

კლიმატის ცვლილების ექსპერტთა
სამთავრობათშორისო ჯგუფის მე-4 შეფასებითი ანგარიში
I სამუშაო ჯგუფის მიერ შეტანილი წვლილი

რეზიუმე პოლიტიკის ბამტარებლებისათვის

შესავალი

კლიმატის ცვლილების ექსპერტთა სამთავრობათშორისო ჯგუფის (კცესჯ) მე-4 შეფასებით ანგარიშში I სამუშაო ჯგუფის ნაწილი აღწერს წინსვლას კლიმატის ცვლილების¹ ანთროპოგენული და ბუნებრივი მამოძრავებელი ძალების, ამჟამად დაკვირვებული კლიმატის ცვლილების და კლიმატური პროცესებისა და თანმდევი მოვლენების ასხნაში, ასევე კლიმატის ცვლილების სამომავლო ხედვის შეფასებებში. იგი ავსებს კცესჯ ადრინდელ შეფასებებს და შეაქვს მასში ახალი აღმოჩენები ბოლო 6 წლის კვლევებიდან. მე-3 შეფასებითი ანგარიშის შემდგომი სამეცნიერო პროგრესი ემყარება მრავალრიცხოვან ახალ და უფრო სრულ მონაცემებს, მონაცემთა უფრო სერიოზულ ანალიზს, პროცესთა უკეთეს გაგებასა და მათ მოდელირებას, ასევე განუზღვრელობათა საზღვრების უფრო ფართო კვლევას.

ამ რეზიუმეს ძირითადი პარაგრაფების საფუძვლები შეგიძლიათ იხილოთ ფიგურულ ფრჩხილებში მითითებულ მე-4 შეფასებითი ანგარიშის პუნქტებში.

კლიმატის ცვლილების ანთროპოგენული და ბუნებრივი მამოძრავებელი ძალები

ცვლილებები ატმოსფეროში სათბურის გაზებისა და აეროზოლების გავრცელებაში, მზის რადიაციაში და მიწის ზედაპირული საფარის თვისებებში ცვლიან კლიმატური სისტემის ენერგობალანსს. ეს ცვლილება გამოიხატება რადიაციული დატვირთვის² სიდიდით, რომელიც გამოიყენება იმის შესადარებლად, თუ როგორ მოქმედებენ ანთროპოგენული და ბუნებრივი ფაქტორები გლობალური კლიმატის დათბობა-აგრილებაზე. მე-3 შეფასებითი ანგარიშის შემდეგ სათბურის გაზებთან, მზის აქტივობასთან, მიწის ზედაპირული საფარის თვისებებთან და აეროზოლების ცალკეულ ასპექტებთან დაკავშირებული ახალმა დაკვირვებებმა და შესატყვისმა მოდელირებამ განაპირობა რადიაციული დატვირთვის რაოდენობრივი შეფასების გაუმჯობესება.

მოყოლებული 1750 წლიდან, ადამიანის საქმიანობის შედეგად დედამიწის ატმოსფეროში საგრძნობლად გაიზარდა ნახშირორჟანგის, მეთანისა და აზოტის ქვეყანგის კონცენტრაციები, რომლებიც ამჟამად ბევრად აჭარბებს ყინულის სიღრმისეული კვლევით (ყინულის კერნებიდან) მიღებულ ათასწლეულების წინ არსებულ პრე-ინდუსტრიულ მნიშვნელობებს (იხილეთ ნახ. SPM-1). ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის გაზრდა გლობალური მასშტაბით გამოწვეულია უმეტესად წიაღისეული საწვავის მოხმარებასა და მიწათსარგებლობაში მომხდარი ცვლილებებით, ხოლო მეთანისა და აზოტის ქვეყანგისა – უმეტესად სოფლის მეურნეობის ხარჯზე {2.3, 6.4, 7.3}.

- ნახშირორჟანგი ყველაზე მნიშვნელოვანი ანთროპოგენული სათბურის გაზია (იხილეთ ნახ. SPM-2). მისი კონცენტრაცია დედამიწის ატმოსფეროში პრე-ინდუსტრიული ეპოქიდან 2005 წლამდე გაზრდილია 280 ppm-დან 379 ppm-მდე³. როგორც გამოავლინა ყინულის სიღრმისეულმა კვლევამ, CO₂-ის კონცენტრაციები 2005 წელს ბევრად აღემატება ბოლო 650 ათასი წლის განმავლობაში არსებულ ბუნებრივ საზღვრებს (180 ppm-დან 300 ppm-მდე). CO₂-ის წლიური კონცენტრაციის ზრდის ტემპი – საშუალოდ 1.9 ppm-ით წელიწადში, მეტი იყო უკანასკნელი 10 წლის (1995-2005 წწ) განმავლობაში, ვიდრე მანამდე, პირდაპირი უწყვეტი ატმოსფერული გაზომვების დაწყებიდან მოყოლებული (1960-2005 წლების საშუალო: 1.4 ppm/წელი), თუმცა წლიდან წლამდე ეს ტემპი ვარირებს {2.3, 7.3}.
- მოყოლებული პრე-ინდუსტრიული ეპოქიდან, CO₂-ის გაზრდილი ატმოსფერული კონცენტრაციის ძირითადი წყაროა წიაღისეული საწვავის მოხმარება. მიწათსარგებლობაში ცვლილებებს დამატებით შეაქვს კიდევ ერთი მნიშვნელოვანი, მაგრამ შედარებით მცირე წვლილი ამ პროცესში. წიაღისეული

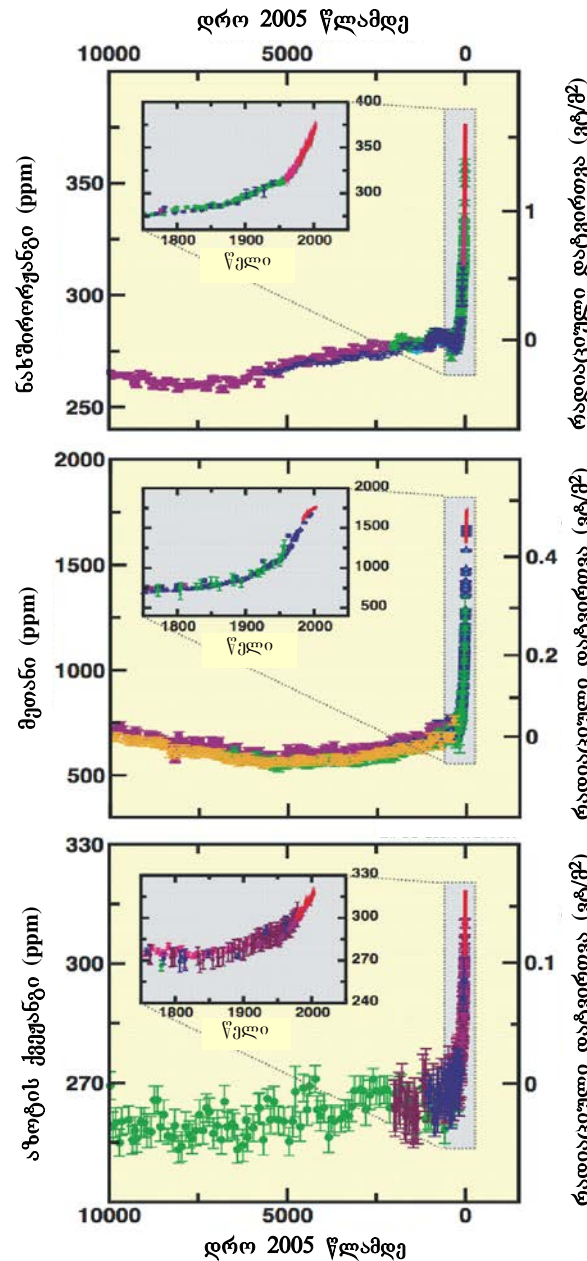
¹ ტერმინი *კლიმატის ცვლილება* კცესჯ დოკუმენტაციაში იხმარება დროში კლიმატის ნებისმიერი ცვლილების აღსანიშნავად – როგორც ბუნებრივი ცვალებადობის, ისე ადამიანის ჩარევის შედეგად. ასეთი გაგება განსხვავდება კლიმატის ცვლილების ჩარხო კონვენციის განმარტებისაგან, სადაც კლიმატის ცვლილება აღნიშნავს კლიმატის ისეთ ცვლილებას, რომელიც პირდაპირ თუ ირიბად უკავშირდება ადამიანის საქმიანობას, რომელიც ცვლის დედამიწის ატმოსფეროს შემადგენლობას და რომელიც დამატებითაა დროის შესადარ პერიოდებში კლიმატის ბუნებრივი ცვალებადობის მიმართ.

