.icarus.2016.10.013](https://doi.org/10.1016/j.icarus.2016.10.013)
- 2015 ატმოსფერულმა წნევამ მიაღწია პიკს, შემდეგ ოდნავ შემცირდა და 2020 წლისთვის იგი თითქმის ექვივალენტური იყო 2015 წელს დაფიქსირებულ დონეზე
[DOI:10.1051/0004-6361/202141718](https://doi.org/10.1051/0004-6361/202141718)
- 2015 მრავალი კრიოვულკანური სტრუქტურა იქნა ნაკოვნი ზედაპირზე
[DOI:10.1038/s41467-022-29056-3](https://doi.org/10.1038/s41467-022-29056-3)
- 2019 მიწისქვეშა ოკეანე აღმოაჩინეს
[DOI:10.1038/s41561-019-0369-8](https://doi.org/10.1038/s41561-019-0369-8)



მზე

- 1972 წლის
4 აპრილი

მზის დიდმა აფეთქებამ შეწყვიტა შორ მანძილზე კომუნიკაცია აშშ-ს ზოგიერთ შტატში
[DOI:10.1029/2018SW002024](https://doi.org/10.1029/2018SW002024)
- 1989 წლის
13 მარტი

მე-20 საუკუნის ყველაზე დიდი მაგნიტური ქარიშხალი, ავრორის ნახვა შესაძლებელი იყო კუბასა და ფლორიდაში
[DOI:10.1029/2019SW002278](https://doi.org/10.1029/2019SW002278)
- 2000 წლის
14 ივლისი

მზის აფეთქება. ორბიტაზე თანამგზავრებს ჰქონდათ მოკლე ჩართვა, ზოგიერთი რადიოსადგური დაიხურა
[DOI:10.1029/2002GL014729](https://doi.org/10.1029/2002GL014729)
- 2003 წლის 28-31
ოქტომბერი

გეომაგნიტური სუპერქარიშხალი. დაირღვა სატელიტური სისტემები, ჩამოინგრა მაღალი ძაბვის ელექტროგადამცემი სისტემის ნაწილი სამხრეთ შვედეთში
[DOI:10.1029/2004SW000123](https://doi.org/10.1029/2004SW000123)
- 2005 წლის
სექტემბერი

ძლიერი გეომაგნიტური ქარიშხალი, რომელმაც გავლენა მოახდინა მეზოსფეროსა და თერმოსფეროს ტემპერატურასა და შემადგენლობაზე
[DOI:10.1029/2018JA025294](https://doi.org/10.1029/2018JA025294)
- 2006 წლის 5
დეკემბერი

მზის აფეთქება 10-ჯერ აღემატება ნებისმიერ ადრე მოხსენებულ მოვლენას. მოხდა მზის მინიმუმთან ახლოს. მნიშვნელოვნად დაზარალდა GPS სისტემა
[DOI:10.1029/2007SW000375](https://doi.org/10.1029/2007SW000375)
- 2012 წლის
23 ივლისი

ორი დიდი კორონალური მასის გამოდევნა დედამიწის ორბიტისკენ. ქარიშხლის სიმძლავრემ გადააჭარბა 1859 წლის კარინგტონის ქარიშხლის შეფასებებს
[DOI:10.1002/swe.20097](https://doi.org/10.1002/swe.20097)
- 2015 წლის
21 ივნისი

გეომაგნიტურმა ქარიშხალმა დახურა რადიოსიგნალები ჩრდილოეთ და სამხრეთ ამერიკაში
[DOI:10.1007/s11207-018-1303-8](https://doi.org/10.1007/s11207-018-1303-8)
- 2017 წლის 6
სექტემბერი

დაფიქსირდა მზის ციკლის 24-ის ყველაზე ძლიერი აფეთქება
[DOI:10.1029/2018SW001969](https://doi.org/10.1029/2018SW001969)
- 2019 წლის

დეკემბრის 24 ციკლი დასრულდა, ციკლი 25 დაიწყო
[weather.gov/news/201509-solar-cycle](https://www.weather.gov/news/201509-solar-cycle)
- 2022

SPACEX STARLINK-მა დაკარგა 38 თანამგზავრი ორბიტაზე გაშვებისას გეომაგნიტური ქარიშხლის გამო 29 იანვარს კორონალური მასის გამოდევნის შედეგად
[DOI:10.1029/2022SW003193](https://doi.org/10.1029/2022SW003193)
- 2023

დადგინდა, რომ მზის ქარიშხალი იწვევს ფრენის დაგეგმვით შეფერხებებს, რაც მხოლოდ გაიზარდა მომდევნო წლებში
[DOI:10.1038/s41598-023-30424-2](https://doi.org/10.1038/s41598-023-30424-2)
- 2023 წლის
22 ივნისი

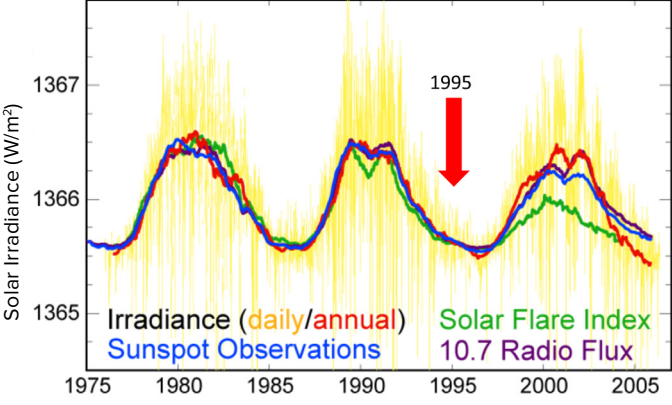
დღიური მზის ლაქების რაოდენობამ (240) გადააჭარბა მაქსიმუმ 24 ციკლის (220)
sidc.be/silso/dayssnplot

ვარაუდები, რომ ჩვენს მზის სისტემაში ასეთი ფენომენები გამოწვეულია მზის აქტივობით, არ არის მხარდაჭერილი ფაქტებით. არანორმალური ცვლილებები მზის სისტემის პლანეტებზე და მათ თანამგზავრებზე დაიწყო მზის მინიმალური პერიოდის განმავლობაში 1995 წელს, ანუ როდესაც მზის აქტივობა მინიმუმამდე იყო. მზის აქტივობის ციკლების დიაგრამა 67-ზე გვიჩვენებს, რომ 1995 წელს მზე მინიმალურ აქტივობაში იყო, ამიტომ მას არ შეეძლო გამოეწვია ყველა ეს ცვლილება.

ამიტომ, მზეს არ შეეძლო ასეთი გავლენა სხვა პლანეტებზე. უფრო მეტიც, მთელ მზის სისტემაში მზე იყო უკანასკნელი, ვინც გავლენა მოახდინა კოსმოსურ ზემოქმედებას, სავარაუდოდ მისი უზარმაზარი მასის გამო. მას შემდეგ, რაც ცვლილებები ხდება სინქრონულად მზის სისტემის ყველა პლანეტაზე, ისევე როგორც მზეზე, ლოგიკურია ვივარაუდოთ, რომ არსებობს რაღაც ფაქტორი ანლო ან შორეული სივრცეიდან, რომელიც იწვევს უზარმაზარ ენერჯის გამოჩენას პლანეტების შიგნით.

ეს ენერჯია წარმოიქმნება პლანეტურ სისტემაში, ფოკუსირებულია ბირთვების ირგვლივ და პლანეტების სხვა ფენების გვერდის ავლით. ამის გამო, ჰიპოთეზის მიხედვით, პლანეტების ბირთვები თბება და ინაცვლებს. მეცნიერებისთვის ცნობილი არც ერთი გავლენა - გრავიტაციული, ელექტრომაგნიტური, აკუსტიკური, კოსმოსური გამოსხივება - არჩება შეუმჩნეველი საზომ ინსტრუმენტებს, ხოლო ბირთვზე პირდაპირ გავლენას ახდენს. შესაბამისად, თეორიის თანახმად, არცერთ ზემოთ ჩამოთვლილ გავლენას არ შეუძლია გამოიწვიოს ის ცვლილებები, რაც ახლა შეიმჩნევა მზის სისტემის ყველა პლანეტაზე.

მზის ციკლის ცვალებადობა



სურათი 67

მზის ციკლის ვარიაციები ბოლო 30 წლის განმავლობაში ეს გამოსახულება გვიჩვენებს მზის სამ ციკლს 1975-2005 წლებში, რომელიც იხილება მზის რადიაციის, მზის ლაქების რაოდენობის, მზის აფეთქების აქტივობისა და 10,7 სმ რადიო ნაკადით. გრაფიკი ნათლად მიუთითებს, რომ 1995 წელს მზე იყო მინიმალურ აქტივობაზე, მაშასადამე, ის ვერ იქნებოდა 1995 წელს დედამიწის ბირთვში და სხვა პლანეტების ბირთვებში ცვლილებების მიზეზი. წყარო: რობერტ ა. როჰდის მიერ გამოქვეყნებული მონაცემების საფუძველზე შექმნილი სურათი. მონაცემთა წყარო: <https://www.pmodwrc.ch/en/research-development/solar-physics/tsi-composite/>

ზემოთ ჩამოთვლილი ფაქტების გათვალისწინებით, შეიქმნა ჰიპოთეზა, რომელიც ვარაუდობს, რომ ეს ეფექტი მუშაობს შეუსწავლელ ფიზიკურ პრინციპებზე. ეს პირველი შემთხვევაა, როცა თანამედროვე მეცნიერება მსგავს ფენომენს წააწყდა. ეს არის ფენომენი, რომელიც ოფიციალურად არ არის რეგისტრირებული, მაგრამ მისი გამოვლინებები შეიძლება შეინიშნოს. ეს ენერჯია, ვარაუდების თანახმად, აცოცხლებს "მკვდარ" პლანეტებსაც კი, სადაც სეისმური და მაგმატური აქტივობა იწყებს ზრდას. ამას ადასტურებს მარსი, სადაც სეისმური⁵⁷ და მაგმატური აქტივობის⁵⁸ ზრდა დაიწყო .

⁵⁷Dahmen, N., Clinton, J. F., Meier, M., Stähler, S., Ceylan, S., Kim, D., Stott, A. E., & Giardini, D. (2022). MarsQuakeNet: A more complete marsquake catalog obtained by deep learning techniques. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 127(11). <https://doi.org/10.1029/2022je007503>
Sun, W., & Tkalčić, H. (2022). Repetitive marsquakes in Martian upper mantle. *Nature Communications*, 13, 1695. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29329-x>
Fernando, B., Daubar, I. J., Charalambous, C., Grindrod, P. M., Stott, A., Abdullah Al Ateqi, Atri, D., Ceylan, S., Clinton, J., Fillingim, M. O., Hauber, E., Hill, J. R., Kawamura, T., Li, J., Lucas, A., Lorenz, R. D., Ojha, L., Perrin, C., S. Piqueux, & Stähler, S. C. ... Banerdt, W. B. (2023). A tectonic origin for the largest marsquake observed by InSight. *Geophysical Research Letters*, 50(20). <https://doi.org/10.1029/2023gl103619>
⁵⁸Broquet, A., & Andrews-Hanna, J. C. (2022). Geophysical evidence for an active mantle plume underneath Elysium Planitia on Mars. *Nature Astronomy*, 7, 160–169. <https://doi.org/10.1038/s41550-022-01836-3>

ასტრონომიული პროცესები და მათი ციკლორობა

ჰიპოთეზის თანახმად, ეს გავლენა, რომელიც შედგება გარკვეული ტიპის ენერჯისგან, ურთიერთქმედებს უშუალოდ და მხოლოდ დედამიწის შიდა ბირთვთან, პლანეტის სხვა გარსებზე ზემოქმედების გარეშე. ამ ტიპის ურთიერთქმედება შეიძლება მივაწეროთ იმ ფაქტს, რომ შიდა ბირთვს აქვს უკიდურესად მაღალი სიმკვრივე და მისი სტრუქტურა, სავარაუდოდ, განსხვავდება ზოგადად მიღებული რკინა-ნიკელის თეორიისგან. ფიზიკა-მათემატიკის მეცნიერებათა დოქტორის, დოქტორ ი.მ.ბელოზეროვის ჰიპოთეზის მიხედვით, შიდა ბირთვს აქვს სრულიად განსხვავებული სტრუქტურა, ახლოს არის ნეიტრონული ვარსკვლავის სტრუქტურასთან⁵⁹. მაშინ როდესაც, გარე ბირთვი, სავარაუდოდ, შედგება ნიკელის, რკინის და სხვა ლითონის შენადნობებისგან. ვარაუდების თანახმად, მზის სისტემის სხვა პლანეტების ბირთვებს, თუნდაც გაზის გიგანტებს, აქვთ მსგავსი სტრუქტურა.

ამ მოხსენებაში შემოთავაზებული ჰიპოთეზა განიხილავს დედამიწაზე ამ გავლენის ბუნებას სიბნელეში ფანრის სხივის ასოციაციურ მაგალითში. წარმოვიდგინოთ სინათლის კონცენტრირებული სხივი, რომელიც გარშემორტყმულია გაფანტული განათებით. ყველა მონაცემის ყოვლისმომცველი ანალიზის საფუძველზე, დედამიწას ამჟამად სინათლის მხოლოდ გაფანტული ნაწილი აღწევს. მიმდინარე პროცესებზე დაკვირვების თანახმად, კონცენტრირებული სხივი ჯერ არ შეხება დედამიწას, მაგრამ უკვე შეინიშნება დედამიწაზე კატაკლიზმების სიხშირისა და ინტენსივობის

სწრაფი ზრდა. გარდა ამისა, მათემატიკური მოდელების მიხედვით, მოსალოდნელია, რომ ეს ტენდენცია გაგრძელდება. მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ დედამიწა პირველად არ ხვდება ამ ტიპის გავლენას. ჩვენი პლანეტის გეოლოგიური ისტორია მიუთითებს იმაზე, რომ დედამიწას არაერთხელ განუცდია გლობალური კლიმატის ცვლილების მსგავსი ფაზები და მსგავსი სინქრონული ხასიათის გეოდინამიკა.

მეოთხეული პერიოდის ნალექების გეოქრონოლოგიური კვლევების საფუძველზე და ყინულის ბირთვების და ფართომასშტაბიანი გადაშენების კვალის შესწავლის საფუძველზე, მათ შორის ადამიანთა სახეობების გადაშენების შესახებ, შეიძლება დავასკვნათ, რომ წარსულში დედამიწას აწყდებოდა ფართომასშტაბიანი კლიმატური კატაკლიზმების მკვეთრი ზრდა დაახლოებით ყოველ 12000. წელი-ში⁶⁰. და ყოველ 24000 წელიწადში, პლანეტარული კატასტროფები, სავარაუდოდ, ბევრჯერ უფრო ძლიერი იყო, რაც დასტურდება ყინულის ბირთვებში ვულკანური ამოფრქვევის ფერფლის ფენების გამოკვლევებით და სხვა გეოქრონოლოგიური კვლევებით.⁶¹ მ. არუშანოვი, ვ. ბუბნეკოვი, ა. ბატურინი⁶², V. ბუშუევი⁶³, ი.კოპილოვი⁶⁴, ნ. პეტროვი⁶⁵, ი. სმოტრინი⁶⁶, დუგლას ვოგტი⁶⁷ და მრავალი სხვა მკვლევამ^{68,69,70,71} გაიგეს დედამიწაზე გლობალური კატაკლიზმების ციკლური ბუნება დაახლოებით 12000–13000 ათასი წლის პერიოდით და ახლა, მონაცემთა კუმულაციური ანალიზის მიხედვით, კაცობრიობა შედის ამ ციკლის აქტიურ ფაზაში.

⁵⁹ Belozero, I. M. (2008). Nature as viewed by a physicist. International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology, 12(68).

<https://cyberleninka.ru/article/n/priroda-glazami-fizika/viewer>

Hruzov, V. I. (October 2021). Nejtronnaja Vselennaja, Gl. 10. Raschjot nejtronnogo jadra Zemli [Neutron Universe. Ch. 10. Calculation of the Earth's neutron core]. Moscow: Libmonster Russia. Retrieved from: <https://libmonster.ru/m/articles/download/17227/4846>

⁶⁰ Arushanov, M. L. (2023). Causes of Earth climate change, as a result of space impact, dispelling the myth about anthropogenic global warming. Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft, 53, 4–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>

Arushanov, M. L. (2023). Dinamika klimata. Kosmicheskie faktory. [Climate Dynamics. Cosmic Factors]. Hamburg: LAMBERT Academic Publishing.

⁶¹ Sawyer, D. E., Urgeles, R., & Lo Iacono, C. (2023). 50,000 yr of recurrent volcanoclastic megabed deposition in the Marsili Basin, Tyrrhenian Sea. Geology, 51(11), 1001–1006. <https://doi.org/10.1130/g51198.1>

⁶² Baturin, A. M. (2001). Periodichnost globalnykh katastrof - 12166 let. [Periodicity of Global Catastrophes - 12166 years"] Monograph. Kursk CSTI.