² რადიაციული დატვირთვა არის იმ გავლენის ზომა, რომლითაც რაიმე ფაქტორი ცვლის დედამიწა-ატმოსფეროს სისტემაში შემოსული და გასული ენერგიების ბალანსს, და წარმოადგენს ამ ფაქტორის, როგორც კლიმატის ცვლილების შესაძლო მექანიზმის მნიშვნელოვნების ინდექსს. ამ მაჩვენებლის დადებითი მნიშვნელობა მიუთითებს ზედაპირის დათბობაზე, ხოლო უარყოფითი – გაგრილებაზე. ამ ანგარიშში რადიაციული დატვირთვის მნიშვნელობები მოცემულია 2005 წლისათვის პრე-ინდუსტრიულ (1750 წლის წინა პერიოდი) მდგომარეობასთან შედარებით და გამოხატულია ვატ/მ² ერთეულში. დაწვრილებით იხილეთ განმარტებითი ლექსიკონი (გლოსარიუმი) და პუნქტი 2.2.

³ ppm (parts per million) ან ppb (parts per billion, 1 billion = 1 000 million) წარმოადგენს სათბურის გაზების მოლეკულების რაოდენობის ფარდობას მშრალ ჰაერში არსებულ მოლეკულათა საერთო რაოდენობასთან. მაგალითად 300 ppm ნიშნავს სათბურის გაზის 300 მოლეკულას მშრალ ჰაერში მილიონ მოლეკულაზე.

საწვავის CO₂-ის წლიური ემისია⁴ გაიზარდა 1990-იანი წლების საშუალო წლიური 6.4 გიგატონა C-დან [6.0-იდან 6.8-მდე] (23.5 [22.0-იდან 25.0-მდე] გიგატონა CO₂) 2000-2005 წლების (2004 და 2005 წლების მონაცემები დაუზუსტებელია) 7.2 გიგატონა C-მდე [6.9-იდან 7.5-მდე] (26.4 [25.3-იდან 27.5-მდე] გიგატონა CO₂)⁵. მიწათსარგებლობაში ცვლილებებით გამოწვეული CO₂-ის ემისიების ცვლილება 1990-იანი წლების შემდეგ შეფასებულია, როგორც 1.6 [0.5-იდან 27-მდე] გიგატონა C (5.9 [1.8-დან 9.9-მდე] გტ CO₂), თუმცა ამ შეფასებებს დიდი განუზღვრელობა აქვს {7.3}.

სათბურის გაზების ცვლილებები ყინულის სიღრმისეული კვლევით და თანამედროვე მონაცემებით



ნახაზი SPM-1. ნახშირორჟანგის, მეთანისა და აზოტის ქვეყანგის ატმოსფერული კონცენტრაციები ბოლო 10 ათასი წლის განმავლობაში (ფართო უჯრები) და 1750 წლის შემდეგ (ხასმული უჯრები). ნაჩვენებია გაზომვების შედეგები ყინულის კერებიდან (განსხვავებული ფერის სიმბოლოები აღნიშნავენ სხვადასხვა კვლევებს)

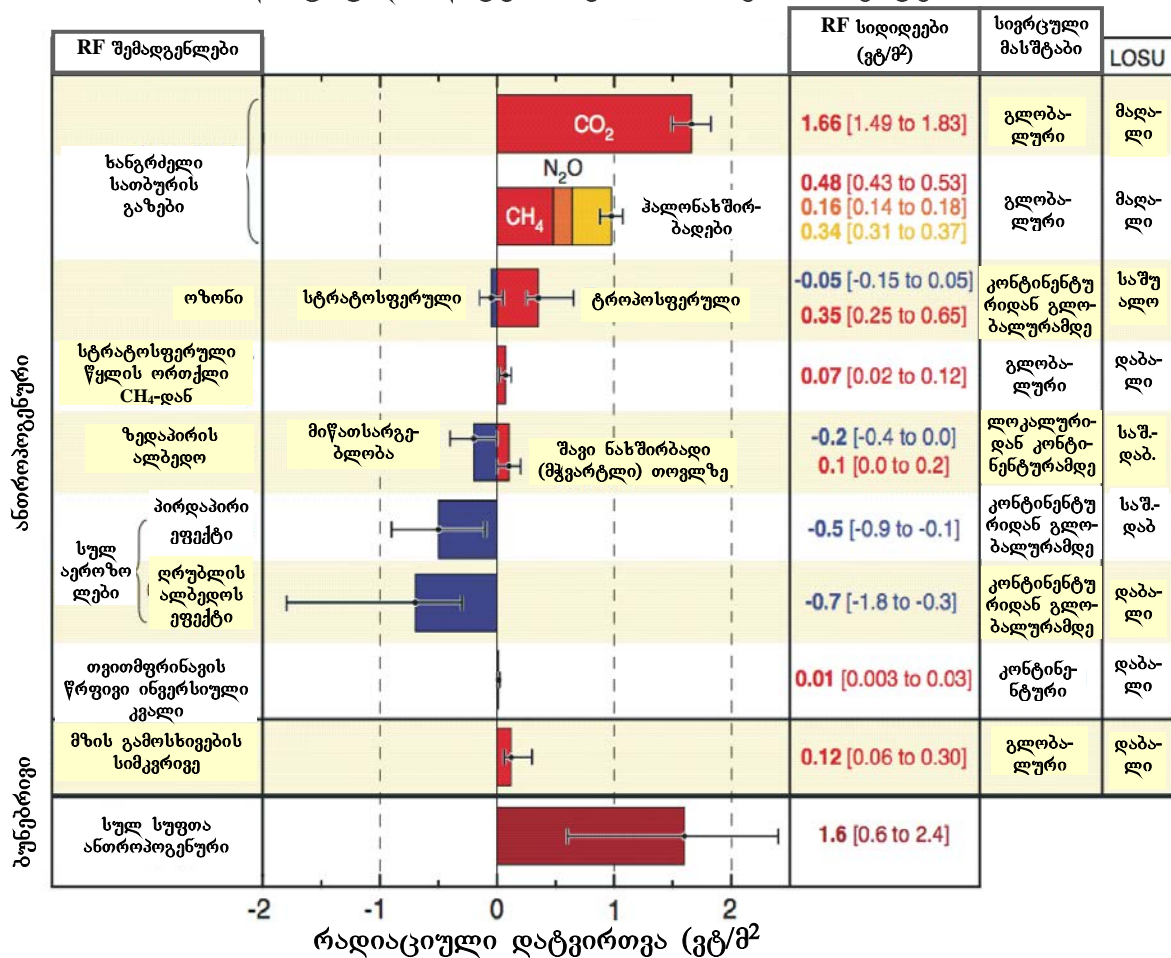
⁴ წიაღისეული CO₂ ემისიები მოიცავენ ემისიებს წიაღისეული საწვავის მოპოვებიდან, განაწილებიდან და მოხმარებიდან და CO₂ ემისიებს, როგორც თანამდეგ პროდუქტს ცემენტის წარმოებიდან. 1 გიგატონა (გტ) C ემისია შეესაბამება 3.67 გტ CO₂.

⁵ ზოგადად, განუზღვრელობის საზღვრები ამ რეზიუმეში მოცემული შედეგებისათვის წარმოადგენენ 90% განუზღვრელობის ინტერვალებს, თუ სხვა რამ არ არის აღნიშნული, ანუ არსებობს 5%-იანი ალბათობა, რომ სიდიდე იქნება კვადრატულ ფრჩხილებში მოტანილი საზღვრების ზემოთ და 5%-იანი ალბათობა, რომ ის მოხვდება ამ საზღვრებს ქვემოთ. სადაც შესაძლებელია, მოცემულია საუკეთესო შეფასებები. განუზღვრელობის საზღვრების ინტერვალები ყოველთვის სიმეტრიული არ არის საუკეთესო შეფასების მიმართ. აღსანიშნავია, რომ I სამუშაო ჯგუფის მე-3 შეფასებით ანგარიშში განუზღვრელობათა საზღვრების მანუვრები, რომელიც ხშირად ეყრდნობოდა ექსპერტულ გამოკითხვებს, შეესაბამება ორ სივრცეს (95%).

და ატმოსფერული სინჯებიდან (წითელი ხაზები). შესაბამისი რადიაციული დატვირთვები ნაჩვენებია ფართო უჯრების მარჯვენა ღერძებზე (ნახ. 6.4).

- მეთანის კონცენტრაცია დედამიწის ატმოსფეროში გაზრდილია პრე-ინდუსტრიული სიდიდიდან (დაახლოებით 715 ppb) 1990-იანი წლების დასაწყისის 1732 ppb-მდე, ხოლო 2005 წელს შეადგინა 1774 ppb. 2005 წელს მეთანის ატმოსფერულმა კონცენტრაციამ გადააჭარბა უკანასკნელი 650 ათასი წლის მანძილზე ბუნებრივი ცვლილების საზღვრებს (320 ppb–დან 790 ppb–მდე), დადგენილს ყინულის სიღრმისეული სინჯებიდან. ზრდის ტემპი შემცირდა 1990 წლის დასაწყისიდან, რაც შესაბამისობაშია მთლიან ემისიებთან (ანთროპოგენური და ბუნებრივი წყაროების ჯამი), რომელიც დაახლოებით მუდმივია ამ პერიოდში. ძალიან ალბათურია⁶, რომ მეთანის კონცენტრაციის აღნიშნული ზრდა გამოწვეულია ანთროპოგენური საქმიანობით, უმეტესად სოფლის მეურნეობაში და წიაღისეული საწვავის გაზრდილი მოხმარებით, მაგრამ ფარდობითი წვლილი სხვადასხვა ტიპის წყაროებიდან ზუსტად არ არის განსაზღვრული {2.3, 7.4}.
- აზოტის ქვეყანგის კონცენტრაცია დედამიწის ატმოსფეროში გაიზარდა პრე-ინდუსტრიული 270 ppb–დან 319 ppb–მდე 2005 წელს. ზრდის ტემპი დაახლოებით მუდმივი იყო 1980 წლის შემდეგ. N₂O მთელი ემისიების მესამედზე მეტი ანთროპოგენურია და უმეტესად სოფლის მეურნეობაზე მოდის {2.3, 7.4}.

რადიაციული დატვირთვის (RF) კომპონენტები



ნახაზი SPM-2. 2005 წელს საშუალო გლობალური რადიაციული დატვირთვა და საზღვრები ანთროპოგენური ნახშირორჟანგის, მეთანის, აზოტის ქვეყანგისა და სხვა მნიშვნელოვანი ნივთიერებების და მექანიზმებისათვის, დატვირთვის ტიპური გეოგრაფიული განვრცობა (სივრცული მასშტაბი) და მეცნიერული ახსნის დონე (level of scientific understanding (LOSU)). ნაჩვენებია აგრეთვე სუფთა რადიაციული დატვირთვები და მისი საზღვრებიც. ეს მოითხოვს განუზღვრელობის ასიმეტრიული შეფასებების აჯამებას შესაქვრებების მიხედვით, და არ შეიძლება მიღებულ იქნას უბრალო შეკრებით. დამატებითი დატვირთვის ფაქტორების მიმართ, რომლებიც აქ არ არის ჩართული, იგულისხმება, რომ მათი მეცნიერული ახსნის დონე ძალიან დაბალია. ვულკანურ აეროზოლებს

⁶ ამ რეზიუმეში ექსპერტთა მოსაზრებებზე დაყრდნობით მიღებული შედეგებისა და დასკვნების სარწმუნოების შესაფასებლად გამოყენებულია შემდეგი ტერმინები: პრაქტიკულად ალბათური >99% ალბათობით მოხდენისა, უკიდურესად ალბათური >95%, ძალიან ალბათური >90%, ალბათური >60%, უფრო ალბათური, ვიდრე არაალბათური >50%, არაალბათური <33%, ძალიან არაალბათური <10%, უკიდურესად არაალბათური <5% (დაწვრილებით იხ. ბლოკი TS 1.1).

შეაქვთ დამატებითი ბუნებრივი დატვირთვის წილი, მაგრამ ისინი არ არის ჩართული ამ ნახაზში თავიანთი ეპიზოდური ბუნების გამო. თვითმფრინავის წრფივი ინვერსიული კვალის საზღვრები არ მოიცავენ ავიაციის სხვა შესაძლო გავლენას დრუბლიანობაზე {2.9, ნახ. 2.20}.

ანთროპოგენული დატვირთვისა და აგრილების გავლენა კლიმატზე უკეთესად აიხსნება მე-3 შეფასებებითი ანგარიშის შემდეგ და აღწევს ძალიან მაღალი სარწმუნოების⁷ დონეს, რომ 1750 წლის შემდეგ ანთროპოგენური საქმიანობის გლობალურად გასაშუალოებული გავლენა წარმოადგენს დატვირთვას რადიაციული დატვირთვით +1.6 [+0.6-დან +2.4-მდე] ვატი/მ² (იხილეთ ნახ. SPM-2) {2.3, 6.5, 2.9}.

- ერთიანი დატვირთვა, გამოწვეული CO₂, CH₄ და N₂O, ტოლია +2.30 [+2.07-დან +2.53-მდე] ვატი/მ². მისი ზრდის ტემპი ინდუსტრიულ ეპოქაში ძალიან ალბათურად უმაგალითოა 10 ათას წელზე მეტი ხნის განმავლობაში (იხილეთ ნახ. SPM-1 და SPM-2). 1990-2005 წლებში CO₂-ის რადიაციული დატვირთვა გაიზარდა 20%, რაც წარმოადგენს უდიდეს დეკადურ ცვლილებას ბოლო სულ ცოტა 200 წლის განმავლობაში {2.3, 6.4}.
- ანთროპოგენური აეროზოლების (უმეტესად სულფატი, ორგანული ნახშირბადი, ჭვარტლი, ნიტრატი და მტვერი) წვლილი მთლიანობაში იწვევს გამაგრილებელ ეფექტს საერთო პირდაპირი რადიაციული დატვირთვით -0.5 [-0.9-დან -0.1-მდე] ვატი/მ² და არაპირდაპირი დატვირთვით დრუბლის ალბედოსაგან -0.7[-1.8-დან -0.3-მდე] ვატი/მ². ეს დატვირთვები ახლა უკეთესადაა ახსნილი, ვიდრე მე-3 შეფასებითი ანგარიშის დროს ადგილზე, თანამგზავრული გაზომვების გაუმჯობესებისა და უფრო სრულყოფილი მოდელირების გამო, მაგრამ რადიაციულ დატვირთვაში განუზღვრელობა ისევ დომინანტური რჩება. აეროზოლები ასევე გავლენას ახდენენ დრუბლიანობის ხანგრძლივობაზე და ნალექებზე {2.4, 2.9, 7.5}.
- მნიშვნელოვანია რადიაციულ დატვირთვაში ანთროპოგენური წვლილი მრავალი სხვა წყაროდანაც. ოზონის წარმომშობი ქიმიური ნივთიერებების (NO_x-ები, CO, ნახშირწყალბადები) ემისიების შედეგად ტროპოსფეროში ოზონის ცვლილების წილი რადიაციულ დატვირთვაში შეადგენს +0.35 [+0.25-დან +0.65-მდე] ვატი/მ². პირდაპირი რადიაციული დატვირთვა ჰალონახშირბადების⁸ ცვლილების გამო ტოლია +0.34 [+0.31-დან +0.37-მდე] ვატი/მ². ზედაპირის ალბედოს ცვლილებები მიწის საფარის ცვლილებისა და თოვლზე ჭვარტლის დადების გამო ქმნის შესაბამისად დატვირთვებს -0.2 [-0.4-დან 0.0-მდე] და +0.1 [0.0-დან +0.2-მდე] ვატი/მ². ნახ. SPM-2-ზე მოცემულია პლიუს-მინუს 0.1 ვატი/მ²-ზე მცირე დამატებითი მდგენელები {2.3, 2.5, 7.2}.
- შეფასებებით 1750 წლიდან მზის გამოსხივების ცვლილებები იწვევს +0.12 [+0.06-დან +0.30-მდე] ვატი/მ²-მდე რადიაციულ დატვირთვას, რომელიც მე-3 შეფასებით ანგარიშში მოცემულ ანალოგიური შეფასების ნახევარზე ნაკლებია {2.7}.