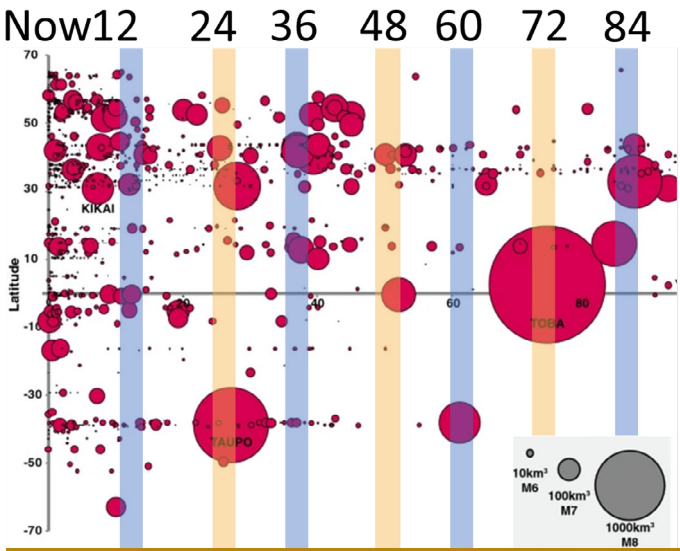
⁶³ Bushuev, E. V., & Kopylov, I. P. (2005). Kosmos i Zemlja. Elektromekhanicheskie vzaimodejstviya. [Space and Earth. Electromechanical Interactions]. Monograph. Moscow: Energy.

⁶⁴ Kopylov, I. (2001, November 1) Elektromekhanika Solnechnoj sistemy [Electromechanics of the solar system]. NVO.

⁶⁵ Petrov, N. V. (2015). The Climate of the Earth: The solution to the problem of climate change of the Earth from the position of the law the preservation of life in space. Ecology and Society Development: Journal of the International Academy of Ecology, Human and Nature Safety Sciences, 4, 11-23. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001d/2551-ptr.pdf>

გეოლოგიაში, პალეონტოლოგიაში და არქეოლოგიაში, არსებობს მრავალი მტკიცებულება ციკლის წინა კატასტროფების შესახებ. თითოეულ ამ კატასტროფულ მოვლენას ახასიათებდა არა მხოლოდ დედამიწის კლიმატის მკვეთრი ცვლილებები, არამედ სრული გეოდინამიკური რესტრუქტურირაცია:

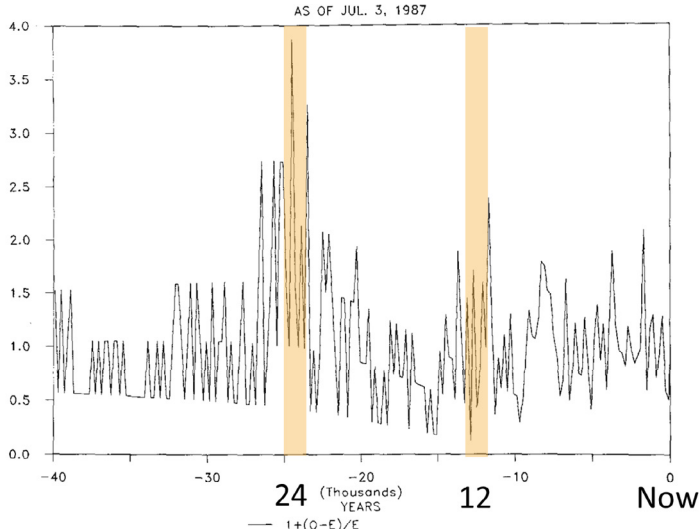
მაგნიტური ველის შესუსტება და ექსკურსია, კატასტროფული გავრცელებული ვულკანური ამოფრქვევები, ტექტონიკური გადანაწილებები, ატმოსფერული ტემპერატურის მერყეობა 10°C-ით⁷², ცვლილებები. მსოფლიო ოკეანის დონე და შემდგომი ფართომასშტაბიანი გამყინვარები (სურათები 68-72).



სურათი 68

გლობალური მასშტაბის ამოფრქვევები 2013 წლიდან 100000 კალ. წ. BP გრძელი ჩრდილოეთით 70° და სამხრეთის 70° განედს შორის. სურათზე ხედავთ როდის მოხდა ასეთი ამოფრქვევები. წრის ზომები ასახავს ამოფრქვევის მასშტაბს. გაითვალისწინეთ, რომ დიდი წითელი წრეები მიუთითებს იმაზე, რომ ყოველ 24000 წელიწადში ვულკანური ამოფრქვევები უფრო დამლუპველია.
წყარო: ბრაუნი, ს.კ., კროსჟელერი, ჰ. (2014). მეოთხეული ამოფრქვევის ჩანაწერის დახასიათება: დიდი მაგნიტუდის ფეთქებადი ვულკანური ამოფრქვევების (laMEVE) მონაცემთა ბაზის ანალიზი. *Journal of Applied Volcanology*, 3 (5).
<https://doi.org/10.1186/2191-5040-3-5>

VOLCANICITY INDEX CHRONOLOGY



სურათი 69

ვულკანური აქტივობის მასშტაბები ბოლო 40 ათასი წლის განმავლობაში ყინულის ბირთვის მონაცემების მიხედვით ვულკანური ამოფრქვევის რაოდენობის ქრონოლოგია, რომელიც ეფუძნება მოვლენების რადიოკარბონულ დათარიღებას და გამოიხატება ფარდობითი გადახრით.
წყარო: Bryson, R. A. (1989). მილანკოვიჩის კლიმატის ფორსირების გვიანი მეოთხეული ვულკანური მოდულაცია. *თეორიული და გამოყენებითი კლიმატოლოგია*, 39, 115–125.
<https://doi.org/10.1007/bf00868307>

⁶⁶ Smotrin E. G., candidate of military sciences. (1998). Natural disasters and catastrophes — the main threat to planetary and Eurasian security upon entering the 3rd millennium AD. *Geostrategy and Technologies XXI*. Retrieved from: <http://www.geost-21.su/ru/node/1>

⁶⁷ Vogt, D. B. (2007). *God’s Day of Judgment; The real cause of global warming* (1st Ed.). Vector Associates. ISBN-13:978-0-930808-08-2

Vogt, D. B. (2015). *The theory of multidimensional reality*. Vector Associates. ISBN-13: 978-0-930808-10-5.

⁶⁸ Davidson, B. (2021). *The next end of the world*. Space Weather News. ISBN 9781098357788

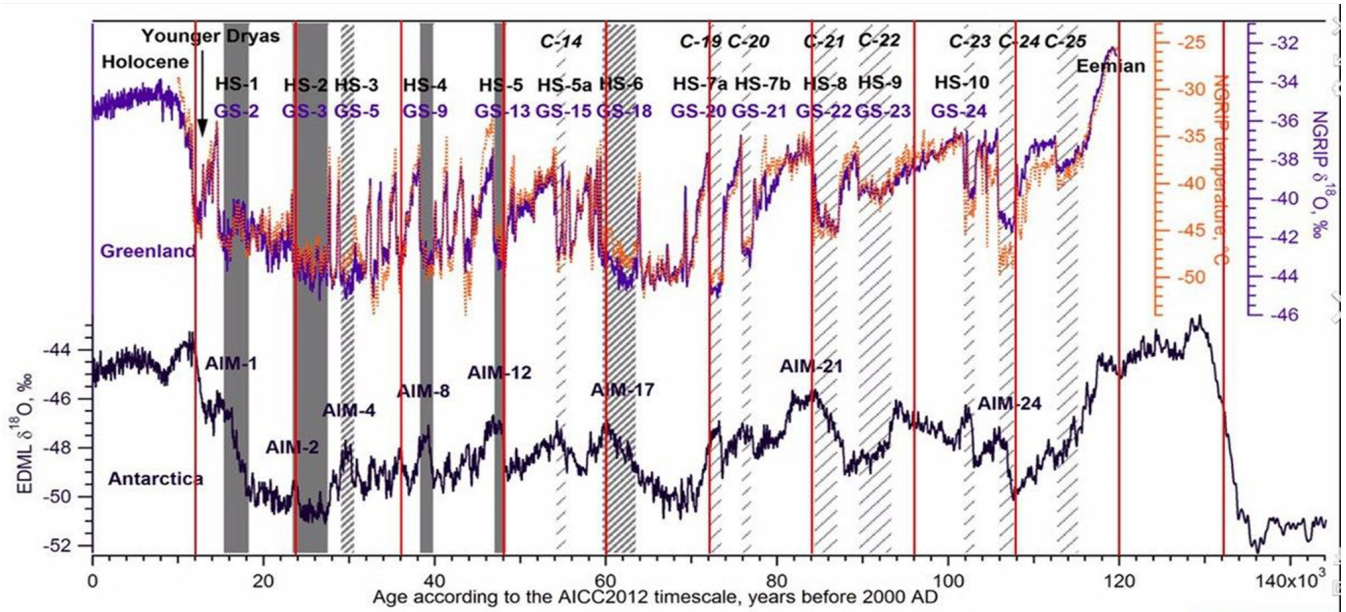
⁶⁹ Thomas, C. (1993). *The Adam & Eve story: The history of cataclysms*. Bengal Tiger Pr, ISBN 9781884600012

⁷⁰ White, K. W. (1992). *World in peril: The origin, mission, and scientific findings of the 46th/72nd Reconnaissance Squadron*. K. White, ISBN 0962891681.

⁷¹ Hapgood, C. H. (1958). *Earth’s shifting crust: A key to some basic problems of earth science*. Pantheon Books, - Science.

⁷² Easterbrook, D. J. (2016). *Evidence-based climate science, data opposing CO2 emissions as the primary source of global warming*, (2nd Ed.) Elsevier. Bellingham, USA.
<https://doi.org/10.1016/C2015-0-02097-4>

Now 12 24 36 48 60 72 84 96 108 120



სურათი 70

ტემპერატურული ანომალიები გრენლანდიისა და ანტარქტიდის ყინულის ბირთვის მონაცემებიდან.
 წყარო: Heinrich, H. (1988). ყინულის ციკლური რაფტინგის წარმოშობა და შედეგები ჩრდილო-აღმოსავლეთ ატლანტის ოკეანეში ბოლო 130 000 წლის განმავლობაში. მეოთხეული კვლევა, 29 (2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)

Event	Age in thousands of years before present		
	Hemming (2004)	Bond & Lotti (1995)	Vidal et al., (1999)
H0	~12		
H1	16.8		14
H2	24	23	22
H3	~31	29	
H4	38	37	35
H5	45		45
H6	~60		

H1 and H2 are identified using radiocarbon dating, H3-6 are correlated with GISP2.

სურათი 71

ჰაინრიხის მოვლენების სავარაუდო ფარდობითი მდებარეობა თავდაპირველად დაფიქსირდა ჩრდილო ატლანტის ოკეანის ზღვის ნალექის ბირთვებში.
 წყარო: Heinrich, H. (1988). ყინულის ციკლური რაფტინგის წარმოშობა და შედეგები ჩრდილო-აღმოსავლეთ ატლანტის ოკეანეში ბოლო 130 000 წლის განმავლობაში. მეოთხეული კვლევა, 29 (2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)

Time (Years Ago)	Magnetic Event	Volcanic Candidates	Biosphere Stresses
~12,000	Gothenburg	Eifel Complex (German), Phlegrean Fields (Italy)	Mega-Faunal Extinction, Global
~25,000	Lake Mungo	Aira Caldera (Japan), Taupo (New Zealand)	Mega-Faunal Extinction, Australia/Eurasia, W.Africa Human Abandonment
~36,000	Mono Lake	Campi Flegrei (Italy), Gorley (Russia)	Mega-Faunal Extinction, North America
~47,000	Laschamp	Kulje Lake (Russia), Lake Shikotsu (Japan)	Mega-Faunal Extinction, Global, Neanderthal Extinction
~60,000	Vostok	(None VEI 7 or Greater)	(No Major Discoveries)
~72,000	Toba	Toba (Indonesia), Santorini (Greece)	Largest Human Bottleneck, <5000 Humans Survived
~84,000	(unnamed)	Atitlan (Guatemala)	(No Major Discoveries)
~96,000	(unnamed)	Mount Aso (Japan)	(No Major Discoveries)
~105,000	Blake?	(None VEI 7 or Greater)	Mega-Faunal Extinction?
~120,000	Blake?	Mount Aso (Japan)	Mega-Faunal Extinction?

სურათი 72

მაგნიტური პოლუსების დრიფტი, მაგნიტური ველის შესუსტება, კატასტროფული ამოფრქვევები და გადაშენება ყოველ 12000 წელიწადში ერთხელ
 წყარო: ბ.დავითსონი. (2021). მსოფლიოს შემდეგი დასასრული. კოსმოსური ამინდის ამბები.

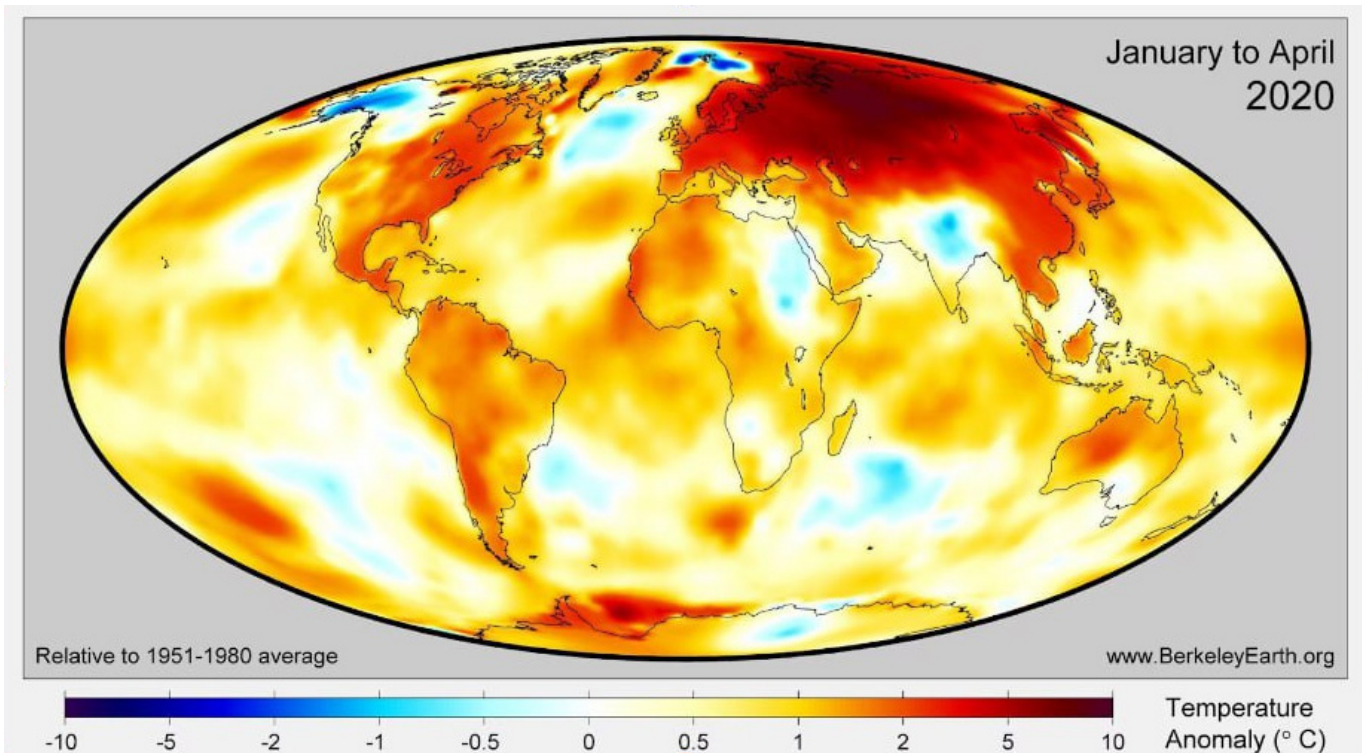
ეს ჰიპოთეზა ვარაუდობს, რომ გეოდინამიკური ცვლილებები დედამიწაზე, პირველ რიგში, ასტრონომიული პროცესებისა და მათი ციკლორობის წარმოებულეობა. როგორც წინა ციკლებში, დღესაც კატასტროფების გაზრდის მნიშვნელოვან ფაქტორს წარმოადგენს დედამიწის შიგნით დამატებითი ენერჯის დაგროვება გარე კოსმოსური გავლენისგან. თუმცა, ამ ციკლს ამოაფრებს ანთროპოგენური ზემოქმედება დედამიწის სისტემაზე, რაც ზრდის

პლანეტის სიღრმეში სითბოს რაოდენობას. ენტროპიის - დამატებითი ენერჯის სითბოში გადაქცევის შედეგად - დედამიწის მანტია უფრო ცხელი ხდება, მაგმა უფრო თხევადი ხდება, იზრდება ენდოგენური სითბოს ნაკადი შიგნიდან ზედაპირზე და წარმოიქმნება ახალი მაგმის კამერა. დღეს, მაგალითად, ციმბირის ქვეშ ასეთი მასიური კამერა ძალიან სწრაფად იზრდება, ნაწილობრივ ბირთვის ამ მიმართულებით გადაადგილების გამო.