უშუალო დაკვირვებები კლიმატის თანამედროვე ცვლილებაზე

მე-3 შეფასებითი ანგარიშის შემდეგ მონაცემთა ბაზებისა და მონაცემთა ანალიზის გაუმჯობესებისა და განვრცობის, ასევე უფრო ფართო გეოგრაფიული დაფარვის, განუზღვრელობათა უკეთესი ახსნისა და გაზომვათა მრავალფეროვნების წყალობით მიღწეულია პროგრესი იმის გაგებაში, თუ როგორ იცვლება კლიმატი სივრცესა და დროში. 1960-იანი წლების შემდეგ შესაძლებელი გახდა სულ უფრო სრული დაკვირვებების წარმოება მყინვარებზე და თოვლის საფარზე, ზღვის დონესა და ყინულის ფენებზე კი დაახლოებით წინა ათწლეულიდან, მაგრამ ზოგიერთ რეგიონში მონაცემთა სისრულის ხარისხი კვლავ დაბალი რჩება.

კლიმატური სისტემის დატვირთვა ეჭვს არ იწვევს, რადგან ახლა ის სრულიად ცხადი გახდა ჰაერისა და ოკეანის საშუალო გლობალური ტემპერატურების აწვევის, თოვლისა და ყინულის შეუზღუდავი დნობის და ზღვის დონის გლობალური აწვევის ფონზე (იხილეთ ნახ.SPM-3) {3.2, 4.2, 5.5}

- მოყოლებული 1850 წლიდან, დედამიწის ზედაპირის ტემპერატურის შესახებ არსებულ ინსტრუმენტულ ჩანაწერებს შორის ამორჩეული 12 უცხელესი წლიდან 11 ბოლო 12-წლიან (1995-2006) პერიოდზე მოდის⁹. აქედან გამომდინარე, 100-წლეულის (1906-2005) განახლებული წრფივი ტრენდი, რომელიც შეადგენს 0.74 [0.56-დან 0.92-მდე]°C აღემატება მე-3 შეფასებით ანგარიშში 1901-2000 წლებისათვის მოყვანილ შესაბამის ტრენდს 0.6 [0.4-დან 0.8-მდე]°C. დატვირთვის წრფივი ტრენდი ბოლო 50 წლის განმავლობაში (0.13 [0.10-იდან 0.16-მდე] °C/ათწლეულში) დაახლოებით ორჯერ მეტია ბოლო 100 წლის ასეთივე ტრენდზე. მთლიანობაში ტემპერატურის ზრდა 1850-1899 წლებიდან 2001-2005 წლებამდე 0.76 [0.57-დან 0.95-მდე]°C შეადგენს. ქალაქის სიბოროს კუნძულის ეფექტი რეალობაა, მაგრამ ლოკალური ხასიათი

⁷ მეცნიერების ამ სფეროში დასკვნების სარწმუნოების გამოსახატავად ექსპერტთა შეფასებებისას იხმარება გამოთქმები: ძალიან მაღალი ალბათობა – როცა 10 შესაძლებელიდან 9 არის შანსი რომ სწორია; მაღალი ალბათობა – 10 შესაძლებელიდან შანსია დაახლოებით 8 (იხილეთ ბლოკი TS 1.1).

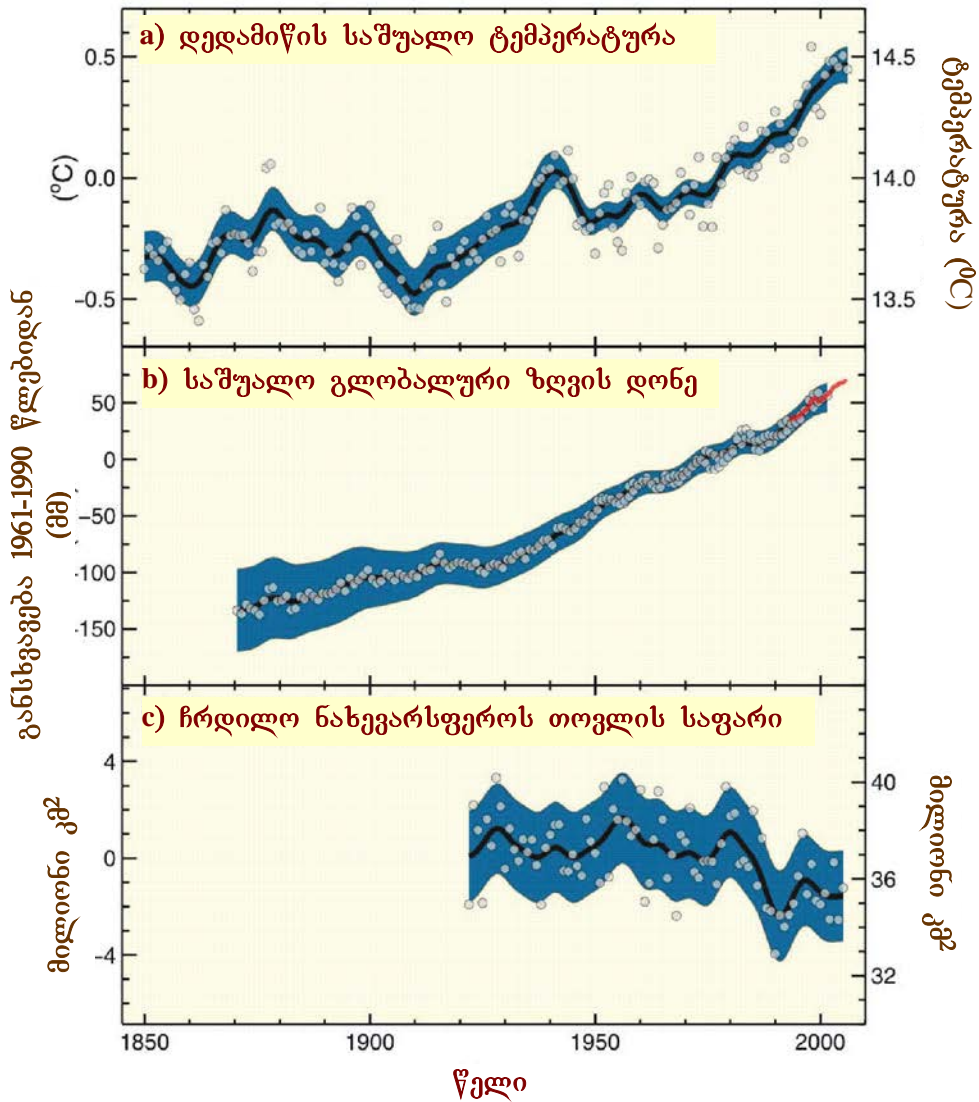
⁸ ჰალონახშირბადების რადიაციული დატვირთვა ცოტა ხნის წინ დეტალურად იქნა შეფასებული კვლევითი სპეციალურ ანგარიშში ოზონის შრისა და გლობალური კლიმატური სისტემის დაცვის შესახებ.