ციმბირის არანორმალური გათბობა

ციმბირი და ციმბირის არქტიკა არის რეგიონები, სადაც გათბობის ტემპები 2-3-ჯერ აღემატება გლობალურ საშუალო მაჩვენებელს (ნახ. 73). პიპოთეზის მიხედვით, ეს დაკავშირებულია მაგმის კამერის წარმოქმნასთან დედამიწის ბირთვში ცვლის გამო, რაც იწვევს მოჭიმულობას მანტიაზე ამ რეგიონში (სურ. 74-76). ამას მხარს უჭერს ჩინელი მეცნიერების ბოლო კვლევები, რომლებმაც დაადგინეს, რომ ქერქი ციმბირის ქვეშ ახლა დნება და თხელდება მაგმას აქტივობის გამო⁷³. ეს პროცესი პროგრესირებადია და ამცირებს ფირფიტის სიმტკიცეს. სავარაუდოა, რომ მაგმის პლუმის აქტივობა ასევე შეიძლება გამოვლინდეს მუდმივი ყინვის დამატებით დათბობაში ქვემოდან

ზევით, რეგიონში სეისმური აქტივობის გაზრდით, ცხელი წყლების ზედაპირზე აწევით და რღვევის ზონებში თოვლის ქვეშ ხანძრებში. ჩრდილოეთ განედებში იზრდება მეთანისა და წყალბადის ემისიები სიღრმეებიდან, იზრდება კრატერების რაოდენობა ბუნებრივი აირის აფეთქების შედეგად და გაძლიერებული ტალახის ვულკანიზმი არქტიკულ შლეიფზე. ტექტონოფიზიკური მოდელების მიხედვით, ციმბირის ქვეშ მყოფი მაგმის გარღვევა აიძულებს მდნარ ნივთიერებებს ზედაპირზე გამოვიდეს მაღალი წნევის ქვეშ. ამან შეიძლება პირდაპირ საფრთხე შეუქმნას რუსეთისა და მთელი მსოფლიოს არსებობას.

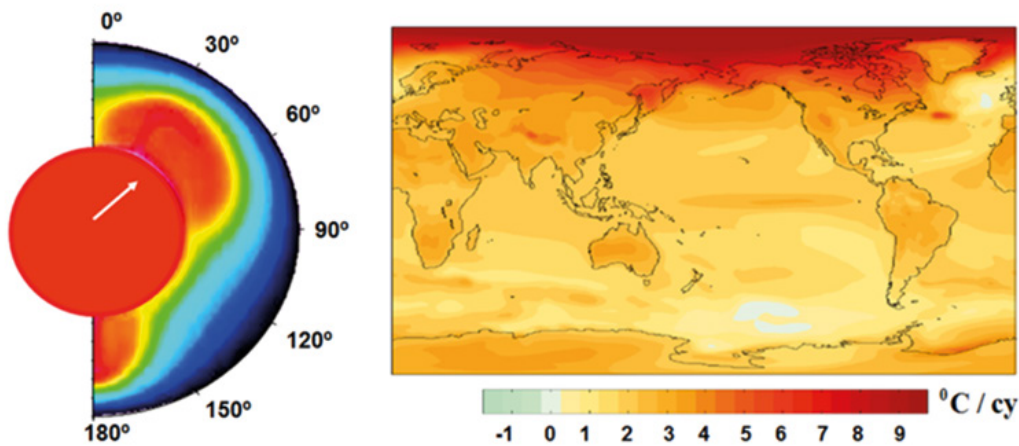


სურათი 73

ტემპერატურული ანომალიები მსოფლიოში 2020 წლის იანვარ-აპრილის პერიოდისთვის 1951-1980 წლების ნორმასთან შედარებით. ციმბირის რეგიონში დათბობა 3-6-ჯერ აღემატება გლობალურ ტემპერატურულ ანომალიას, რაც მიუთითებს ამ რეგიონის გაცხელების გამომწვევ დამატებით ფაქტორზე.

მონაცემთა წყარო: BerkeleyEarth.org

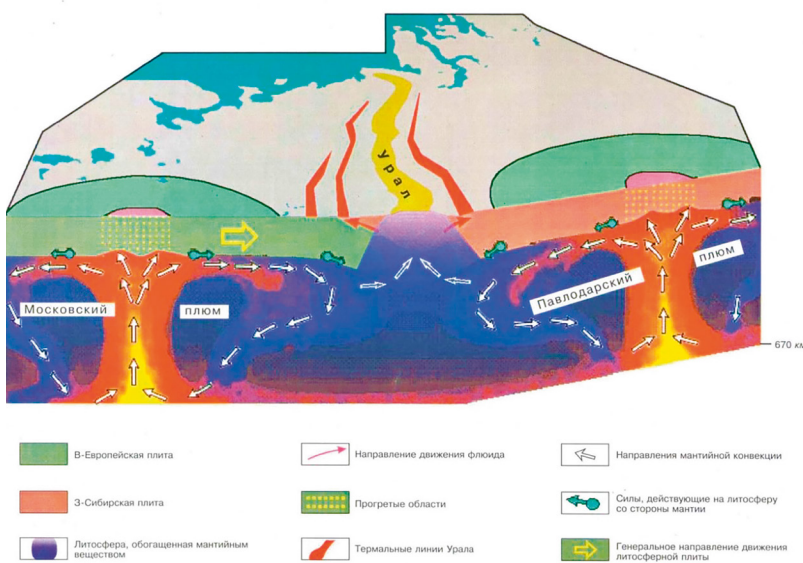
⁷³Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). Remnant of the late Permian superplume that generated the Siberian Traps inferred from geomagnetic data. Nature Communications, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>



სურათი 74

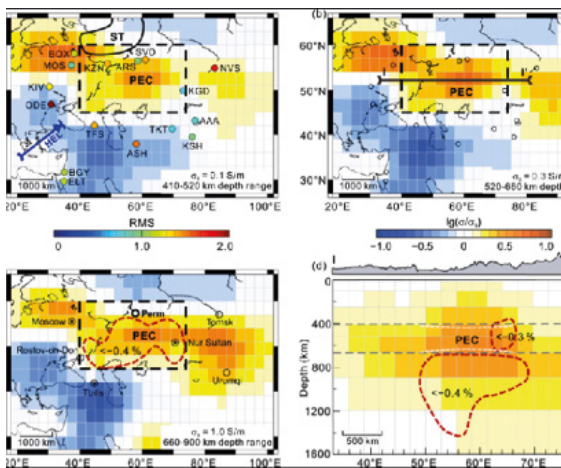
ბირთვისა და მანტიის იძულებითი შედარებითი ცვლა და მანტიის ზედა ფენების ასიმეტრიული სითბოს მიწოდების სქემა (მარცხნივ). ზედაპირის დაბობის საზოგადოებრივი ტენდენციები (°C-ი საუკუნეში) NCAR CCSM3 მონაცემების მიხედვით საშუალოდ სპეციალური სცენარის მიხედვით http://www.realclimate.org/bitz_fig3.png (მარჯვნივ).

წყარო: Barkin, Yu.V. (2009). ციკლური ინვერსიული კლიმატის ცვლილებები დედამიწის ჩრდილოეთ და სამხრეთ ნახევარსფეროებში // ზღვების და ოკეანების გეოლოგია: საზღვაო გეოლოგიის XVIII საერთაშორისო სამეცნიერო კონფერენციის (სკოლის) მასალები. T.III. - M.: GEOS. 2009. გვ. 4-8.



სურათი 75

ნახშირწყალბადების სითხეების მოძრაობის სქემა მოსკოვისა და პავლოდარის კამერით-ტექტონიკურ სტრუქტურებში. წყარო: Gorniy, V. I. et al. (2001) მანტია-ლითოსფერული ურთიერთქმედების მოდელი, რომელიც დაფუძნებულია Uralseys Geotraverse-ის მონაცემებზე სეისმოლოგიისა და დისტანციური გეოთერმული მეთოდის ძიების მიზნით. სამხრეთ ურალის ღრმა სტრუქტურა და გეოდინამიკა. ტვერი. გვ 227-238.



სურათი 76

ჯილინის უნივერსიტეტისა და შიჯიაჟუანგ ტიედაოს უნივერსიტეტის მეცნიერებმა გამოიყენეს გეომანტიური ველის მონაცემები ჩრდილოეთ აზიის 16 სადგურიდან, რათა გამოეთვალათ მანტიის ელექტრული გამტარობა სხვადასხვა სიღრმეზე. მათ აღმოაჩინეს კონდუქტომეტრის შესამჩნევი ზრდა მსოფლიო საშუალო გამტარებლობასთან შედარებით ციმბირის ბილიკების ქვეშ მდებარე რეგიონში (ყვირთული და ყავისფერი უბნები დიაგრამებზე). მკვლევარებმა დაადგინეს, რომ ეს ადგილები 400-დან 900 კმ-მდე სიღრმეზე საშუალოდ 250 გრადუსით უფრო ცხელია ვიდრე მიმდებარე მანტია. ამ ადგილებში, არსებობს მდნარი მანტიის ნაწილი.

წყარო: Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). Remnant of the late Permian superplume that generated the Siberian Traps inferred from geomagnetic data. Nature Communications, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>

შედარებისთვის, იელოუსტოუნის სუპერვულკანის გააქტიურება აშშ-ში, რომელიც ასევე აჩვენებს არანორმალური აქტივობის ნიშნებს, შეიძლება გამოიწვიოს მთელი ამერიკის კონტინენტის განადგურება, მაგრამ მანც იქნება კაცობრიობის გადარჩენის შანსი.

თუმცა, ციმბირის ქვეშ მდებარე ლითოსფერულ ფირფიტაზე მაგმის გარღვევის შემთხვევაში, შეიძლება ითქვას, რომ ეს შეუძლებელს გახდის სიცოცხლეს ყველა ცოცხალი არსებისთვის პლანეტა დედამიწაზე.

პლანეტა დედამიწის ამჟამინდელი ციკლი

2024 წლის ბოლოსთვის შესაძლებელია ვულკანური აქტივობის ზრდა, რაც გამოწვეულია მაგმის აწევით და მაგმატური ნაკადების მიერ ლითოსფერული ფირფიტების ეროზიით. ამან შეიძლება გამოიწვიოს ხშირი მიწისძვრები და ვულკანური ამოფრქვევები. ეს დასკვნა ეფუძნება შემდეგ დაკვირვებებს: დედამიწის გეოფიზიკურმა და გეოდინამიკურმა პარამეტრებმა განიცადა მკვეთრი ცვლილებები 1995 და 1998 წლებში, რამაც გამოიწვია სეისმური აქტივობის ზრდის ექსპონენციალური ტენდენცია და პლანეტის ინტერიერის დესტაბილიზაცია. ეს მიუთითებს ენერჯისა და დაძაბულობის დაგროვებაზე დედამიწის სიღრმეში და ენერჯის ექსპონენტურად მზარდ გამოყოფაზე. ოკეანე და ატმოსფერო დაგვიანებით რეაგირებენ სიღრმეებში მიმდინარე პროცესებზე, მაგრამ მათი ცვლილებების გრაფიკებში უკვე აშკარაა ექსპონენციალური ტენდენცია.

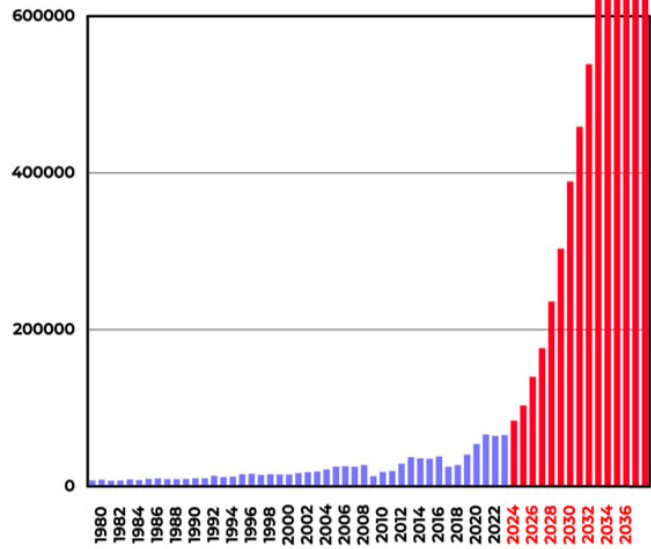
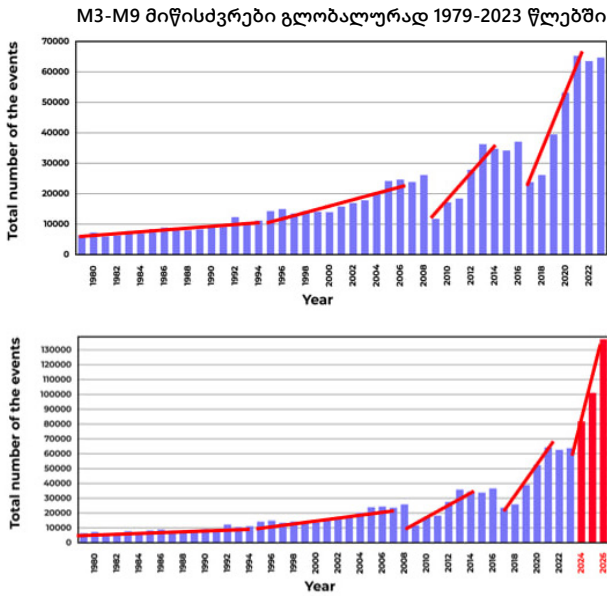
მსოფლიოში მიწისძვრების მზარდი მიმდინარე ექსპონენციალური პროგრესის საფუძველზე ჩატარდა გრაფიკის ექსპონენციალური ტენდენციის ანალიზი და ამის საფუძველზე აშენდა მოდელი მიწისძვრების რაოდენობის ზრდის პროგნოზირებისთვის მომდევნო წლებში (ნახ. 77).

მოდელირების შედეგები ასეთია: 2028 წლისთვის დედამიწაზე დღეში 1000 მიწისძვრა იქნება 3.0 და მეტი მაგნიტუდის სიმძლავრით, მაშინ როცა დღესდღეობით დაახლოებით 125

ხდება. მოდელის გამოთვლების მიხედვით, 2030 წლისთვის მიწისძვრების რაოდენობა სავარაუდოდ იმდენად გაიზრდება, რომ შეცვლილ პირობებთან ადაპტაცია შეუძლებელი გახდება.

მოსალოდნელია, რომ მცირე მაგნიტუდის სეისმური მოვლენების რაოდენობის ზრდა, რაც მიუთითებს მაგმატური აქტივობის მატებაზე და ვულკანური აქტივობის ფართოდ გავრცელებაზე, დიდი ალბათობით გამოიწვევს ძლიერი მიწისძვრების რაოდენობის ზრდას. დიდია ალბათობა იმისა, რომ ექვსი წლის განმავლობაში 2023 წლის 6 თებერვალს თურქეთსა და სირიაში მომხდარი მიწისძვრის ეკვივალენტური დესტრუქციული მიწისძვრები ყოველდღიურად მოხდება.

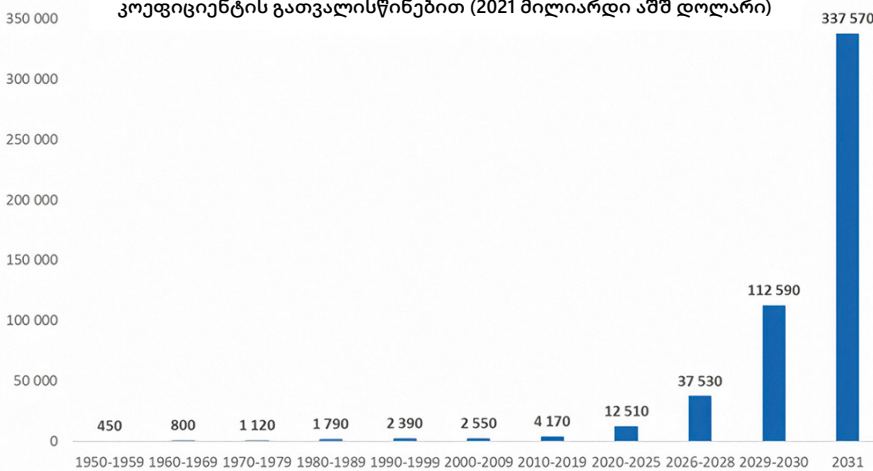
მოსალოდნელი ცვლილებების შედეგად, ბევრ ქალაქს და შტატს შეიძლება სერიოზული განადგურება შეექმნას. ექსპონენციალური ფუნქციის გამოყენება კლიმატის კატასტროფების ზარალის შესაფასებლად აჩვენებს, რომ გლობალურ ეკონომიკას შეიძლება გაუჭირდეს ზარალის კომპენსირება მომდევნო 4-6 წლის განმავლობაში, რაც პოტენციურად გამოიწვევს ეკონომიკურ კრიზისს. პროგნოზები ამ პერიოდში გლობალური ბიზნესის შესაძლო კოლაფსზე მიუთითებს. მათემატიკური მოდელირება ვარაუდობს, რომ მომდევნო 10 წლის განმავლობაში დედამიწაზე სიცოცხლის პირობები შეიძლება მნიშვნელოვნად შეიცვალოს.



სურათი 77

ბუნებრივი კატაკლიზმების რაოდენობის ექსპონენციალური ზრდის მოდელი მიწისძვრების მაგალითზე 2036 წლამდე.

კლიმატიდან ზარალის პროგრესირება მიწისძვრის ზრდის კოეფიციენტის გათვალისწინებით (2021 მილიარდი აშშ დოლარი)



სურათი 78

პროგნოზირებული ეკონომიკური ზარალი ბუნებრივი კატასტროფებისგან, გეოდინამიკური და კლიმატური კატასტროფების რაოდენობის ექსპონენციალური ზრდის მოდელის მიხედვით (2021 მილიარდი აშშ დოლარი). მონაცემთა წყარო: AON (Catastrophe Insight).

ამ ტენდენციიდან გამომდინარე, უახლოეს მომავალში შეიძლება ვიწინასწარმეტყველოთ ყველა სხვა სტიქიური უბედურების რიცხვი მთელ მსოფლიოში. სამეცნიერო ფაქტები ადასტურებს კლიმატური კატასტროფების გარდაუვალ პროგრესს და დღეის მდგომარეობით, არაფერი აფერხებს კატაკლიზმების ესკალაციას მთელს მსოფლიოში. მზის აფეთქებებმა დღეს უკვე შეიძლება გამოიწვიოს სატელიტური ოპერაციების შეფერხება, რაც ხაზს უსვამს პოტენციური

ტექნოლოგიური პრობლემებისთვის მომზადების მნიშვნელობას. პროგნოზები ვარაუდობენ, რომ მნიშვნელოვანი ცვლილებები შეიძლება მოხდეს მომდევნო 4-6 წლის განმავლობაში, რაც გავლენას მოახდენს მრავალი რეგიონის სიცოცხლისუნარიანობაზე. აღწერილი მოდელის შემდგომი პროგრესის მიხედვით, შეიძლება მოხდეს კრიტიკული მოვლენები, რომლებმაც შეიძლება გავლენა მოახდინოს პლანეტის მთლიანობაზე.

კატასტროფების წინა ციკლებში, რომლებიც ყოველ 12000 წელიწადში ხდებოდა, ხდებოდა სახეობების გადაშენება, მაგრამ პლანეტამ გაიარა ეს ციკლები მისი სისტემების მთლიანობაში მნიშვნელოვანი ცვლილებების გარეშე. მიმდინარე ციკლში, რომელიც ხასიათდება უფრო მძიმე კატასტროფებით 24000-წლიანი ციკლის გამო, დაემატა კიდევ ერთი ფაქტორი, რომელიც საფრთხეს უქმნის პლანეტის, როგორც მასზე ცოცხლი არსების არსებობას. ეს ანთროპოგენური ფაქტორი, რომელიც ადრე იყო ნახსენები ანგარიშში, გადაწყვეტ როლს თამაშობს პლანეტის მდგომარეობის მნიშვნელოვნად გაუარესებაში. ეს ანთროპოგენური ზემოქმედება გამოიხატება პლანეტის გაციების პირველადი მექანიზმის დაბინძურებაში – მსოფლიო ოკეანის წყლების მიკროპლასტიკებით დაბინძურებაში.

ოკეანე გადამწყვეტ როლს თამაშობს პლანეტის თერმორეგულაციაში. იგი მოიცავს დედამიწის ზედაპირის დაახლოებით 70%-ს და ვრცელდება დედამიწის ქერქის სიღრმეში. წარსულში ოკეანე ასრულებდა დედამიწის სითბოს ბალანსის რეგულირების ძირითად მექანიზმს, პლანეტის შიგნიდან ჭარბი სითბოს გაფანტვას ატმოსფეროში და შემდგომ კოსმოსში. თუმცა, ადამიანის საქმიანობის შედეგად, ოკეანის სითბოს გამტარობა მნიშვნელოვნად შეფერხდა. ეს გამოწვეულია მისი წყლების გაზრდილი დაბინძურებით ნავთობპროდუქტებითა და სინთეზური პოლიმერებით. დაბინძურების შედეგად, ოკეანე ნაკლებად ეფექტური გახდა ლითოსფერული ფირფიტებიდან სითბოს გასაფანტად, რომლებიც თბება მაგმის აწევით კატასტროფების 12000-წლიანი ციკლის დროს (სურათი 79). მსოფლიო ოკეანე აქამდე არასოდეს ყოფილა ასე ძლიერად დაბინძურებული. ნავთობის მოპოვების, ტრანსპორტირებისა და მასთან დაკავშირებული ავარიების შედეგად ყოველწლიურად 30 მილიონ ტონამდე ნახშირწყალბადები შედის ოკეანეში⁷⁴. ოკეანის ზედაპირზე ნავის „პლასტიკური კუნძულების“ საერთო ფართობი თითქმის უტოლდება

გაერთიანებული ხმელეთის გაერთიანებულ ფართობს. შტატები და ავსტრალია. თუმცა, ეს შეადგენს მთლიანი დაბინძურების მხოლოდ 1%-ს, რადგან პლასტმასის 99% გაფანტულია ოკეანის წყალში⁷⁵.

მიკროპლასტიკებით ოკეანის დაბინძურების გარდა, ანთროპოგენური აქტივობები, მათ შორის ნახშირწყალბადების წვა, იწვევს ატმოსფეროში სათბურის გაზების კონცენტრაციის ზრდას, როგორცაა მეთანი (CH₄) და ნახშირორჟანგი (CO₂). მყინვარისა და მუდმივი ყინვის დნობა ამძაფრებს ამ ეფექტს, ზრდის მეთანის კონცენტრაციას ატმოსფეროში. ეს განსაკუთრებით საშიშია, რადგან მეთანს აქვს სათბურის ეფექტი, რომელიც 25-ჯერ აღემატება ნახშირორჟანგს: ერთი ტონა მეთანი იძლევა იგივე დათბობის ეფექტს, როგორც 25 ტონა ნახშირორჟანგი.

გარდა ამისა, ოკეანის მჟავიანობა იწვევს მიკროპლასტიკების უფრო სწრაფ დაშლას ნანოპლასტიკებად, რაც კიდევ უფრო ამძაფრებს სიტუაციას ოკეანეში სითბოს დაგროვების გაზრდით.

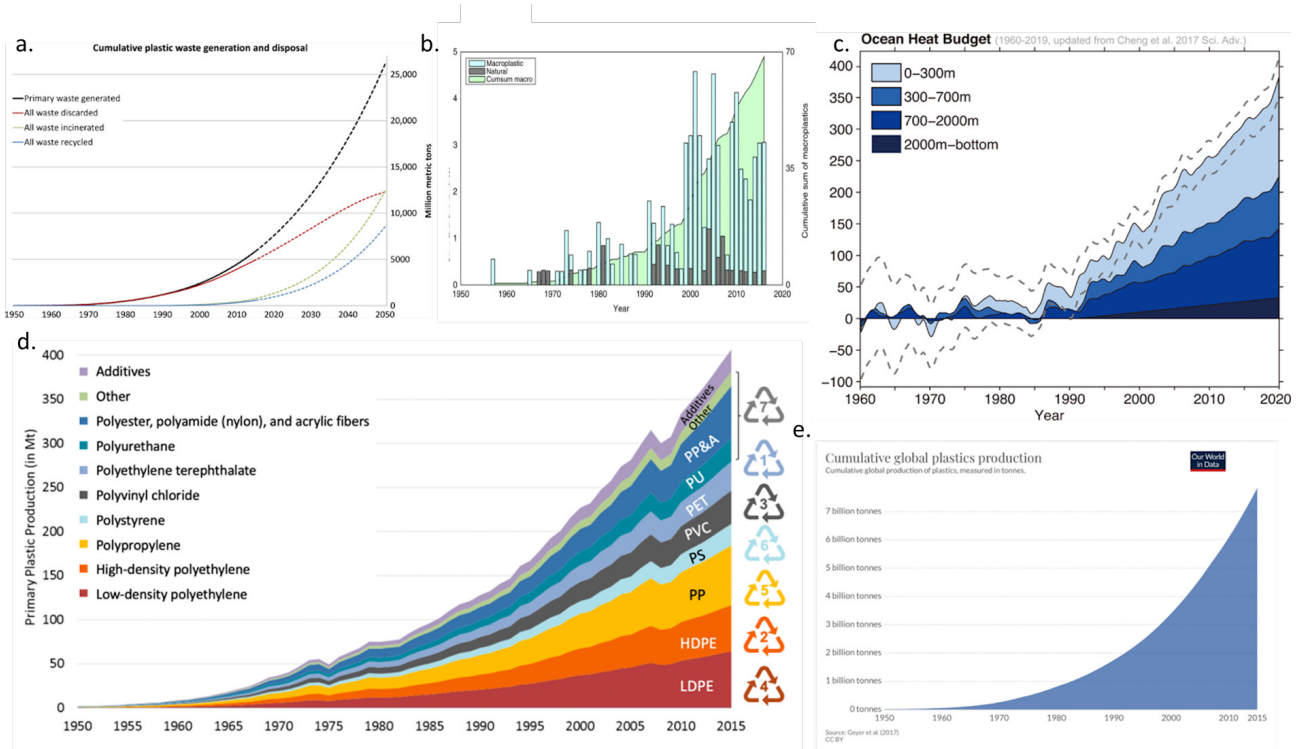
ნახშირწყალბადების, განსაკუთრებით მეთანისა და ნავთობის გამოყენებამ საწვავის წვისა და პლასტმასის წარმოებისთვის მნიშვნელოვნად გაუარესა პლანეტის ეკოლოგიური მდგომარეობა, რამაც გამოიწვია ჭარბი სითბოს დაგროვება როგორც ოკეანეებში, ასევე ატმოსფეროში. ატმოსფეროსა და ოკეანის ტემპერატურის ანომალური მატება მიუთითებს ოკეანეების უნარის უპრეცედენტო შემცირებაზე, შთანთქას სითბო დედამიწის სიღრმეებიდან, რაც კრიტიკულად აუცილებელია პლანეტის ბირთვში დამატებითი ენერჯის შემოდინებისას 12000-წლიანი ციკლის განმავლობაში.

ოკეანეში მარჯნის რიფების შესწავლა ასევე საშუალებას გვაძლევს გავიგოთ, რომ წარსულში ოკეანე ეფექტურად ანაწილებდა სითბოს. ამჟამად, მარჯნის რიფები⁷⁶ იღუპება გადახურების გამო, მიუხედავად იმისა, რომ ისინი არსებობენ ათასობით წლის განმავლობაში და გადაურჩნენ სტიქიური უბედურებებს წინა 12000-წლიანი ციკლს.

⁷⁴ Alexeev, G. V., Borovkov, M. I., & Titova, N. E. (2018). Sovremennye sredstva dlja ochistki vody ot maslo-zhirovyh jemul'sij i nefteproduktov. [Modern means of purifying water from oil-fat emulsions and petroleum products]. *Colloquium-journal*, 7(18), 4-6.

⁷⁵ Lebreton, L., Egger, M., & Slat, B. (2019). A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Scientific Reports*, 9, 12922. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49413-5>

⁷⁶ Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., Heron, S. F., Hoey, A. S., Hoogenboom, M. O., Liu, G., McWilliam, M. J., Pears, R. J., Pratchett, M. S., Skirving, W. J., Stella, J. S., & Torda, G. (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, 556, 492–496. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0041-2>



სურათი 79

ოკეანის ტემპერატურის ცვლილებების დიაგრამები 1960-2019 წლებში და მათი შედარება სინთეზური პოლიმერების წარმოების ზრდის დიაგრამებთან, მათი გამოყენება ეკონომიკის სხვადასხვა სექტორში და პლასტმასის ნარჩენების განთავსება ოკეანეში (სხვადასხვა წყაროდან).

ა. პლასტიკური ნარჩენების კუმულაციური წარმოქმნა და განთავსება

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). ოდესმე დამზადებული პლასტმასის წარმოება, გამოყენება და ბედი. *Science Advances*, 3 (7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

ბ. მიკროპლასტმასის კუმულაციური ჯამი ოკეანეში და წლიური რაოდენობა

Ostle, C., Thompson, R. C., Broughton, D., Gregory, L., Wootton, M., & Johns, D. G. (2019). ოკეანის პლასტმასის ზრდა დასტურდება 60-წლიანი დროის სერიებიდან. *Nature Communications*, 10 (1622). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>

გ. ოკეანის სითბოს ბიუჯეტი 1960 წლიდან 2019 წლამდე (Purkey and Johnson, 2010; განახლებულია Cheng et al., 2017) Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). ოკეანის სითბოს რეკორდული დამყარება გაგრძელდა 2019 წელს. მიღწევები ატმოსფერულ მეცნიერებებში, 37, 137–142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>

დ. გლობალური პირველადი პლასტმასის წარმოება პოლიმერული ტიპის მიხედვით

Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). ოდესმე დამზადებული პლასტმასის წარმოება, გამოყენება და ბედი. *Science Advances*, 3 (7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

ე. პლასტმასის კუმულაციური გლობალური წარმოება 1950 წლიდან

მონაცემთა წყარო: Plastic Marine Pollution Global Dataset

დედამიწის წიაღის გაზრდილი გათბობისა და ანთროპოგენური ფაქტორების, პლანეტის გაგრილების უნარის დაკარგვის გამო, არსებობს საფრთხე, რომ დედამიწა ამჯერად ვერ გაუმკლავდება კატასტროფული მოვლენების ციკლს, რაც პოტენციურად მიიყვანს მას მსგავს მარსის ბედამდე. ტექტონოფიზიკურმა მოდელირებამ საშუალება მისცა გამოეკვლიათ მოვლენების შემდგომი განვითარების შესაძლო სცენარი დაბრუნების პროგნოზირებულ

წერტილამდე.

ზემოთ აღწერილი პროცესები, რომლებიც ამჟამად შეინიშნება დედამიწის შიგნით, განპირობებულია ანთროპოგენური ფაქტორებით და პლანეტის ბირთვის გადახურებით, კოსმოსიდან გადაჭარბებული ენერჯის შემოდინების გამო. ბირთვი ზედმეტად ათბობს მაგმას, რაც იწვევს მანტიის დნობას და მაგმა ზეწოლას დედამიწის ქერქზე. ამ წნევის შედეგად ქერქი ტყდება, იშლება და ქმნის გუბს ღრმა მაგმის ამოსაფრქვევად.

ტექტონოფიზიკური და მათემატიკური მოდელირება 2036 წელს უკუქცევის სავარაუდო წერტილი

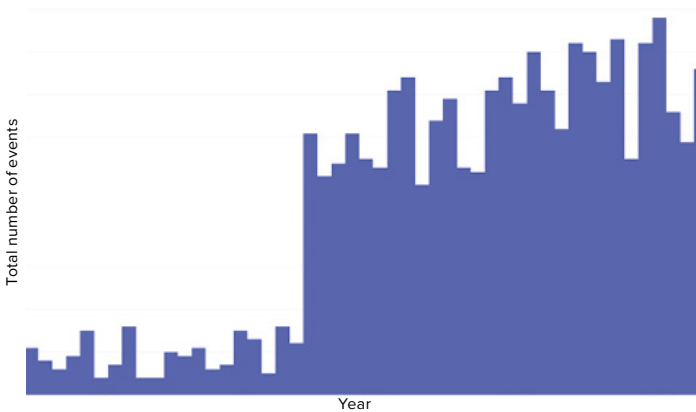
დედამიწაზე არის კონკრეტული ადგილი, რომელიც კრიტიკულ საფრთხეს უქმნის მთელ პლანეტას. ეს არის ერთადერთი წერტილი დედამიწაზე, სადაც უნიკალური პირობებია გაერთიანებული: ყველაზე თხელი ქერქი და მაღალი მაგმატური აქტივობა მის ქვეშ. გარდა ამისა, ამ ადგილას ქერქი ძლიერ არის შეკუმშული როგორც ქვემოდან ამომავალი მაგმით, ისე ოკეანის წყლის ფენით, დაახლოებით 11 კილომეტრის სისქით. ეს მდებარეობა, რომელიც ცნობილია როგორც მარიანას თხრილი, ყველაზე ღრმაა დედამიწაზე და ის ამჟამად უდიდეს საფრთხეს უქმნის ჩვენს პლანეტას.

მოდით გადავხედოთ პირველ გრაფიკს (სურათი 80), რომელიც ასახავს მარიანას თხრილის რეგიონში ღრმა ფოკუსის მიწისძვრების ზრდის ტენდენციას ბოლო სამი ათწლეულის განმავლობაში. 1995 წლიდან მარიანას თხრილის

რეგიონში ღრმა ფოკუსის მიწისძვრების რიცხვი მკვეთრად გაიზარდა.

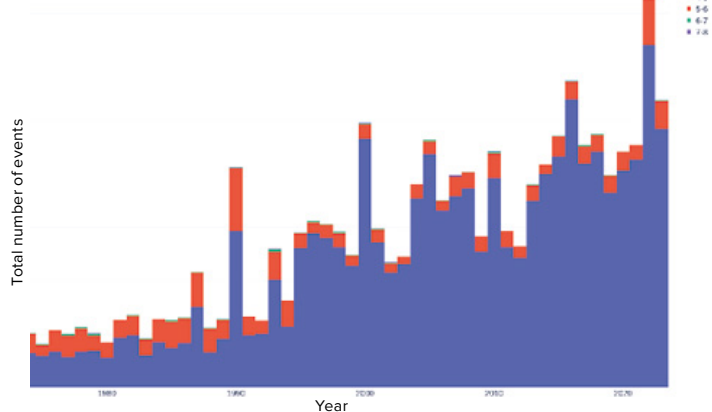
ღრმა ფოკუსის მიწისძვრებს, რომლებიც ხდება მანტიის 300-800 კილომეტრის სიღრმეზე, შეუძლია გაათავისუფლოს უზარმაზარი დამანგრეველი ძალის ბირთვული აფეთქებების მსგავსი ენერგია. მარიანას თხრილი არის ერთ-ერთი ყველაზე გეოდინამიკურად აქტიური რეგიონი მსოფლიოში, სადაც ასეთი მოვლენები ხდება. ეს მიუთითებს აქტიურ პროცესებზე, რომლებიც მიმდინარეობს მანტიაში მარიანას თხრილის ქვეშ.

მეორე გრაფიკი ნახ:81, გვიჩვენებს ზედაპირული მიწისძვრების რაოდენობის ზრდას მარიანას თხრილში. ეს ზრდა შეიძლება აღწერილი იყოს ექსპონენციალური ფუნქციით. ჯერჯერობით, ამ ტენდენციის შემცირების ნიშნები არ შეინიშნება.