⁹ ხმელეთის მიწისპირა ჰაერის ტემპერატურისა და ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის საშუალო.

აქვს და უმნიშვნელო გავლენას ახდენს ამ სიდიდეებზე (0.006 °C-ზე ნაკლები/ ათწლეულში ხმელეთზე, ხოლო 0 °C ოკეანეზე) {3.2}.

- ზონდებითა და თანამგზავრებიდან გაზომილი ქვედა და შუა ტროპოსფეროს ტემპერატურის ახალი ანალიზი გვიჩვენებს დათბობის დაახლოებით ისეთივე ტემპს, როგორცაა ზედაპირის ტემპერატურის დათბობის ტემპი და შესაბამისობაშია მასთან თავისი განუზღვრელობის ფარგლებში, რაც დიდწილად არბილებს მე-3 შეფასებით ანგარიშში მოყვანილ წინააღმდეგობას მათ შორის {3.2, 3.4}.

ტემპერატურის, ზღვის დონისა და ჩრდილო ნახევარსფეროს თოვლის საფარის ცვლილებები



ნახ. SPM-3. დაკვირვებული ცვლილება: (a) დედამიწის ზედაპირის საშუალო ტემპერატურაში; (b) მსოფლიო ზღვის საშუალო გლობალური დონის აწევაში, მიღებული მოქცევის გასაზომი ხელსაწყოდან (ლურჯი) და თანამგზავრული (წითელი) მონაცემებიდან და (c) ჩრდილო ნახევარსფეროს თოვლის საფარში მარტ-აპრილში. ყველა ცვლილება მოცემულია 1961-1999 წწ პერიოდის შესაბამის საშუალოებთან შედარებით. გაგლუვებული მრუდები აღწერს საშუალო დეკადურ მნიშვნელობებს, რგოლები კი წლიურ მნიშვნელობებს. გამუქებული არეები გვიჩვენებს განუზღვრელობის ინტერვალებს, რომლებიც გამოთვლილია უკვე ცნობილი განუზღვრელობების ყოვლისმომცველი ანალიზით (a და b) და დროითი მწკრივებიდან (c) {FAQ 3.1, ნახ.1, ნახ. 4.2 და ნახ. 5}.

- ატმოსფეროში წყლის ორთქლის საშუალო შემცველობა გაზრდილია სულ ცოტა 1980-იანი წლებიდან როგორც ხმელეთისა და ოკეანის ზემოთ, ასევე ზედა ტროპოსფეროში. ეს ზრდა კარგად აიხსნება წყლის ჭარბი ორთქლით, რომელიც უფრო თბილ ჰაერს შეუძლია შეაკავოს {3.4}.
- დაკვირვებები 1961 წლიდან გვიჩვენებს, რომ ოკეანის გლობალური საშუალო ტემპერატურა აწეულა სულ ცოტა 3 000 მ სიღრმეზე, და რომ ოკეანეს შთანთქმული აქვს კლიმატური სისტემის მიერ გადა-მეტებით მიღებული სითბოს 80% მეტი. ასეთი დათბობა იწვევს ზღვის წყლის გაფართოებას, რასაც წილი აქვს ზღვის დონის აწევაში (იხილეთ ცხრ. SPM-1) {5.2, 5.5}.

- მთებში მყინვარები და თოვლის საფარი საშუალოდ შემცირებულია ორივე ნახევარსფეროში. მყინვარებისა და პოლარული ყინულის ექსტენსიურმა დნობამ იმოქმედა ზღვის დონის აწევაზე (პოლარულ ყინულში არ შედის გრენლანდიის და ანტარქტიკის ყინულოვანი საფარი) (იხილეთ ცხრ. SPM-1) {4.6, 4.7, 4.8, 5.5}.
- მე-3 შეფასებითი ანგარიშის შემდეგ მიღებულმა ახალმა მონაცემებმა აჩვენა, რომ ყინულოვანი საფარის შეთხელება გრენლანდიასა და ანტარქტიკაში ძალიან ალბათურად იმოქმედა ზღვის დონის აწევაზე 1993 წლიდან 2003 წლამდე (იხილეთ ცხრილი SPM-1). გრენლანდიის და ანტარქტიკის ცალკეული “გამომყვანი მყინვარებისთვის” (outlet glaciers), რომლებიდანაც იჭონება ყინული ყინულოვანი საფარის შიდა ფენებიდან, გაიზარდა დინების სიჩქარე. შესაბამისად, ყინულის საფარის მასის მზარდ დანაკარგებს ხშირად მოსდევდა შრეების გათხელება, შემცირება ან გაქრობა, ან მოძრავი ყინულის ენების გაქრობა. ყინულის ასეთი დინამიური დანაკარგები საკმარისია ანტარქტიკის მასის სუფთა დანაკარგების უდიდესი ნაწილისა და გრენლანდიის მასის სუფთა დანაკარგების დაახლოებით ნახევრის ასახსნელად. ყინულის დანარჩენი დანაკარგი გრენლანდიაში აიხსნება იმით, რომ დანაკარგებმა დნობის შედეგად გადააჭარბა თოვით განპირობებულ დაგროვებას {4.6, 4.8, 5.5}.
- ზღვის საშუალო გლობალურმა დონემ აიწია საშუალოდ 1.8 [1.3-იდან 2.3-მდე] მმ/წელ სიჩქარით 1961-იდან 2003 წლამდე. ეს ტემპი უფრო მაღალი იყო 1993 წლიდან 2003 წლამდე, დაახლოებით 3.1 [2.4-იდან 3.8-მდე] მმ/წელი, მაგრამ უცნობია – 1993-2003 წლების პერიოდის უფრო სწრაფი ტემპი დეკადური ვარიაბელობის გამოხატულებაა თუ ზრდისა ხანგრძლივ ტენდენციაში. მაღალი ალბათობით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ დაკვირვებების შედეგად ზღვის დონის აწევის სიჩქარე გაიზარდა მე-19 საუკუნიდან მე-20 საუკუნემდე პერიოდში. მთლიანობაში მე-20 საუკუნეში ეს აწევა შეფასებულია, როგორც 0.17 [0.12-იდან 0.22-მდე] მეტრი {5.5}.

ცხრილი SPM-1. ზღვის დონის აწევის ტემპი დაკვირვებების მიხედვით, და მასში სხვადასხვა წყაროდან შეტანილი წვლილი {5.5, ცხრ. 5.3}.

ზღვის დონის აწევის წყარო	ზღვის დონის აწევის ტემპი (მმ/წელი)	
	1961 – 2003	1993 -2003
სითბური გაფართოება	0.42 ± 0.12	1.6 ± 0.5
მყინვარები და პოლარული ყინულები	0.50 ± 0.18	0.77 ± 0.22
გრენლანდიის ყინულოვანი საფარი	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
ანტარქტიკის ყინულოვანი საფარი	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35
ცალკეული კლიმატური წვლილების ჯამი	1.1 ± 0.5	2.8 ± 0.7
სულ ზღვის დონის აწევა დაკვირვების მიხედვით	1.8 ± 0.5 ^a	3.1 ± 0.7
სხვაობა (დაკვირვებულს გამოკლებული შეფასებული წვლილების ჯამი)	0.7 ± 0.7	0.3 ± 1.0

შენიშვნა:

^a 1993 წლამდე არსებული მონაცემები აღებულია მოქცევის გამზომი ხელსაწყოთი, ხოლო 1993 წლის შემდეგ - თანამგზავრული ალტიმეტრით (სიმაღლის მზომი).