სურათი 80

M1+ ღრმა ფოკუსირებული მიწისძვრების საერთო რაოდენობა მარიანას თხრილის მიდამოში 1970 წლიდან 2023 წლამდე
მონაცემთა წყარო: საერთაშორისო სეისმოლოგიური ცენტრი
<http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>



სურათი 81

M4+ არაღრმა მიწისძვრების საერთო რაოდენობა მარიანას თხრილის ტერიტორიაზე 1970 წლიდან 2023 წლამდე
მონაცემთა წყარო: საერთაშორისო სეისმოლოგიური ცენტრი
<http://www.isc.ac.uk/iscbulletin>

USGS-ის მონაცემებით⁷⁷, 2023 წლის 24-25 ნოემბერს მარიანას თხრილის რეგიონში დაფიქსირდა ზედიზედ 120 მიწისძვრა 4.0 მაგნიტუდებით. ეს არის მიწისძვრების ყველაზე მაღალი რაოდენობა ერთ დღეში ამ მხარეში დაკვირვებების მთელ ისტორიაში. ბოლოდროინდელი სეისმური აქტივობა მიუთითებს იმაზე, რომ სიტუაცია მარიანას თხრილის ქვეშ მხოლოდ უარესდება.

მათემატიკური და ტექტონოფიზიკური მოდელის მიხედვით, სეისმური და მაგმატური აქტივობა ექსპონენცურად გაიზრდება, რაც გამოიწვევს შემდეგ მოვლენებს 2036 წელს.

დედამიწის შიგნით გაძლიერებული გეოლოგიური აქტივობის შედეგად, მაგმას შეუძლია შეაღწიოს დედამიწის ქერქში მარიანას თხრილის მიდამოში. ამ ზონაში ექსტრემალური წნევის ქვეშ შეიძლება მოხდეს სრულმასშტაბიანი რღვევა. მილიარდი კუბური მეტრი წყალი დაახლოებით 0°C-ზე შეხვდება მილიარდობით კუბურ მეტრ მაგმას 1600°C ტემპერატურაზე, რაც გამოიწვევს აფეთქებას ათასჯერ უფრო ძლიერს, ვიდრე დედამიწაზე არსებული ყველა ბირთვული იარაღის არსენალი. ამ მოვლენამ შეიძლება აწიოს მტკვართან შერეული ორთქლის მასიური სვეტი 500 კმ-ზე მეტ სიმაღლეზე და დაარღვიოს თერმოსფერო. მოდელირების თანახმად, ატმოსფერო, რომელმაც დაკარგა მთლიანობა, შეიძლება მოეხვიოს პლანეტას ზედაპირული დაძაბულობის ცვლილების გამო და ასევე ადვილად წაიღოს მზის ქარმა. უნდა აღინიშნოს, რომ ასეთი სცენარის განვითარება გამოიწვევს ატმოსფეროს, ოკეანეების და მაგნიტური ველის დაკარგვას და, სავარაუდოდ, დედამიწის ბირთვის ბრუნვა შეჩერდება, ისევე როგორც ვარაუდობენ, რაც მოხდა მარსზე.

მარიანას თხრილი დედამიწაზე, მარსზე მარინერის ველის მსგავსი, არის რეგიონი შედარებით თხელი პლანეტარული ქერქით.

მარინერის ველის ირგვლივ ვულკანური ლავის ფართონაკადები ჩანს, რაც მიუთითებს იმაზე, რომ მარინერ ველი იყო მნიშვნელოვანი გეოლოგიური ცვლილებების ადგილი, რამაც გავლენა მოახდინა მარსის მდგომარეობის დეგრადაციაზე. მსგავსი გეოლოგიური პროცესები ამჟამად შეინიშნება მარიანას თხრილში, რომელიც სავარაუდოდ მარსზე მარინერ ველში მოხდა. ვარაუდობენ, რომ ასეთმა პროცესებმა შეიძლება გამოიწვიოს მნიშვნელოვანი შედეგები დედამიწაზე და მის ბიოლოგიურ სიცოცხლის ფორმებზე. თუმცა, თუ დედამიწაზე ცვლილებების განვითარების ამჟამინდელი ექსპონენციალური ტენდენციები პროგრესს განაგრძობს, კაცობრიობა შესაძლოა ვერ შეესწროს დედამიწის გადასვლას მარსის მსგავს მდგომარეობაში, რადგან ის სხვა მიზეზების გამო უფრო ადრე გაქრება.

განახლებული მონაცემებით, კატასტროფების ზრდის ტემპი ყველაზე პესიმისტურ პროგნოზსაც კი აღემატება. ეს ნიშნავს, რომ კაცობრიობას პრაქტიკულად არ დარჩა დრო, რათა განიხილოს ანთროპოგენური ოკეანის დაბინძურების შედეგები და გარე კოსმოსური გავლენის საკითხი. დედამიწის კლიმატური და გეოდინამიკური კატასტროფების რაოდენობისა და ინტენსივობის ექსპონენციალური ტენდენცია კაცობრიობას გადაშენების პირას აყენებს მომდევნო 10 წლის განმავლობაში.

არსებობს რაიმე საფუძველი იმის დასაჯერებლად, რომ მიმდინარე კლიმატის ცვლილებები თავისთავად შეჩერდება? სამეცნიერო მონაცემები მიუთითებს, რომ ანთროპოგენური ნახშირორჟანგის ემისიების შეწყვეტაც კი არ შეაჩერებს კლიმატის მიმდინარე ცვლილებებს. მიზეზი, რის გამოც კაცობრიობა მიიწვევს საპროექტო დაბრუნების წერტილამდე, არის ანთროპოგენური ფაქტორი - ოკეანის სითბოს დისპერსიის ფუნქციები დაზიანებულია მიკრო და ნანოპლასტიკებით დაბინძურებით,

⁷⁷USGS. (n.d.). Search results: Seismic activity in the Mariana Trench region according to USGS data.

<https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=-15.62304,98.08594&extent=45.39845,196.52344&range=search&search=%7B%22name%22%22Search%20Results%22%22params%22%7B%22starttime%22%222023-11-23%2000:00:00%22%22endtime%22%222023-11-26%2023:59:59%22%22maxlatitude%22:29.075%22minlatitude%22:6.49%22maxlongitude%22:155.215%22minlongitude%22:133.242%22minmagnitude%22:2.5%22orderby%22%22time%22%7D%7D>

რაც დაემთხვა დამატებითი კოსმოსური ენერჯის შემოდინებას დედამიწის შიგნით.

შესაბამისად, სამრეწველო საქმიანობის სრული შეწყვეტაც კი რადიკალურად არ გააუმჯობესებს კლიმატის ბალანსს, რადგან უკვე დაწყებულია დედამიწის წიაღის გათბობის გლობალური პროცესები. ამრიგად, ამ კრიტიკული სიტუაციის ერთ-ერთი გამოსავალი არის გარე კოსმოსური გავლენის შესწავლა, რომელიც ამჟამად გავლენას ახდენს ჩვენი პლანეტის ბირთვზე და მზის სისტემის სხვა პლანეტების ბირთვებზე.

ამ საფრთხის შერბილება მოითხოვს ეფექტური გადაწყვეტილებების შემუშავებას. ამ გავლენის შესახებ შეზღუდული მეცნიერული ცოდნის მიუხედავად, შეგვიძლია დავაკვირდეთ, რომ პლანეტების ბირთვები ურთიერთქმედებენ მასთან. აქედან გამომდინარე, შეიძლება დავასკვნათ, რომ გარეგანი კოსმოსური გავლენა

უცნობი ფიზიკური ფენომენია. ვინაიდან ეს პრობლემა ფიზიკურ ხასიათს ატარებს, მისი გადაწყვეტა ასევე ფიზიკის სფეროშია. ამ საკითხის გადასაჭრელად აუცილებელია მსოფლიოს წამყვანი მეცნიერების შეკრება, რათა მათ მთელი ძალისხმევის კონცენტრირება მოახდინონ ამ ფიზიკური პრობლემის შესწავლაზე.

ამ მიზნის მისაღწევად გადამწყვეტი მნიშვნელობა აქვს ამ პრობლემის შესახებ გლობალური საზოგადოების ინფორმირებას. ერთადერთი გზა გვექნება სიცოცხლის, ჩვენი მომავლისა და ჩვენი შვილების მომავლისთვის, არის ის, როდესაც გაჩნდება უნივერსალური მოთხოვნა, მოწოდება ხელისუფლებაში მყოფებისთვის შექმნან პირობები მსოფლიო მეცნიერების გაერთიანებისთვის კლიმატის პრობლემების გადაწყვეტის ძიებაში.

ნაწილი 3

გამოსავალი შესაძლებელია

შესაძლოა, ჩნდება კითხვა, რატომ არ ხდება კლიმატის საფრთხის რეალური მასშტაბის შესახებ ინფორმაციის საჯაროდ გავრცელება და მეცნიერებსა და პოლიტიკოსებს შორის მისი მაღალ დონეზე განხილვა. პასუხი მდგომარეობს ადამიანის ქვეცნობიერის მუშაობის თავისებურებებში. ქვეცნობიერი ისეა აგებული, რომ თუ კრიტიკული სიტუაციიდან გამოსავალს ვერ ხედავს, უბრალოდ ბლოკავს რეალობას და უარყოფს საფრთხის არსებობას.

სწორედ ამ მიზეზით, ბევრი მათგანი, ვინც გაეცნო ზემოთ მოცემულ ფაქტებს და მიიღო ამომწურავი მტკიცებულება მოსალოდნელი პლანეტარული კატასტროფის შესახებ, არ რეაგირებს სიტუაციაზე სათანადოდ. მათ არ სჯერათ, რომ კაცობრიობა შეძლებს გაუმკლავდეს ამ გამოწვევას და გადარჩეს. ამ მოხსენების მთავარი მიზანია მიაწოდოს მტკიცებულება იმისა, რომ არსებობს კლიმატის კოლაფსის პრობლემის გადაწყვეტა.

ოკეანის აღდგენა

კაცობრიობის გადარჩენისთვის გადამწყვეტი მოთხოვნაა ოკეანის ფუნქციის აღდგენა დედამიწის შიგნიდან სითბოს გაფანტვისთვის. წინააღმდეგ შემთხვევაში, როგორც უკვე აღვნიშნეთ, ამ ციკლის განმავლობაში პლანეტა დედამიწამ შეიძლება მიაღწიოს უკუქცევის სავარაუდო წერტილის. მოდით ჩავუღრმავდეთ იმ პროცესებს, რომლებიც ყველაზე მნიშვნელოვან როლს თამაშობენ მარიანას თხრილის მიდამოში მაგმის გარღვევის კატასტროფული საფრთხის გამოვლენაში.

12000-წლიანი ციკლის განმავლობაში, გარე კოსმოსური გავლენა იწვევს პლანეტის ბირთვის მანტიის გადახურებას. ამ ციკლში მანტიიდან გადაჭარბებული სითბო არ გადის ოკეანის გაგრილების ფუნქციის დარღვევის გამო, რაც გამოწვეულია ანთროპოგენური ფაქტორებით. ეს ხელს უწყობს მაგმის ტემპერატურის არანორმალურ ზრდას და მანტიის ინტენსიურ დნობას.

მაგმა, რომელიც მდებარეობს ბირთვთან ახლოს, ხდება უკიდურესად ცხელი და თხევადი, აქტიურად ანადგურებს მანტიას და ქმნის ახალ გზებს დედამიწის ზედაპირზე. მოდელის მიხედვით, ეს იწვევს მანტიაში არხების და მაგმატური მდინარეების წარმოქმნას. მტკიცებულებები აჩვენებენ, რომ ეს პროცესი უკვე შესამჩნევია ციმბირში.

ჰიპოთეზის თანახმად, მაგმატური მდინარეების შეჯახებისას ხდება შიდამანტიული აფეთქებები, რომლებიც გამოწვეულია ბირთვული რეაქციებით, რომლებიც ათავისუფლებს დიდი რაოდენობით ენერგიას. ეს აფეთქებები ახდენს დედამიწის ბირთვის დესტაბილიზაციას და კიდევ უფრო ზრდის პლანეტის შიგნით ტემპერატურას და სეისმურ აქტივობას ქერქში.

მათემატიკური გამოთვლები მიუთითებს იმაზე, რომ მანტიის დნობის სიჩქარე დედამიწაზე ჩქარდება. 2024 წლის ბოლოსთვის, როდესაც გარეგანი კოსმოსური გავლენა ბირთვზე

გაძლიერდება, მაგმის გათბობა და დნობა მნიშვნელოვნად გაიზრდება. მოსალოდნელია, რომ მაგმა დროთა განმავლობაში უფრო და უფრო მიუახლოვდება ზედაპირს.

ტექტონოფიზიკური მოდელირება აჩვენებს, რომ როდესაც მთელი მანტია დადნება, ღრმა ფოკუსირებული მიწისძვრები შეწყდება და დედამიწის ქერქი შეიძლება ადვილად გაარღვიოს მაგმამ მარიანას თხრილის მიდამოში.

ამიტომ ოკეანის ფუნქციის აღდგენა სასიცოცხლო პირობაა კაცობრიობისა და პლანეტის გადარჩენისთვის.

ანთროპოგენური ფაქტორების გამო ოკეანის სითბოს გაფრქვევის ფუნქციის დარღვევის დამატებითი შედეგია ატმოსფერული ტენიანობის ჭარბი რაოდენობა.

მსოფლიო ოკეანის წყლების ტემპერატურის მატებასთან ერთად, ტენიანობის ინტენსიური აორთქლება ხდება. წყლის აორთქლებისას, მას თერმული ენერგია მიაქვს ოკეანედან. როდესაც ტენიანი ჰაერი ამოდის და აღწევს ატმოსფეროს უფრო გრილ ფენებს, წყლის აორთქლი კონდენსირდება, ანუ ისევ იქცევა თხევად წყლად. ეს იწვევს ღრუბლების წარმოქმნას და, საბოლოოდ, არანორმალურ ნალექს, წყალდიდობას და ღვარცოფებს.

ჩნდება პარადოქსი: ატმოსფეროში უფრო მეტი წყლის აორთქლია და ექსტრემალური წყალდიდობები იზრდება მთელ მსოფლიოში, მაგრამ ამავე დროს დედამიწის ნახევარი გვალვებით იტანჯება. ეს ხდება ატმოსფერული ტემპერატურის მატების გამო. რაც უფრო მაღალია ჰაერის ტემპერატურა, მით მეტი ტენიანობის შენარჩუნება შეუძლია მას. ტენის აორთქლებისას ის დიდხანს რჩება ატმოსფეროში ნალექების სახით დედამიწაზე დაბრუნების გარეშე. ეს იწვევს გვალვის ხანგრძლივ პერიოდს მსოფლიოს გარკვეულ რეგიონებში.

თბილი და ნოტიო ატმოსფერო ასევე ხელს

უწყობს ტროპიკული ციკლონების წარმოქმნას და ზრდის მათ დესტრუქციულ ძალას. თბილი და ტენიანი ჰაერი, დაბალი სიმკვრივის გამო, იზრდება დაბალი წნევის ზონების წარმოქმნით, რაც ზრდის ქარის სიჩქარეს. როდესაც ატმოსფეროში წყალი კონდენსირდება, ის ათავისუფლებს მთელ დაგროვილ თერმულ ენერგიას, რომელიც შეიწოვება აორთქლების დროს. ეს თერმული ენერგია არის ენერგიის მთავარი წყარო ტროპიკული ციკლონებისთვის. ქარის, წყლისა და თერმული ენერგიის გაერთიანებისას ისინი იძენენ დამანგრეველ ძალას.

ოკეანის ფუნქციების აღდგენა, მათ შორის დედამიწის შიგნიდან სითბოს ამოღების და ეკოლოგიური სტაბილურობის შენარჩუნების უნარის მიღწევა შესაძლებელია ჰაერიდან წყლის ამოღების მოწყობილობების ფართო გამოყენების გზით, კერძოდ, ატმოსფერული წყლის გენერატორების (AWGs). ისინი არა მხოლოდ უზრუნველყოფენ საკმარის წყალს მთელი მსოფლიოს მოსახლეობისთვის, არამედ ხელს შეუწყობს მსოფლიო ოკეანეების გაწმენდას მიკრო და ნანოპლასტიკებისგან. როგორც ადრე იყო განხილული ამ მოხსენების მე-2 ნაწილში, პლასტმასი და მიკროპლასტიკა, მათი უნიკალური ქიმიური შემადგენლობის გამო, არღვევს ოკეანის თბოგამტარობას, რითაც ხელს უშლის სითბოს გაფრქვევას შიგნიდან. AWG-ების მასობრივი მიღებით, წყალი, რომელიც აორთქლდება ოკეანედან და შეიცავს მიკროპლასტიკებს, გაივლის მოწყობილობის ფილტრებს, რომლებიც ამოიღებს ყველა დამაბინძურებელს. შემდეგ ფილტრში დარჩენილი ნივთიერებები გადამუშავდება და ხელახლა გამოიყენება. ამ დამაბინძურებლების მოცილება ოკეანეს აღუდგენს დედამიწის ქერქიდან სითბოს ატმოსფეროში და შემდგომ კოსმოსში გაფანტვის უნარს. ასევე, გაუმჯობესდება ატმოსფეროს თბოგამტარობა, რაც ნიშნავს, რომ სითბო უფრო ეფექტურად გაიფანტება კოსმოსში, რადგან ატმოსფერო გათავისუფლდება ზედმეტი ტენისგან, მეთანისა და CO₂-ისგან.