- 1993-2003 წლებში კლიმატის კომპონენტების ჯამური წილი შესაბამისობაშია თავისი განუზღვრელობის ფარგლებში ზღვის საერთო დონის აწევასთან, რომელიც მიღებულია პირდაპირი დაკვირვებებით. (იხილეთ ცხრილი SPM-1). ეს შეფასებები დამყარებულია გაუმჯობესებულ თანამგზავრულ და ადგილზე აღებულ (in situ) მონაცემებზე, რომლებიც ახლა უკვე მისაწვდომია. 1961-2003 წლების პერიოდისათვის კლიმატის კომპონენტების ჯამური წილის მნიშვნელობა შეფასების მიხედვით უფრო მცირეა, ვიდრე ზღვის დონის აწევა დაკვირვების მიხედვით. ასეთივე შეუსაბამობაა აღნიშნული მე-3 შეფასებით ანგარიშშიც 1910-იდან 1990 წლამდე პერიოდისათვის {5.5}.

კონტინენტური, რეგიონალური და ოკეანის აუზის მასშტაბებით აღინიშნება მრავალრიცხოვანი ხანგრძლივი ცვლილებები კლიმატში. ეს ცვლილებები მოიცავს ცვლილებებს არქტიკის ტემპერატურებსა და ყინულში, ექსტენსიურ ცვლილებებს ნალექების რაოდენობაში, ოკეანის მარილიანობაში, ქარების ხასიათში და ამინდის ექსტრემალურ გამოვლინებებში, როგორცაა გვაღვები, უხვი ნალექები, სიცხის ტალღები და ტროპიკული ციკლონების ინტენსიურობა¹⁰ {3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 5.2}.

- ბოლო 100 წლის განმავლობაში არქტიკის საშუალო ტემპერატურის ზრდამ ორჯერ გადააჭარბა საშუალო გლობალური ტემპერატურის ზრდის სიჩქარეს. არქტიკის ტემპერატურები ხასიათდება მაღალი დეკადური ვარიაბელობით, ასევე აღინიშნებოდა თბილი პერიოდიც 1925-იდან 1945-მდე {3.2}.
- თანამგზავრიდან მიღებული მონაცემები 1978 წლიდან გვიჩვენებენ, რომ არქტიკაში ზღვის ყინულის საშუალო წლიური საზღვრები იკვეცება დეკადაში 2.7 [2.1-იდან 3.3-მდე] %-ით, რომელიც ზაფხულო-

¹⁰ ტროპიკული ციკლონები მოიცავენ ქარიშხლებსა (ურაგანებს) და ტაიფუნებს

ბით იზრდება დეკადაში 7.4 [5.0-იდან 9.8-მდე] %-მდე. ეს სიდიდეები შესაბამისობაშია მე-3 შეფასებით ანგარიშში მოყვანილთან {4.4}.

- მარადი გაყინულობის ფენის ზედა ნაწილის ტემპერატურები ძირითადად გაიზარდა 1980-იანი წლებიდან არქტიკაში (3°C-მდე სიდიდით). ჩრდილო ნახევარსფეროში სეზონურად გაყინული ნიადაგის დაფარვის მაქსიმალური არე 1900 წლიდან შემცირდა დაახლოებით 7%, გაზაფხულზე 15%-მდე დაკლებით {4.7}.
- 1900-2005 წლებში ბევრ რეგიონში¹¹ გამოკვეთილია ნალექების ხანგრძლივი ტენდენცია. მნიშვნელოვნად გაზრდილი ნალექები აღინიშნა ჩრდილო და სამხრეთ ამერიკის აღმოსავლეთ ნაწილებში, ჩრდილო ევროპასა და ჩრდილო და ცენტრალურ აზიაში. ნალექებს ახასიათებს მაღალი ცვალებადობა სივრცესა და დროში, ხოლო მონაცემები შემოსაზღვრულია ზოგიერთი რეგიონით. სხვა ვრცელი რეგიონებისათვის¹¹ შეფასებული გრძელვადიანი ტენდენციები აღნიშნული არ ყოფილა {3.3, 3.9}.
- ცვლილებები ნალექებსა და ოკეანეებიდან აორთქლებაში, როგორც ჩანს, გამოიწვევს წყლის გამტკნარებას შუა და ზედა განედებზე, ხოლო სიმლაშის მომატებას ქვედა განედების წყლებში {5.2}.
- 1960-იანი წლებიდან გაძლიერდა დასავლეთის ქარები ორივე ნახევარსფეროს შუა განედებში {3.5}.
- 1970-იანი წლებიდან აღინიშნება უფრო ინტენსიური და ხანგრძლივი გვალები ფართო არეებზე, განსაკუთრებით ტროპიკებსა და სუბტროპიკებში. მაღალი ტემპერატურებისა და შემცირებული ნალექების შედეგად მშრალი პერიოდების გაზრდამ იმოქმედა გვალებზე. ცვლილებებს ზღვის ზედაპირის ტემპერატურაში, ქარის სტრუქტურაში, თოვლის საფარსა და მის ხანგრძლიობაში ასევე გავლენა აქვთ გვალებზე {3.3}.
- ძლიერი ნალექების შემთხვევების სიხშირე გაზრდილია ხმელეთის უმეტეს ნაწილში, რაც შესაბამისობაშია დათბობასთან და ატმოსფეროში წყლის ორთქლის ზრდასთან {3.8, 3.9}.
- ფართოდ გავრცელებული ცვლილებები ექსტრემალურ ტემპერატურებში აღინიშნა ბოლო 50 წლის განმავლობაში. ცივი დღეები, ცივი ღამეები და ყინვა უფრო იშვიათი გახდა, მაშინ როცა ცხელი დღეები, ცხელი ღამეები და სიცხის ტალღები უფრო გახშირდა (იხილეთ ცხრ. SPM-2) {3.8}.
- დაკვირვებებმა ცხადყო დაახლოებით 1970 წლიდან ტროპიკული ციკლონების აქტივობის ინტენსიური ზრდის ფაქტი ჩრდილო ატლანტიკაში, რაც დაკავშირებულია ტროპიკული ზღვის ზედაპირის ტემპერატურის ზრდასთან. ასევე სავარაუდოა ტროპიკული ციკლონის აქტივობის ინტენსიური ზრდა ზოგიერთ სხვა რეგიონშიც, სადაც მონაცემების ხარისხი ეჭვს იწვევს. დეკადებს შორის ცვალებადობა და ტროპიკულ ციკლონებზე დაკვირვების უხარისხობა 1970 წლამდე, ჩვეულებრივი თანამგზავრული დაკვირვებების დაწყებამდე, ართულებს ხანგრძლივი ტენდენციების აღმოჩენას ტროპიკული ციკლონების აქტივობაში. რაც შეეხება წლიურ რაოდენობას, აქ მკაფიო ტენდენცია შემჩნეული არ არის {3.8}.