ამჟამად დაფიქსირდა ატმოსფეროს ზედა ფენების სიმკვრივის დაქვეითება და დაწევა. მაშინ როცა ატმოსფეროდან ტენის ინტენსიური

მოპოვებით ის ნორმალიზდება სიმაღლით და მისი ზედა ფენები უფრო მკვრივი გახდება. ატმოსფეროში ტენიანობის რაოდენობაც დასტაბილურდება, რაც შეამცირებს ექსტრემალური ნალექების და ქარების წარმოქმნას. ეს შესაძლებელი გახდება ზედაპირული და მიწისქვეშა წყლების მიმდინარე მოხმარებიდან ატმოსფერული წყლის გამოყენებაზე, როგორც საყოფაცხოვრებო, ისე სამრეწველო დონეზე.

მოდით გამოვიკვლიოთ აუცილებელი ნაბიჯები ოკეანეს, ატმოსფეროსა და დედამიწის ქერქს შორის ტენიანობისა და სითბოს გაცვლის აღსადგენად.

პირველი ეტაპი უნდა მოიცავდეს სრულ გადასვლას ატმოსფერული წყლის გენერატორების (AWG) გამოყენებაზე მთელ პლანეტაზე. ეს გამორიცხავს წყლის ამოღების აუცილებლობას ზედაპირული და მიწისქვეშა წყაროებიდან. AWG-ებს შეუძლიათ წყლის საჭირო რაოდენობის წარმოება როგორც სასმელისთვის, ასევე სამრეწველო საჭიროებისთვის. ისინი სასიცოცხლო მნიშვნელობის გახდება წყლის კრიზისის კონტექსტში და უზრუნველყოფენ წყალმომარაგების მდგრადობას, რაც საშუალებას მისცემს გაერთიანებული ერების ორგანიზაციის მდგრადი განვითარების რამდენიმე მიზნის სრულ რეალიზებას, როგორცაა:

- **მიზანი 6.** უზრუნველყოს წყლისა და სანიტარიული საშუალებების ხელმისაწვდომობა ყველასთვის.
- **მიზანი 9.** მდგრადი ინფრასტრუქტურის შექმნა, მდგრადი ინდუსტრიალიზაციის ხელშეწყობა და ინოვაციების ხელშეწყობა.
- **მიზანი 13.** გადაუდებელი ზომების მიღება კლიმატის ცვლილებასთან და მის ზემოქმედებასთან საბრძოლველად.
- **მიზანი 14.** ოკეანეების, ზღვების და საზღვაო რესურსების შენარჩუნება და მდგრადი გამოყენება.
- **მიზანი 15.** ხმელეთის ეკოსისტემების დაცვა და აღდგენა და მათი მდგრადი გამოყენების ხელშეწყობა, ტყის მდგრადი მართვა, გაუდაბნობასთან ბრძოლა, მიწის დეგრადაციის შეჩერება და ბიომრავალფეროვნების დაკარგვის პროცესის შეჩერება.

• **მიზანი 17.** გლობალური პარტნიორობის აღორძინება მდგრადი განვითარებისთვის.

მეორე მნიშვნელოვანი ნაბიჯი იქნება საწვავის გარეშე გენერატორების (FFG) მიღება, რომლებიც აუცილებელია AWG-ების უზრუნველსაყოფად საჭირო და ხელმისაწვდომი სიმბლავრით მათი მაღალი ენერჯის მოხმარების გამო უფრო მეტიც წყლის წარმოქმნელი მცენარეებისთვის ტენიანობა უნდა შეივსოს ბუნებრივი წყაროებიდან, რომლებიც წინასწარ უნდა გაიწმინდოს. ამ მიზნით კაშხლებთან ერთად უნდა აღმოიფხვრას ღია წყლის რეზერვუარებიც. სწორედ FFG-ების დანერგვა შეამცირებს დამოკიდებულებას ჰიდროენერგეტიკაზე და იძლევა კაშხლების გახსნის შესაძლებლობას. მდინარეები და უბრუნდებიან თავის ბუნებრივ არხებს, აღიდგენენ თავიანთ ბუნებრივ ნაკადს. ეს აღმოფხვრის წყლის სტაგნაციას და აღადგენს მდინარეების სიცოცხლეს, უზრუნველყოფს სუფთა წყლის ნაკადს ოკეანეში და ხელს შეუშლის დამაბინძურებლების შეღწევას ოკეანეში კონტინენტებიდან.

ეს ზომები ასევე ხელს შეუწყობს შემდეგი მდგრადი განვითარების მიზნების მიღწევას, რომლებიც მიღებულია გაეროს გენერალური ასამბლეის მიერ:

- **მიზანი 7.** ხელმისაწვდომობის უზრუნველყოფა ხელმისაწვდომ საიმედო მდგრად და თანამედროვე ენერჯიაზე
- **მიზანი 8.** ხელი შეუწყოს ინკლუზიურ და მდგრად ეკონომიკურ ზრდას, დასაქმებას და ღირსეულ მუშაობას ყველასთვის
- **მიზანი 9.** გამძლე ინფრასტრუქტურის შექმნა, მდგრადი ინდუსტრიალიზაციის ხელშეწყობა და ინოვაციების ხელშეწყობა
- **მიზანი 11.** გავხადოთ ქლაქები ინკლუზიური, უსაფრთხო, გამძლე და მდგრადი
- **მიზანი 13.** გადაუდებელი ზომების მიღება კლიმატის ცვლილებასთან დამისაზღვრებლად ასთან საბრძოლველად

ოკეანეს ატმოსფეროსა და დედამიწის ზედაპირს შორის ტენიანობის და სითბოს გაცვლის აღდგენის შესაძლებლობაზე აუცილებელია საკანალიზაციოს სისტემების რეკონსტრუქცია. ჩამდინარე წყლები არ უნდა იღვრებოდეს ღია წყლის ობიექტებში. ის უნდა ედინებოდეს ნიადაგში და უნდა

გაიაროს ბუნებრივი გაწმენდა ნიადაგის ფენების მეშვეობით წყლის ობიექტებთან მისვლამდე.

შემოთავაზებული კვლევა და პრაქტიკული მიდგომები შეიძლება გახდეს ახალი სამეცნიერო და ტექნიკური რევოლუცია. ისინი მიზნად ისახავს მდგრადი წყალმომარაგების უზრუნველყოფას და წყლის რესურსების დაბალანსებულ გამოყენებას. მაგრამ რაც მთავარია, ისინი შეამცირებენ ნეგატიურ გავლენას პლანეტის კლიმატურ სისტემაზე. ამ ზომებს აქვს უზარმაზარი პოტენციალი მნიშვნელოვნად შეცვალოს გარემოს დაცვითი მდგომარეობა, რაც ჩვენს პლანეტას უფრო მდგრადს გახდის კლიმატის გამოწვევების მიმართ.

ატმოსფეროდან წყლის ამოღების მოსალოდნელი ეფექტი შეფასებულია შემდეგნაირად: კლიმატის გაუარესებასთან დაკავშირებული პრობლემების 70% შეიძლება მოგვარდეს ატმოსფეროდან წყლის ამოღებით. პრობლემების დარჩენილი 30% გადაიტრება ჩამდინარე წყლების გაწმენდით, შესაბამისად ამ მოცანასაც უპირველესი მნიშვნელობა აქვს.

თუ შემოთავაზებული ღონისძიებები განხორციელდება წინასწარი შეფასებით, ხელშესახები შედეგები შესაძინევი გახდება 2-3 წელიწადში. სიტუაცია შეიძლება გამწვავდეს განხორციელებიდან პირველი წლის განმავლობაში, მაგრამ დაახლოებით 8-დან 14 თვემდე სითბოს და ტენიანობის გაცვლა ოკეანესა და ატმოსფეროს შორის გაუბოხბესდება. პირველი დადებითი შედეგები უნდა ველოდოთ 2 წელიწადში. ბუნება დაიწყებს გამოცოცხლებას და ატმოსფერული მოვლენები უფრო დაბალანსებული გახდება. 5-დან 8 წლამდე ნათლად გამოჩნდება, თურამდენად დაიწყებს წყლების გაწმენდას. ეს აღადგენს ოკეანის ფუნქციას პლანეტის გაგრძელებისთვის. წყალდიდობა და გვალვა წარსულის ჩაბარდება, არასასურველი ქარი და ტემპერატურის რყევები შემცირდება. მოსალოდნელია, რომ კლიმატი უფრო რბილი და პროგნოზირებადი გახდება.

თუმცა, მნიშვნელოვანია გვესმოდეს, რომ ეს ზომები ვერ გადაჭრის გეოდინამიკური კატასტროფების პრობლემას, რადგან ამ ცვლილებების მიზეზი ატმოსფეროში არ არის.

AWG-ების ფართო დანერგვა მხოლოდ კლიმატის ცვლილების შედეგების შერბილებას და პლანეტის გარემოს აღდგენის დაჩქარებას შეიძლება, იმ პირობით, რომ ჩვენ დავიცავთ პლანეტას გარე კოსმოსური გავლენისგან.

დასკვნები

ბუნებრივი კატასტროფების სიხშირისა და ინტენსივობის ზრდის პროპორციულად გაიზრდება ეკონომიკური ზარალიც. უაღრესად მნიშვნელოვანია მომავალი კლიმატური კატასტროფების პოტენციური ზიანის გამოთვლა ექსპონენციალური პროგრესის გათვალისწინებით, რომელიც შეესაბამება კატაკლიზმების ზრდის გლობალურ ტენდენციას.

ამრიგად, რაც უფრო ინტენსიური და გავრცელებულია ექსტრემალური კლიმატური მოვლენები, მით უფრო მაღალია ფასების ზრდის ალბათობა და ნაკლებად სტაბილური ხდება მთელი მსოფლიოს ეკონომიკა. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია გეოდინამიკური და ანთროპოგენური ფაქტორებით გამოწვეული გლობალური კატასტროფების კონტექსტში, რომლებიც აღწერილია ამ ანგარიშში.

ამ პრობლემის ეფექტური გადაწყვეტა მოითხოვს მეცნიერთა საერთაშორისო თანამშრომლობას, რომლებსაც შეუძლიათ

გააერთიანონ თავიანთი ძალისხმევა და რესურსები ყოვლისმომცველი ღონისძიებების შემუშავებისა და განსახორციელებლად. დღეს, თანამედროვე მეცნიერება დაყოფილია და ფრაგმენტირებულია ვიწრო დანიშნულების სამეცნიერო სფეროებად და დისციპლინებად, რომლებიც მჭიდროდ არ თანამშრომლობენ. გლობალური განხეთქილების ასეთ პირობებში, ბუნებრივია, შეუძლებელია არსებული პლანეტარული საფრთხის ყოვლისმომცველი ანალიზი და სრული გამოკვლევა. თუ ღია თანამშრომლობის პირობები შეიქმნება, მეცნიერებს ნულიდან დაწყება არ მოუწევთ, რადგან ამ სფეროში უკვე არსებობს რეალური განვითარება და მიზეზ-შედეგობრივი ურთიერთობების გაგება.

ახლა საჭიროა დროულად იმოქმედოთ და დარჩენილი დრო გონივრულად გამოიყენოთ.

დანართი 1

მიწისძვრის მონაცემთა ბაზების შერწყმის მეთოდი

ჩვენ შევკრიბეთ მიწისძვრის მონაცემები მრავალი მონაცემთა ბაზიდან, როგორცაა საერთაშორისო სეისმოლოგიური ცენტრი (ISC)78, შეერთებული შტატების გეოლოგიური სამსახური (USGS)79, სეისმოლოგიის ინკორპორირებული კვლევითი ინსტიტუტები (IRIS)80, ევროპულ-ხმელთაშუა ზღვის სეისმოლოგიური ცენტრი (EMSC)81 და მიწისძვრის აგრეგაციის რესურსი. ვულკანის აღმოჩენა (VD)82. მიწისძვრის სიტუაციის ყველაზე სრულყოფილი ხედვის მისაღებად, ჩვენ ვქმნით მონაცემთა ბაზას, რომელიც აერთიანებს მოვლენებს ყველა ამ წყაროდან. ბუნებრივია, ზოგიერთი მოვლენა წარმოდგენილია მრავალ მონაცემთა ბაზაში, ამიტომ გვსურს ასეთი იდენტიფიკაციის მოვლენების იდენტიფიცირება და მათი შერწყმის დაჯგუფება. თუმცა, თითოეული სეისმოლოგიური სააგენტო აფასებს მიწისძვრის პარამეტრებს, როგორცაა ჰიპოცენტრი, მიწისძვრის დრო და მისი სიდიდე საკუთარი ალგორითმებისა და სეისმოგრაფების კონკრეტული ნაკრების გამოყენებით. ამიტომ, მოვლენების მკაცრი და ზუსტი შედარება მხოლოდ დროის, ჰიპოცენტრისა და სიდიდის პარამეტრების გამოყენებით შეუძლებელია. ჩვენ ვიყენებთ ორ მონაცემთა ბაზას შორის მოვლენების ბუნდოვანი დამთხვევის მეთოდს შემდეგი ალგორითმის გამოყენებით.

ჩვენ განვსაზღვრავთ A მოვლენას პირველ მონაცემთა ბაზაში D_1 , რომელიც შესაძლოა დაკავშირებული იყოს B მოვლენასთან მეორე მონაცემთა ბაზიდან D_2 , თუ მათი ეპიცენტრების მანძილი ($D_{diff}(A,B)$) არის 300 კმ-ზე ნაკლები ან ტოლი, სხვაობა მოვლენის დროს ($T_{diff}(A,B)$) არის 90 წამზე ნაკლები და სავარაუდო მაგნიტუდის სხვაობა ($M_{diff}(A,B)$) არის 1-ზე ნაკლები ან ტოლი. არსებობს მიწისძვრის მაგნიტუდების რამდენიმე

განსხვავებული ტიპი, მაგალითად, ISC კატალოგში. რამდენიმე სიდიდის შეფასება წარმოდგენილია ერთი და იგივე მოვლენისთვის. ამიტომ, $M_{diff}(A,B)$ განისაზღვრება, როგორც სიდიდეების მინიმალური სხვაობა $\min(\text{abs}(M_a - M_b))$, სადაც M_a არის A მოვლენის სიდიდე და M_b არის B მოვლენის სიდიდე, რომელიც შემოიფარგლება შემდეგი ალგორითმით:

თუ A და B აქვს M_w ტიპის სიდიდეები, მაშინ M_a და M_b შეირჩევა M_w ტიპებიდან;

თუ A და B აქვთ M_s ტიპის სიდიდეები, მაშინ M_a და M_b შეირჩევა M_s ტიპებიდან;

თუ A და B აქვთ m_b ტიპის სიდიდეები, მაშინ M_a და M_b შეირჩევა m_b ტიპებიდან;

თუ A და B აქვთ M_L ტიპის სიდიდეები, მაშინ M_a და M_b შეირჩევა M_L ტიპებიდან;

ყველა სხვა შემთხვევაში: ნებისმიერი სიდიდე A-დან და ნებისმიერი სიდიდე B-დან არჩეულია პირობის შესასრულებლად: $\text{abs}(M_a - M_b)$ მინიმალურია.

ორი დაკავშირებული მოვლენისთვის A და B, ჩვენ განვსაზღვრავთ მათი ურთიერთობის მნიშვნელობას, როგორც:

$$V(A, B) = 36 - 16 * T_{diff}(A, B)^2 / 8100 - 16 * D_{diff}(A, B)^2 / 90000 - 4 * M_{diff}(A, B)^2,$$

სადაც $T_{diff}(A,B)$ იზომება წამებში, $D_{diff}(A,B)$ იზომება კილომეტრებში და $M_{diff}(A,B)$ სიდიდეებით. ორი სრულიად იდენტიფიკაციის მოვლენისთვის A და B, $V(A,B)$ -ის მნიშვნელობა უდრის 36-ს. ორი მოვლენისთვის A და B შესაძლო ურთიერთკავშირის ზღვარზე, $V(A,B)$ მნიშვნელობა უდრის 0-ს.

78 ISC Bulletin: event catalogue search <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin/search/catalogue/>
 79 USGS Search Earthquake Catalog <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
 80 IRIS Wilber 3: Select Event http://ds.iris.edu/wilber3/find_event
 81 EMSC Search earthquakes https://www.emsc-csem.org/Earthquake_information/
 82 Volcano Discovery Earthquakes <https://www.volcanodiscovery.com/earthquakes/lists.html>

D_1 და D_2 მონაცემთა ბაზებში მოვლენებს შორის შესატყვისის მოსაძებნად, აუცილებელია, რომ ერთი ბაზიდან თითოეული მოვლენა შეესაბამებოდეს არაუმეტეს ერთ მოვლენას სხვა მონაცემთა ბაზიდან და ყველა მნიშვნელობის $V(A,B)$ ჯამი არჩეული წყვილებისთვის. მოვლენები იყოს მაქსიმალური.

ტექნიკურად, ჩვენ შეგვიძლია განვსაზღვროთ გრაფიკი G c სიმალეების სიმრავლით, რომლებიც წარმოიქმნება D_1 და D_2 -ის ყველა მოვლენით და კიდევების სიმრავლით, რომლებიც წარმოიქმნება წყვილი მოვლენებით, რომლებიც შესაძლოა დაკავშირებულია. A და B წვეროებს შორის კიდის მნიშვნელობა დაყენებულია $V(A,B)$. ოპტიმიზაციის პრობლემა, რომელიც ზემოთ ჩამოვსაყალიბეთ, ცნობილია, როგორც მაქსიმალური წონის შესატყვისი ორმხრივ გრაფიკებში და შეიძლება გადაწყდეს სტანდარტული ალგორითმებით⁸³.