ცხრილი SPM-2. ბოლოდროინდელი ტენდენციები, ანთროპოგენული გავლენა ამ ტენდენციებზე და ამინდის იმ მოვლენების პროგნოზები, რომელთათვისაც შეინიშნება XX საუკუნის ბოლო ხანის ტენდენცია

მოვლენა ^a და ტრენდი	ალბათობა იმისა, რომ ტრენდი მოხდება XX საუკუნის ბოლოს (ჩვეულებრივ, 1960 წ. შემდეგ)	აღნიშნულ ტრენდში ანთროპოგენული წვლილის ალბათობა ^b	მომავალი ტრენდების ალბათობა, დამყარებული 21-ე საუკუნის პროგნოზებზე SRES-სცენარების მიხედვით
უფრო თბილი და უფრო ცოტა ცივი დღეები უმეტეს ხმელეთზე	ძალიან ალბათური ^c	ალბათური ^d	ფაქტიურად განსაზღვრული ^d
უფრო თბილი და უფრო ხშირი ცხელი დღეები უმეტეს ხმელეთზე	ძალიან ალბათური ^e	ალბათური (ღამეები) ^d	ფაქტიურად განსაზღვრული ^d
თბილი პერიოდები/ცივი ტალღები. სიხშირე იზრდება უმეტეს ხმელეთზე	ალბათური	უფრო ალბათური, ვიდრე არა ^f	ძალიან ალბათური
ძლიერი ნალექები. სიხშირე (ან თავსხმა წვიმების წილი ძლიერ ნალექებში) იზრდება უმეტეს ადგილებში	ალბათური	უფრო ალბათური, ვიდრე არა ^f	ძალიან ალბათური
გვალვით დაზარალებული არეალი იზრდება	ალბათური ბევრ რეგიონში 1970-იანი წლებიდან	უფრო ალბათური, ვიდრე არა	ალბათური
ინტენსიური ტროპიკული ციკლონის აქტივობა იზრდება	ალბათური	უფრო ალბათური, ვიდრე არა ^f	ალბათური
ზღვის დონის უკიდურესი აწევის გაზრდილი მოქმედების სფერო (კუნამის გარდა) ^g	ალბათური	უფრო ალბათური, ვიდრე არა ^{f, h}	ალბათური ⁱ

¹¹ შეფასებულია ის რეგიონები, რომლებიც განხილულია მე-3 შეფასებით ანგარიშის თავში რეგიონალური პერსპექტივების შესახებ და ამ ანგარიშის მე-11 თავში.

შენიშვნები:

^a განმარტებისათვის დაწვრილებით იხილეთ ცხრილი 3.7.

^b იხილეთ ცხრილი TS-4, ბლოკი TS 3.4 და ცხრილი 9.4.

^c ცივი დღეების და ღამეების სიხშირე მცირდება (ყველაზე ცივი 10%).

^d დღეებისა და ღამეების ყველაზე ექსტრემალური დათბობა ყოველ წელს.

^e ცხელი დღეებისა და ღამეების სიხშირის ზრდა (ყველაზე ცხელი 10%).

^f ანთროპოგენული წვლილის მოცულობა არ არის შეფასებული. მოსაზრებები ამასთან დაკავშირებით გაკეთებულია უფრო ექსპერტთა მსჯელობებზე დაყრდნობით, ვიდრე შესაფერისი კვლევებიდან.

^g ზღვის უკიდურესად მაღალი დონე დამოკიდებულია ზღვის საშუალო დონეზე და ამინდის ადგილობრივ სისტემაზე. აქ ის განისაზღვრება, როგორც სადგურებში გაზომილი დონის საათობრივ მნიშვნელობებს შორის უმაღლესი 1%, დროის რეფერენტულ პერიოდში.

^h ცვლილებები ზღვის უკიდურესად მაღალი დონის გაზომილ მნიშვნელობებში ზუსტად მიჰყვება ზღვის საშუალო დონის ცვლილებებს {5.5, 2.6}. ძალიან ალბათურია, რომ ანთროპოგენული აქტივობა მოქმედებდეს ზღვის საშუალო დონის აწევაზე {9.5.2}.

ⁱ ყველა სცენარში ზღვის გლობალური საშუალო დონის პროგნოზი 2100 წლისთვის უფრო მაღალია, ვიდრე რეფერენტულ პერიოდში {10.6}. რეგიონალური ამინდის სისტემების ცვლილების გავლენა ზღვის დონის ექსტრემუმებზე არ შეფასებულია.

კლიმატის ზოგიერთ ასპექტში ცვლილებები არ აღინიშნება. {3.2, 3.8, 4.4, 5.3}

- დღიური ტემპერატურის დიაპაზონის შემცირება აღინიშნულია მე-3 შეფასებით ანგარიშში, მაგრამ მაშინ ხელმისაწვდომი მონაცემები არსებობდა მხოლოდ 1950-იდან 1993 წლამდე პერიოდისათვის. განახლებულმა დაკვირვებებმა აჩვენა, რომ დღიური ტემპერატურის დიაპაზონი არ შეცვლილა 1979-2004 წლებში, რადგან როგორც დღის, ასევე ღამის ტემპერატურებმა აიწია დაახლოებით ერთნაირად. ტრენდები ძლიერ ცვალებადია რეგიონიდან რეგიონამდე {3.2}.
- ანტარქტიკის ზღვის ყინულის საზღვრები კვლავ ამჟღავნებს შიდა წლიურ ცვალებადობას და ლოკალიზებულ ცვლილებებს, მაგრამ არავითარი სტატისტიკურად მნიშვნელოვანი საშუალო ტრენდი, რომელიც აჩვენებდა დათბობის არარსებობას, რაც გამოიხატებოდა რეგიონის საშუალო ატმოსფერულ ტემპერატურებში, არ შეინიშნება {3.2, 4.4}.
- იმისათვის, რომ განვსაზღვროთ, არსებობს თუ არა რაიმე ტენდენცია მსოფლიო ოკეანის მერიდიონალურ ცირკულაციაში ან მცირემასშტაბიან მოვლენებში, როგორცაა ტორნადოები, სეტყვები, ჭექა-ქუხილი და მტვრის ქარები, საკმარისი მტკიცებულება არ არსებობს {3.8, 5.3}.

პალეოკლიმატური ხედვა

პალეოკლიმატური კვლევები იყენებენ კლიმატისადმი მგრძობიარე ინდიკატორების ცვლილებებს, რათა დაადგინონ მსოფლიო კლიმატში მომხდარი წარსული ცვლილებები სხვადასხვა დროის მასშტაბებში, დაწყებული ათწლეულებით და დამთავრებული მილიონი წლებით. ამგვარი „ჩანაცვლებული“ მონაცემები (მაგალითად ხის რგოლის სიგანე) შეიძლება ექვემდებარებოდეს როგორც ლოკალური ტემპერატურის, ისე სხვა ფაქტორების (როგორცაა ნალექები) გავლენას, და ხშირად უფრო კარგად ახასიათებენ წელიწადის კონკრეტული სეზონს, ვიდრე მთელ წელიწადს. მე-3 შეფასებით ანგარიშის შემდეგ ჩატარებულმა კვლევებმა გახარდა დამატებითი მონაცემების სარწმუნოება, რომლებიც გვიჩვენებენ მსოფლიოს სხვადასხვა ნაწილებში მრავალგვარი ინდიკატორის ქცევას. მაგრამ განუზღვრელობა ზოგადად იზრდება წარსულში „გადანაცვლების“ სიღრმესთან ერთად სივრცული მოცვის მზარდი შეზღუდულობის გამო.

პალეოკლიმატური ინფორმაცია ადასტურებს მოსაზრებას, რომ უკანასკნელი ნახევარი საუკუნის დათბობა უჩვეულოა ბოლო სულ მცირე 1300 წლის მონაცემებით. უკანასკნელად პოლარული რეგიონები დღევანდელზე უფრო მეტად გათბა დიდი ხნის (დაახლოებით 125 000 წლის) წინ, პოლარული ყინულის მოცულობის შემცირებამ გამოიწვია 4-6 მ-ით ზღვის დონის აწევა {6.4, 6.6}.