ალგორითმიდან ვიღებთ მაქსიმალურ წონას D_1 და D_2 მოვლენებს შორის და მიგვაჩნია, რომ დამთხვევა მოვლენები იდენტურია. ამრიგად, გაერთიანებული მონაცემთა ბაზა D_m იქმნება D_1 -ის მოვლენებისგან და D_2 -ში არაშესაბამისი მოვლენებისგან. თუ მოვლენა $D1$ -ში ემთხვევა $D2$ -ის რომელიმე მოვლენას, $D2$ -ში შესატყვისი მოვლენის სიდიდის შეფასება ემატება შესატყვისი მოვლენის სიდიდის შეფასებების სიმრავლეს Dm -ში.

ISC მონაცემთა ბაზიდან დაწყებით და მასზე USGS, IRIS, EMSC და Volcano Discovery (VD) მონაცემთა ბაზების თანმიმდევრული შერწყმით, ჩვენ მივიღეთ საბოლოო გაერთიანებული მონაცემთა ბაზა (Merged).

სხვადასხვა მონაცემთა ბაზებში მიწისძვრების რიცხვის შედარების სხვადასხვა გრაფიკების გამოსახატავად, ჩვენ ჩვეულებრივ გვჭირდება მონაცემების შეზღუდვა მაგნიტუდების გარკვეულ დიაპაზონში. მიწისძვრების რაოდენობაში განსხვავებების თავიდან აცილების მიზნით, მონაცემთა ბაზებს შორის მაგნიტუდის განსხვავებული შეფასებების გამო, ჩვენ ვიყენებთ გაერთიანებულ მონაცემთა ბაზას, რათა შევარჩიოთ მოვლენები მოცემულ მასშტაბის დიაპაზონში და გამოვსახოთ გრაფიკები (რადგან გაერთიანებული მონაცემთა ბაზა შეიძლება შეიცავდეს რამდენიმე მაგნიტუდის შეფასებას ერთი მოვლენისთვის, არ არის აშკარა,

რომელი შერჩევით განსაზღვრული შეფასება). ჩვენ ვიყენებთ ორ განსხვავებულ მიდგომას:

1. პირველი მეთოდი არის მოვლენის ჩართვა მოვლენების შერჩევაში, თუ მოვლენის სიდიდის რაიმე შეფასება ემთხვევა სასურველ სიდიდის დიაპაზონში.
2. მეორე, უფრო რთული მეთოდი არის სასურველი სიდიდის შეფასების არჩევა და მოვლენის შერჩევაში ჩართვა, თუ სასურველი შეფასება არის სასურველ სიდიდის დიაპაზონში. ჩვენ ვირჩევთ სასურველ სიდიდის შეფასებას შეფასებებს შორის სიდიდის შემდეგი ტიპების მოძიებით (უპირატესობის მიხედვით): Mw, ML, MS, mb, MVD (ეს არის სიდიდის შეფასება, რომელიც მოდის Volcano Discovery მონაცემთა ბაზიდან, რადგან სიდიდის ტიპი არ არის ხელმისაწვდომი ამ მონაცემთა ბაზაში), MD და MV. თუ მოცემული ტიპის რაიმე სიდიდის შეფასება მოიძებნება ერთი მოვლენისთვის, მაშინ გამოიყენება ამ მოვლენისთვის შერჩეული ტიპის ყველა სიდიდის შეფასება. შემდეგ მათთვის გამოითვლება მედიანა და არჩეულია შეფასება მედიანური მნიშვნელობით. თუ არ არსებობს რომელიმე ზემოთ ჩამოთვლილი ტიპის შეფასება (რაც იშვიათია, ყველა მოვლენის მხოლოდ რამდენიმე პროცენტია მთელ მონაცემთა ბაზაში), მაშინ არჩეულია ნებისმიერი ტიპის სიდიდის მნიშვნელობა, რომელიც ემთხვევა ამ მოვლენის ყველა სიდიდისთვის გამოთვლილ მედიანას მნიშვნელობას.

მოცემული სიდიდის დიაპაზონში მოვლენების შერჩევის პირველი და მეორე მეთოდის გამოყენებისას მიღებული მოვლენის რაოდენობაში განსხვავება უმნიშვნელოა, როგორც წესი, არაუმეტეს რამდენიმე პროცენტისა. ყოველწლიურად მიწისძვრების რაოდენობის გრაფიკისთვის (სურათები 7,9) თითოეულ მონაცემთა ბაზაში გამოყენებული იქნა მოვლენების შერჩევის პირველი მეთოდი გაერთიანებული მონაცემთა ბაზიდან. სხვადასხვა მონაცემთა ბაზაში არსებული უნიკალური სენსორული მოვლენების რაოდენობის გრაფიკისთვის (სურათი 10), გამოყენებული იქნა მიწისძვრის შერჩევის მეორე მეთოდი განსაზღვრული მასშტაბის დიაპაზონში.

⁸³Nitish Korula, Combinatorial Optimization. Maximum Weight Matching in Bipartite Graphs <https://courses.engr.illinois.edu/cs598csc/sp2010/lectures/lecture10.pdf>

წყაროები

- Alexeev, G. V., Borovkov, M. I., & Titova, N. E. (2018). Sovremennye sredstva dlja ochistki vody ot maslo-zhirovyyh jemul'sij i nefteproduktov. [Modern means of purifying water from oil-fat emulsions and petroleum products]. *Colloquium-journal*, 7(18), 4-6.
- Alken, P., Thébaud, E., Beggan, C.D. et al. (2021). International Geomagnetic Reference Field: the thirteenth generation. *Earth Planets Space* 73, 49. <https://doi.org/10.1186/s40623-020-01288-x>
- Androsova, N. K., Baranova, T. I., & Semykina D.V. (2020). Geological past and present of the Earth's magnetic poles. *EARTH SCIENCES/ "Colloquium-journal"*, 5(57). DOI:10.24411/2520-6990-2020-11388
- AON. (2023). Weather, Climate and Catastrophe Insight. <https://www.aon.com/getmedia/f34ec133-3175-406c-9e0b-25cea768c5cf/20230125-weather-climate-catastrophe-insight.pdf>, p.42.
- Arushanov, M. L. (2023). Causes of Earth climate change, as a result of space impact, dispelling the myth about anthropogenic global warming. *Deutsche Internationale Zeitschrift Für Zeitgenössische Wissenschaft*, 53, 4–14. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7795979>
- Arushanov, M. L. (2023). *Dinamika klimata. Kosmicheskie faktory*. [Climate Dynamics. Cosmic Factors]. Hamburg: LAMBERT Academic Publishing.
- Aubourg, L., (2024, January 12). Editors' notes 2023's record heat partly driven by 'mystery' process: NASA scientist <https://phys.org/news/2024-01-driven-mystery-nasa-scientist.html>
- Barkin, Yu.V. (2009). Ciklicheskie inversionnye izmenenija klimata v severnom i juzhnom polusharijah Zemli [Cyclic Inversion Climate Change in the Northern and Southern Hemispheres of Earth]. *Geology of the Seas and Oceans: Materials of the XVIII International Scientific Conference (School) on Marine Geology*. Vol. III. - Moscow: GEOS. pp. 4-8.
- Barkin, Yu.V., & Barkin, M. Yu., (2014). Novaja analiticheskaja teorija vrashhenija Zemlistat'ja [New Analytical Theory of Earth's Rotation]. *Engineering Journal: Science and Innovation*, 12(36). <https://istina.msu.ru/publications/article/7735956/>
- Barkin, Yu. V. & Smolkov, G. Ya. (2013). Abrupt changes in the trends of geodynamic and geophysical phenomena in 1997-1998. In All-Russian Conf. on Solar-Terrestrial Physics, dedicated to the 100th anniversary of the birth of a corresponding member of the Russian Academy of Sciences Stepanov V.E. (September 16-21, 2013, Irkutsk), Irkutsk, 2013.
- Barletta, V. R., Bevis, M., Smith, B. E., Wilson, T., Brown, A., Bordoni, A., Willis, M., Khan, S. A., Rovira-Navarro, M., Dalziel, I., Smalley, R., Kendrick, E., Konfal, S., Caccamise, D. J., Aster, R. C., Nyblade, A., & Wiens, D. A. (2018). Observed rapid bedrock uplift in Amundsen Sea Embayment promotes ice-sheet stability. *Science*, 360(6395), 1335–1339. <https://doi.org/10.1126/science.aao1447>
- Baturin, A. M. (2001). Periodichnost globalnykh katastrof - 12166 let. [Periodicity of Global Catastrophes - 12166 years"] Monograph. Kursk CSTI.
- Belozеров, I. M. (2008). Nature as viewed by a physicist. *International Scientific Journal for Alternative Energy and Ecology*, 12(68). <https://cyberleninka.ru/article/n/priroda-glazami-fizika/viewer>
- Bowling, J. S., Livingstone, S. J., Sole, A. J., & Chu, W. (2019). Distribution and dynamics of Greenland subglacial lakes. *Nature Communications*, 10(2810). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10821-w>
- Briner, J. P., Cuzzone, J. K., Badgley, J. A., Young, N. E., Steig, E. J., Morlighem, M., Schlegel, N.-J., Hakim, G. J., Schaefer, J. M., Johnson, J. V., Lesnek, A. J., Thomas, E. K., Allan, E., Bennike, O., Cluett, A. A., Csatho, B., de Vernal, A., Downs, J., Larour, E., & Nowicki, S. (2020). Rate of mass loss from the Greenland Ice Sheet will exceed Holocene values this century. *Nature*, 586(7827), 70–74. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2742-6>
- Broquet, A., & Andrews-Hanna, J. C. (2022). Geophysical evidence for an active mantle plume underneath Elysium Planitia on Mars. *Nature Astronomy*, 7, 160–169. <https://doi.org/10.1038/s41550-022-01836-3>
- Brown, S. K., Croswell, H. S., Sparks, R. S. J., Cottrell, E., Deligne, N. I., Guerrero, N. O., Hobbs, L., Kiyosugi, K., Loughlin, S. C., Siebert, L., & Takarada, S. (2014). Characterisation of the Quaternary eruption record: analysis of the Large Magnitude Explosive Volcanic Eruptions (LaMEVE) database. *Journal of Applied Volcanology*, 3(5). <https://doi.org/10.1186/2191-5040-3-5>
- Bryson, R. A. (1989). Late quaternary volcanic modulation of Milankovitch climate forcing. *Theoretical and Applied Climatology*, 39, 115–125. <https://doi.org/10.1007/bf00868307>
- Bushuev, E. V., & Kopylov, I. P. (2005). *Kosmos i Zemlja. Elektromekhanicheskie vzaimodejstvija*. [Space and Earth. Electromechanical Interactions]. Monograph. Moscow: Energy.
- Canadell, J., Meyer, C., Cook, G., Dowdy, A., Briggs, P., Knauer, J., Pepler, A. & Haverd, V. (2021). Multi-decadal increase of forest burned area in Australia is linked to climate change. *Nature Communications*, 12, 6921. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27225-4>
- Cesca, S., Sukan, M., Rudzinski, Ł., Vajedian, S., Niemz, P., Plank, S., Petersen, G., Deng, Z., Rivalta, E., Vuan, A., Plasencia Linares, M. P., Heimann, S., & Dahm, T. (2022). Massive earthquake swarm driven by magmatic intrusion at the Bransfield Strait, Antarctica. *Communications Earth & Environment*, 3(1). <https://doi.org/10.1038/s43247-022-00418-5>
- Chadwick, J., Keller, R., Kamenov, G., Yagodinski, G., & Lupton, J. (2014). The Cobb hot spot: HIMU-DMM mixing and melting controlled by a progressively thinning lithospheric lid. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15(8), 3107–3122. <https://doi.org/10.1002/2014gc005334>

- Channell, J. E. T., & Vigliotti, L. (2019). The role of geomagnetic field intensity in Late Quaternary evolution of humans and large mammals. *Reviews of Geophysics*, 57. <https://doi.org/10.1029/2018RG000629>
- Cheng, L., Abraham, J., Zhu, J., Trenberth, K. E., Fasullo, J., Boyer, T., Locarnini, R., Zhang, B., Yu, F., Wan, L., Chen, X., Song, X., Liu, Y., & Mann, M. E. (2020). Record-Setting Ocean Warmth Continued in 2019. *Advances in Atmospheric Sciences*, 37(2), 137–142. <https://doi.org/10.1007/s00376-020-9283-7>
- Copernicus. (2024, January 9) Copernicus: 2023 is the hottest year on record, with global temperatures close to the 1.5°C limit <https://climate.copernicus.eu/copernicus-2023-hottest-year-record>
- Cox, C., & Chao, B. F. (2002). Detection of a large-scale mass redistribution in the terrestrial system since 1998. *Science*, 297(5582), 831–833. <https://doi.org/10.1126/science.1072188>
- Dahmen, N., Clinton, J. F., Meier, M., Stähler, S., Ceylan, S., Kim, D., Stott, A. E., & Giardini, D. (2022). MarsQuakeNet: A more complete marsquake catalog obtained by deep learning techniques. *Journal of Geophysical Research: Planets*, 127(11). <https://doi.org/10.1029/2022je007503>
- Damiani, T. M., Jordan, T. A., Ferraccioli, F., Young, D. A., & Blankenship, D. D. (2014). Variable crustal thickness beneath Thwaites Glacier revealed from airborne gravimetry, possible implications for geothermal heat flux in West Antarctica. *Earth and Planetary Science Letters*, 407, 109–122. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2014.09.023>
- Danilov, A. D., & Konstantinova, A. V. (2014). Reduction of the atomic oxygen content in the upper atmosphere. *Geomagnetizm i Aeronomija* [Geomagnetism and Aeronomy], 54(2), 224–229. <https://doi.org/10.1134/s0016793214020066>
- Danilov, A. D., Konstantinova, A. V. (2020). Long-Term Variations in the Parameters of the Middle and Upper Atmosphere and Ionosphere (Review). *Geomagnetizm i Aeronomija* [Geomagnetism and Aeronomy], 60; 397–420. <https://doi.org/10.1134/S0016793220040040>
- Davidson, B. (2021). The next end of the world. *Space Weather News*. ISBN 9781098357788
- Deng, S., Liu, S., Mo, X., Jiang, L., & Bauer-Gottwein, P. (2021). Polar Drift in the 1990s Explained by Terrestrial Water Storage Changes. *Geophysical Research Letters*, 48(7). <https://doi.org/10.1029/2020gl092114>
- Dyachenko, A. I. (2003). *Magnetic Poles of the Earth*. Moscow: MCCME. 48 p.
- Dziadek, R., Ferraccioli, F., & Gohl, K. (2021). High geothermal heat flow beneath Thwaites Glacier in West Antarctica inferred from aeromagnetic data. *Communications Earth & Environment*, 2(16). <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00242-3>
- Earth Observatory. (n.d). Antarctic warming trends. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/36736/antarctic-warming-trends>
- Easterbrook, D. J. (2016). *Evidence-based climate science, data opposing CO2 emissions as the primary source of global warming*, (2nd Ed.) Elsevier. Bellingham, USA. <https://doi.org/10.1016/C2015-0-02097-4>
- EM-DAT. (n.d.). *Inventorying hazards & disasters worldwide since 1988*. <https://www.emdat.be>
- Emmert, J. T., Lean, J. L., & Picone, J. M. (2010). Record-low thermospheric density during the 2008 solar minimum. *Geophysical Research Letters*, 37(12). <https://doi.org/10.1029/2010gl043671>
- EMSC. (n.d.). *EMSC Search earthquakes*. https://www.emsc-csem.org/Earthquake_information/
- Fernando, B., Daubar, I. J., Charalambous, C., Grindrod, P. M., Stott, A., Abdullah Al Ateqi, Atri, D., Ceylan, S., Clinton, J., Fillingim, M. O., Hauber, E., Hill, J. R., Kawamura, T., Li, J., Lucas, A., Lorenz, R. D., Ojha, L., Perrin, C., S. Piqueux, & Stähler, S. C. ... Banerdt, W. B. (2023). A tectonic origin for the largest marsquake observed by InSight. *Geophysical Research Letters*, 50(20). <https://doi.org/10.1029/2023gl103619>
- Frattasi, P. (2023, May 8). Ai Campi Flegrei 675 terremoti ad aprile 2023: è il mese con più scosse degli ultimi 20 anni. [At the Phlegraean Fields, 675 earthquakes in April 2023: it is the month with the most tremors in the last 20 years]. [Fangage.it](https://www.fanpage.it/napoli/campi-flegrei-675-terremoti-aprile-2023/) <https://www.fanpage.it/napoli/campi-flegrei-675-terremoti-aprile-2023/>
- Gase, A., Bangs, N. L., Saffer, D. M., Han, S., Miller, P., Bell, R., Arai, R., Henrys, S. A., Shiraishi, K., Davy, R., Frahm, L., & Barker, D. (2023). Subducting volcanoclastic-rich upper crust supplies fluids for shallow megathrust and slow slip. *Science Advances*, 9(33). <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh0150>
- GeoNet. (2022, December 2). Strong M5.6 earthquake consistent with continued minor volcanic unrest at Taupō. Volcanic Alert Level remains at Level 1. *Volcanic Activity Bulletin*. <https://www.geonet.org.nz/vabs/7tu66IDztDnlaYDG0LYSgI>
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). Long-term trend of the ionospheric E-layer response to solar flares. *Solnechno-Zemnaya Fizika* [Solar-Terrestrial Physics], 8(1): 51–57. <https://doi.org/10.12737/szf-81202206>
- Givishvili, G. V. & Leshchenko, L. N. (2022). On the causes of cooling and settling of the middle and upper atmosphere. *Izvestija. RAN. Fizika atmosfery i okeana*. [News. Russian Academy of Sciences. Atmospheric and Ocean Physics], 58(5), 601-614. <https://doi.org/10.31857/S0002351522050042>
- Gorny, V. I. et al. (2001) Model of the mantle-lithospheric interaction based on data from Uralseys Geotraverse for prospecting seismology and remote geothermal method. *Deep structure and geodynamics of the Southern Urals*. Tver. pp. 227-238.

- Hapgood, C. H. (1958). *Earth's shifting crust: A key to some basic problems of earth science*. Pantheon Books, - Science.
- Heinrich, H. (1988). Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quaternary Research*, 29(2), 142–152. [https://doi.org/10.1016/0033-5894\(88\)90057-9](https://doi.org/10.1016/0033-5894(88)90057-9)
- Hruzdov, V. I. (October 2021). Nejtironnaja Vselennaja, Gl. 10. Raschjot nejtronnogo jadra Zemli [Neutron Universe. Ch. 10. Calculation of the Earth's neutron core]. Moscow: Libmonster Russia. Retrieved from: <https://libmonster.ru/m/articles/download/17227/4846>
- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., Heron, S. F., Hoey, A. S., Hoogenboom, M. O., Liu, G., McWilliam, M. J., Pears, R. J., Pratchett, M. S., Skirving, W. J., Stella, J. S., & Torda, G. (2018). Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature*, 556, 492–496. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0041-2>
- IERS Earth Orientation Center of the Paris Observatory. (n.d.). Length of day — Earth Orientation Parameters: https://datacenter.iers.org/singlePlot.php?plotname=EOPC04_14_62-NOW_IAU1980-LOD&id=223
- International Seismological Centre. (n.d.). Bulletin of the International Seismological Centre. <http://www.isc.ac.uk/iscbulletin> <https://doi.org/10.31905/D808B830>
- IRIS. (n.d.). IRIS Wilber 3: Select Event http://ds.iris.edu/wilber3/find_event
- Kamis, J. E., (n.d.). Geologically induced northern atlantic ocean “warm blob” melting Southern Greenland ice sheet. *Plate Climatology*. <https://www.plateclimatology.com/geologically-induced-northern-atlantic-ocean-warm-blob-melting-southern-greenland-ice-sheet>
- Kamis, J. E., (2016, November 3). West Antarctic glacial melting from deep earth geological heat flow not global warming. *Plate Climatology*. <https://www.plateclimatology.com/west-antarctic-glacial-melting-from-deep-earth-geological-heat-flow-not-global-warming>
- Khalilov, E. (Ed.). (2010). *Global changes of the environment: Threatening the progress of civilization*. GEOCHANGE: Problems of Global Changes of the Geological Environment, 1, London, ISSN 2218-5798.
- Kopylov, I. (2001, November 1) *Elektromekhanika Solnechnoj sistemy* [Electromechanics of the solar system]. NVO.
- Korula, N. (2010, February 18). *Combinatorial Optimization. Maximum Weight Matching in Bipartite Graphs*. Lecture in CS 598CSC: Combinatorial Optimization. <https://courses.engr.illinois.edu/cs598csc/sp2010/lectures/lecture10.pdf>
- Laufkötter, C., Zscheischler, J., & Frölicher, T. L. (2020). *Science*, 369(6511), 1621–1625. <https://doi.org/10.1126/science.aba0690>
- Lebreton, L., Egger, M., & Slat, B. (2019). A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Scientific Reports*, 9, 12922. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49413-5>
- Li, S., Li, Y., Zhang, Y., Zhou, Z., Guo, J., & Weng, A. (2023). Remnant of the late Permian superplume that generated the Siberian Traps inferred from geomagnetic data. *Nature Communications*, 14, 1311. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-37053-3>
- Livermore, P. W., Hollerbach, R., & Finlay, C. C. (2017). An accelerating high-latitude jet in Earth's core. *Nature Geoscience*, 10, 62–68. <https://doi.org/10.1038/ngeo2859>
- Loose, B., Naveira Garabato, A. C., Schlosser, P., Jenkins, W. J., Vaughan, D., & Heywood, K. J. (2018). Evidence of an active volcanic heat source beneath the Pine Island Glacier. *Nature Communications*, 9(2431). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-04421-3>
- Lübken, F.-J., Berger, U., & Baumgarten, G. (2013). Temperature trends in the midlatitude summer mesosphere. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(24), 13,347–13,360. <https://doi.org/10.1002/2013jd020576>
- Lushvin, P., (2018, March 27). Prirodnye ravninnye pozhary i kak ih minimizirovat' — 2 [Natural Grassland Fires and How to Minimize Them — 2]. *Regnum*. <https://regnum.ru/article/2395754>
- Lushvin, P., (2019). Natural Plain Fires and How to Minimize Them. Presentation at the 26th meeting of the All-Russian Interdisciplinary Seminar-Conference of the Geological and Geographical Faculties of Moscow State University “Planet Earth System,” January 30 — February 2, 2018.
- Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). Development of ice cover in water areas during methane. *International Journal of Geosciences*, 12(9), 927-940. <https://doi.org/10.4236/ijg.2021.129047>
- Lushvin, P., Buyanova, M. (2021). History of observations of seismogenic phenomena in the atmosphere and formalization of their decryption. *International Journal of Atmospheric and Oceanic Sciences*, 5(1), 13-19. <https://doi.org/10.11648/j.ijaos.20210501.13>
- Malinin V. N. & Vaynovsky P. A. (2021). Trends of moisture exchange components in the ocean-atmosphere system under global warming conditions”, *Reanalysis-2. Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa* [Current problems in remote sensing of the Earth from space] 18(3), 9-25. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-3-9-25
- Meinen, C. S., Perez, R. C., Dong, S., Piola, A. R., & Campos, E. (2020). Observed ocean bottom temperature variability at four sites in the northwestern argentine basin: Evidence of decadal deep/abyssal warming amidst hourly to interannual variability during 2009–2019. *Geophysical Research Letters*, 47(18). <https://doi.org/10.1029/2020gl089093>
- Mersereau, D., (2023, September 9). A world first, every tropical ocean saw a Category 5 storm in 2023. *The Weather Network*. <https://www.theweathernetwork.com/en/news/weather/severe/a-world-first-every-tropical-ocean-saw-a-category-5-hurricane-cyclone-in-2023>

- Mikhaylova R.S. (2014). Strong earthquakes in the mantle and their impact in the near and far zone. Geophysical Service of the Russian Academy of Sciences. <http://www.emsd.ru/conf2013lib/pdf/seism/Mihaylova.pdf>
- Mikhailova, R. S., Ulubieva, T. R., & Petrova N. V. (2021). The Hindu Kush earthquake of October 26, 2015, with Mw=7.5, 10⁷: Preceding Seismicity and Aftershock Sequence. *Earthquakes of Northern Eurasia*, 24, 324–339. <https://doi.org/10.35540/1818-6254.2021.24.31>
- Morton, A. (2019, December 27). Hot blob: vast patch of warm water off New Zealand coast puzzles scientists. *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/world/2019/dec/27/hot-blob-vast-and-unusual-patch-of-warm-water-off-new-zealand-coast-puzzles-scientists>
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) (2024). NOAA National Centers for Environmental Information (NCEI) U.S. Billion-Dollar Weather and Climate Disasters. (<https://www.ncei.noaa.gov/access/billions/>), DOI: 10.25921/stkw-7w73
- Nippon. (2018, May 16). Sakurajima, Japan's Most Active Volcano. <https://www.nippon.com/en/features/h00194/>
- Oppo, D. (2013, October 31). Is global heating hiding out in the oceans? Columbia Climate School. The Earth Institute. <https://www.earth.columbia.edu/articles/view/3130>
- Ostle, C., Thompson, R. C., Broughton, D., Gregory, L., Wootton, M., & Johns, D. G. (2019). The rise in ocean plastics evidenced from a 60-year time series. *Nature Communications*, 10(1622). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-09506-1>
- Otosaka, I. N., Horwath, M., Mottram, R. & Nowicki, S. (2023). Mass Balances of the Antarctic and Greenland Ice Sheets Monitored from Space. *Surveys in Geophysics*, 44:1615–1652. <https://doi.org/10.1007/s10712-023-09795-8>
- Petrov, N. V. (2015). The Climate of the Earth: The solution to the problem of climate change of the Earth from the position of the law the preservation of life in space. *Ecology and Society Development: Journal of the International Academy of Ecology, Human and Nature Safety Sciences*, 4, 11-23. <http://www.trinitas.ru/rus/doc/0016/001d/2551-ptr.pdf>
- Pissoft, P., Sacha, P., Polvani, L. M., Añel, J. A., de la Torre, L., Eichinger, R., Foelsche, U., Huszar, P., Jacobi, C., Karlicky, J., Kuchar, A., Miksovsky, J., Zak, M., & Rieder, H. E. (2021). Stratospheric contraction caused by increasing greenhouse gases. *Environmental Research Letters*, 16, 064038. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abfe2b>
- PMODWRC. (n.d.). Solar Constant: Construction of a Composite Total Solar Irradiance (TSI) Time-Series from 1978 to the Present <https://www.pmodwrc.ch/en/research-development/solar-physics/tsi-composite/>
- Reteyum, A. Yu. (2020, April 11). Epidemii v obstanovke bol'shogo solnechnogo minimuma [Epidemics in the context of a major solar minimum]. *Regnum*. <https://regnum.ru/article/2913426>
- Reteyum, A. Yu. (2020, April 11). Opasnyj mif antropogennogo potepleniya [The dangerous myth of anthropogenic warming]. *Regnum*. <https://regnum.ru/article/3101660>
- Rezvanbehbahani, S., Stearns, L. A., Kadivar, A., Walker, J. D., & van der Veen, C. J. (2017). Predicting the geothermal heat flux in Greenland: A machine learning approach. *Geophysical Research Letters*, 44(24), 12,271-12,279. <https://doi.org/10.1002/2017gl075661>
- Rogozhina, I., Petrunin, A. G., Vaughan, A. P. M., Steinberger, B., Johnson, J. V., Kaban, M. K., Calov, R., Rickers, F., Thomas, M., & Koulakov, I. (2016). Melting at the base of the Greenland ice sheet explained by Iceland hotspot history. *Nature Geoscience*, 9, 366–369. <https://doi.org/10.1038/ngeo2689>
- Romagnoli, C., Zerbini, S., Lago, L., Richter, B., Simon, D., Domenichini, F., Elmi, C., & Ghirotti, M. (2003). Influence of soil consolidation and thermal expansion effects on height and gravity variations. *Journal of Geodynamics*, 35(4-5), 521–539. [https://doi.org/10.1016/S0264-3707\(03\)00012-7](https://doi.org/10.1016/S0264-3707(03)00012-7)
- Rosenthal, Y., Linsley, B. K., & Oppo, D. W. (2013). Pacific ocean heat content during the past 10,000 years. *Science*, 342(6158), 617–621. <https://doi.org/10.1126/science.1240837>
- Rysgaard, S., Bendtsen, J., Mortensen, J., & Sej, M. K. (2018). High geothermal heat flux in close proximity to the Northeast Greenland Ice Stream. *Scientific Reports*, 8(1344). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-19244-x>
- Sawyer, D. E., Urgeles, R., & Lo Iacono, C. (2023). 50,000 yr of recurrent volcanoclastic megabed deposition in the Marsili Basin, Tyrrhenian Sea. *Geology*, 51(11), 1001–1006. <https://doi.org/10.1130/g51198.1>
- Seroussi, H., Ivins, E. R., Wiens, D. A., & Bondzio, J. (2017). Influence of a West Antarctic mantle plume on ice sheet basal conditions. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 122(9), 7127–7155. <https://doi.org/10.1002/2017jb014423>
- Seroussi, H., Morlighem, M., Rignot, E., Mouginit, J., Larour, E., Schodlok, M., & Khazendar, A. (2014). Sensitivity of the dynamics of Pine Island Glacier, West Antarctica, to climate forcing for the next 50 years. *The Cryosphere*, 8(5), 1699–1710. <https://doi.org/10.5194/tc-8-1699-2014>
- Smolkov, G. Ya. (2018). Exposure of the solar system and the earth to external influences. *Physics & Astronomy International Journal*, 2(4), 310–321. <https://doi.org/10.15406/paij.2018.02.00104>
- Smotrin E. G., candidate of military sciences. (1998). Natural disasters and catastrophes — the main threat to planetary and Eurasian security upon entering the 3rd millennium AD. *Geostrategy and Technologies XXI*. <http://www.geost-21.su/ru/node/1>

- Strass, V. H., Rohardt, G., Kanzow, T., Hoppema, M., & Boebel, O. (2020). Multidecadal warming and density loss in the Deep Weddell Sea, Antarctica. *Journal of Climate*, 33(22), 9863–9881. <https://doi.org/10.1175/jcli-d-20-0271.1>
- Sun, D., Li, F., Jing, Z., Hu, S., & Zhang, B. (2023). Frequent marine heatwaves hidden below the surface of the global ocean. *Nature Geoscience*, 16(12), 1099–1104. <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01325-w>
- Sun, W., & Tkalčić, H. (2022). Repetitive marsquakes in Martian upper mantle. *Nature Communications*, 13, 1695. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-29329-x>
- Swiss Re Institute. (2023, December 14). Natural catastrophes in focus: Tornados, hail and thunderstorms. <https://www.swissre.com/risk-knowledge/mitigating-climate-risk/tornados-hail-thunderstorms.html>
- Tarasov, L. V. (2012) *Earth magnetism: A textbook*. Dolgoprudny: Intellect Publishing House, 184 p.
- Thomas, C. (1993). *The Adam & Eve story: The history of cataclysms*. Bengal Tiger Pr.
- Toyokuni, G., Matsuno, T., & Zhao, D. (2020). P wave tomography beneath Greenland and surrounding regions: 1. crust and upper mantle. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 125(12). <https://doi.org/10.1029/2020jb019837>
- The IMBIE Team. (2018). Mass balance of the Antarctic Ice Sheet from 1992 to 2017. *Nature*, 558, 219–222. <https://doi.org/10.1038/s41586-018-0179-y>
- The Watchers. (2023, February 23). Increased seismic activity under Trident volcano, Alaska. <https://watchers.news/2023/02/23/increased-seismic-activity-under-trident-volcano-alaska/>
- van der Veen, C. J., Leftwich, T., von Frese, R., Csatho, B. M., & Li, J. (2007). Subglacial topography and geothermal heat flux: Potential interactions with drainage of the Greenland ice sheet. *Geophysical Research Letters*, 34(12). <https://doi.org/10.1029/2007gl030046>
- United Nations. (n.d.). Her land. Her rights. <https://www.un.org/en/observances/desertification-day>
- USGS. (n.d.). Search results: Seismic activity in the Mariana Trench region according to USGS data. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/?extent=-15.62304,98.08594&extent=45.39845,196.52344&range=search&search=%7B%22name%22:%22Search%20Results%22,%22params%22:%7B%22starttime%22:%222023-11-23%2000:00:00%22,%22endtime%22:%222023-11-26%2023:59:59%22,%22maxlatitude%22:29.075,%22minlatitude%22:6.49,%22maxlongitude%22:155.215,%22minlongitude%22:133.242,%22minmagnitude%22:2.5,%22orderby%22:%22time%22%7D%7D>
- USGS. (n.d.). USGS Search Earthquake Catalog. <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search/>
- Viterito, A. (2022). 1995: An important inflection point in recent geophysical history. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 29(5). <https://doi.org/10.19080/ijesnr.2022.29.556271>
- Vogt, D. B. (2007). *God's Day of Judgment; The real cause of global warming (1st Ed.)*. Vector Associates.
- Vogt, D. B. (2015). *The theory of multidimensional reality*. Vector Associates.
- Volcano Discovery. (n.d.). Volcano Discovery Earthquakes. <https://www.volcanodiscovery.com/earthquakes/lists.html>
- Volcano Hazards Program. (2015, September 17). Mauna Loa - earthquake and deformation data 2010-2016. <https://www.usgs.gov/media/images/mauna-loa-earthquake-and-deformation-data-2010-2016>
- Vsegei. (n.d.). Tajaniju Idov Grenlandii sposobstvuet Islandskij pljum [The melting of Greenland's ice is facilitated by the Icelandic plume.] https://www.vsegei.ru/ru/about/news/97448/?sphrase_id=1444325
- White, K. W. (1992). *World in peril: The origin, mission, and scientific findings of the 46th/72nd Reconnaissance Squadron*, K. White, ISBN 0962891681.
- Yao, F., Livneh, B., Rajagopalan, B., Wang, J., Jean-François Crétaux, Wada, Y., & Berge-Nguyen, M. (2023). Satellites reveal widespread decline in global lake water storage. *Science*, 380(6646), 743–749. <https://doi.org/10.1126/science.abo2812>
- Yurganov, L. N., Leifer, I., & Sunil Vadakkepulyambatta. (2017). Evidences of accelerating the increase in the concentration of methane in the atmosphere after 2014: satellite data for the Arctic. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniâ Zemli iz kosmosa [Current problems in remote sensing of the Earth from Space]* 14(5), 248–258. https://www.researchgate.net/publication/317587506_Evidences_of_accelerating_the_increase_in_the_concentration_of_methane_in_the_atmosphere_after_2014_satellite_data_for_the_Arctic
- Zotov, L. V., Barkin, Y. V. & Lyubushin, A. A. (2009). Dvizhenie geocentra i ego geodinamika [The motion of the geocenter and its geodynamics]. In 3rd. conf. Space geodynamics and modeling of global geodynamic processes, Novosibirsk, September 22-26, 2009, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. (pp. 98-101). Novosibirsk: Geo.