- ჩრდილო ნახევარსფეროს საშუალო ტემპერატურები XX საუკუნის მეორე ნახევარში ძალიან ალბათურად უფრო მაღალი იყო, ვიდრე სხვა რომელიმე 50-წლიან პერიოდში უკანასკნელი 500 წლის განმავლობაში და ალბათურად ყველაზე მაღალი ბოლო 1300 წლის მანძილზე. ზოგი ბოლოდროინდელი კვლევა გვიჩვენებს უფრო დიდ ცვალებადობას ჩრდილო ნახევარსფეროს ტემპერატურებში, ვიდრე ეს აღინიშნული იყო მე-3 შეფასებით ანგარიშში, განსაკუთრებით ის დასკვნა, რომ უფრო გრილი პერიოდები არსებობდა XII-XIV და XIX საუკუნეებში. უფრო თბილი პერიოდები XX საუკუნემდე ხვდება მე-3 შეფასებით ანგარიშში მოცემული განუზღვრელობის საზღვრებში {6.6}.
- ზღვის საშუალო გლობალური დონე ბოლო გამყინვარებათშორის პერიოდში (დაახლოებით 125 ათასი წლის წინათ) იყო ალბათურად 4-6 მ-ით უფრო მაღალი, ვიდრე XX საუკუნის განმავლობაში, ძირითადად, პოლარული ყინულის უკანდახვევის გამო. ყინულის სიღრმისეული კვლევის მონაცემები გვიჩვენებს, რომ საშუალო პოლარული ტემპერატურები ამ დროს იყო 3-5°C-ით მაღალი, ვიდრე ამჟამად - დედამიწის ორბიტის განსხვავებულობის გამო. გრენლანდიის ყინულოვანი საფარი და არქტიკის სხვა

ყინულიანი ტერიტორიები ალბათურად იწვევდა ზღვის დონის აწევას არაუმეტეს 4 მ-ისა. შესაძლოა, ერთ-ერთი მიზეზი ამისა ანტარქტიკაც იყოს {6.4}.

კლიმატის ცვლილების ახსნა და დახასიათება

ეს შეფასება განიხილავს უფრო ხანგრძლივ და უკეთეს ჩანაწერებს, უფრო ფართო დიაპაზონის დაკვირვებებს და კლიმატის ცვლილებისა და ცვალებადობის მრავალი ასპექტის გაუმჯობესებულ მოდელებს, და ემყარება მე-3 შეფასებითი ანგარიშის შემდეგ ჩატარებულ კვლევებს. იგი განიხილავს აგრეთვე მიზეზ-შედეგობრივი კვლევის შედეგებს, რომლებითაც შეფასდა, შეესაბამებოდა თუ არა დაკვირვებით მიღებული ცვლილებები რაოდენობრივად მოსალოდნელ პასუხს გარე დატვირთვაზე და არ ესაბამებოდა არც ერთ სხვა ალტერნატიულ, ფიზიკურად შესაძლებელ ახსნას.

XX საუკუნის შუა წლებიდან დაკვირვებული საშუალო გლობალური ტემპერატურების ზრდა ძალიან ალბათურად გამოწვეულია ანთროპოგენური სათბურის გაზების კონცენტრაციის ზრდით.¹² ეს დასკვნა წინ გადადგმული ნაბიჯია მე-3 შეფასებითი ანგარიშის შემდეგ, რომლის მიხედვითაც „ბოლო 50 წლის მანძილზე შემჩნეული დათბობა ალბათურად გამოწვეულია უმეტესად სათბურის გაზების კონცენტრაციების ზრდით“. შესამჩნევი ანთროპოგენური ზემოქმედება ამჟამად ვრცელდება კლიმატის სხვა ასპექტებზეც, როგორცაა ოკეანის გათბობა, საშუალო კონტინენტური ტემპერატურები, ტემპერატურის ექსტრემუმი და ქარების ხასიათი (იხილეთ ნახ. SPM-4 და ცხრ. SPM-2) {9.4, 9.5}.

- ალბათურია, რომ მარტო სათბურის გაზების კონცენტრაციების ზრდა გამოიწვევდა უფრო მეტ დათბობას, ვიდრე ამჟამადაა დაკვირვებული, რადგან ვულკანურმა და ანთროპოგენულმა აეროზოლებმა გარკვეული ზომით შეაჩერა დათბობა, რასაც წინააღმდეგ შემთხვევაში ექნებოდა ადგილი {2.9, 7.5, 9.4}.
- ატმოსფეროსა და ოკეანის ამჟამად დაკვირვებული საყოველთაო დათბობა, ყინულის მასების დნობასთან ერთად, განამტკიცებს დასკვნას, რომ უკიდურესად არაალბათურია, რომ გლობალური კლიმატის ცვლილება ბოლო 50 წლის განმავლობაში ახსნილიყო გარე ძალების გარეშე და ძალიან ალბათურია, რომ ის არ არის გამოწვეული მხოლოდ ცნობილი ბუნებრივი მიზეზებით {4.8, 5.2, 9.4, 9.5, 9.7}.
- კლიმატური სისტემის გამოვლენილი დათბობა გამოიხატა დედამიწის ზედაპირისა და ატმოსფეროს ტემპერატურების, ოკეანის ზედა რამდენიმე მეტრის ტემპერატურების ცვლილებებსა და ზღვის დონის აწევაში. ატრიბუციულმა (მიზეზ-შედეგობრივმა) კვლევებმა დაადგინა ყველა ამ ცვლილების ანთროპოგენური წარმოშობა. ტროპოსფეროს დათბობისა და სტრატოსფეროს გაგრილების ამჟამად შემჩნეული სურათი ძალიან ალბათურად გამოწვეულია სათბურის გაზების ზრდისა და ოზონის ფენის გათხელების კომბინაციით {3.2, 3.4, 9.4, 9.5}.
- ალბათურია, რომ ბოლო 50 წლის მანძილზე მიმდინარეობს მნიშვნელოვანი ანთროპოგენური დათბობა საშუალოდ ყოველ კონტინენტზე, გარდა ანტარქტიკისა (იხილეთ ნახ. SPM-4). დათბობის გამოვლენილი სახეები, რომელთა შორისაა ხმელეთის უმეტესი გათბობა ოკეანესთან შედარებით, და მათი ცვლილებები დროში, იმიტირდება მხოლოდ ისეთი მოდელებით, რომლებშიც შედის ანთროპოგენური დატვირთვა. წყვილ-წყვილი კლიმატური მოდელების უნარი იმიტაციურად ასახოს ტემპერატურის მნიშვნელობების ევოლუცია ექვსივე კონტინენტზე ცალ-ცალკე, კიდევ უფრო მეტად ამტკიცებს კლიმატზე ადამიანის ზემოქმედების ჭეშმარიტებას, ვიდრე მე-3 შეფასებითი ანგარიშის შემდეგ {3.2, 9.4}.
- უფრო მცირემასშტაბიანი ტემპერატურული ცვლილებების მაღალსაიმედო მოდელირებისას და ახსნისას სიძნელები კვლავ რჩება. ამ მასშტაბებში ბუნებრივი კლიმატის ცვალებადობა შედარებით დიდი დიაპაზონისაა, რაც აძნელებს გამორჩევას იმ ცვლილებებისა, რომლებიც მოსალოდნელია გარე დატვირთვის გამო. გაურკვეველობა ადგილობრივ დატვირთვებსა და უკუკავშირებთან მიმართებაში ასევე აძნელებს იმ წვლილის შეფასებას, რომელიც ტემპერატურის მცირემასშტაბიან ცვლილებაში შეაქვს სათბურის გაზების ზრდას {8.3, 9.4}.
- ანთროპოგენური დატვირთვა, როგორც ჩანს, მონაწილეობს ქარის ხასიათის შეცვლაში¹³, მოქმედებს რა ტროპიკებსგარეთა ქარიშხლების ტრაექტორიასა და ტემპერატურაზე ორივე ნახევარსფეროში. მაგრამ ჩრდილო ნახევარსფეროს ცირკულაციაში აღნუსხული ცვლილებები უფრო დიდია, ვიდრე მე-20 საუკუნის დატვირთვის ცვლილებაზე საპასუხო რეაქციის მოდელირების შედეგად მიღებული {3.5, 3.6, 9.5, 10.3}.

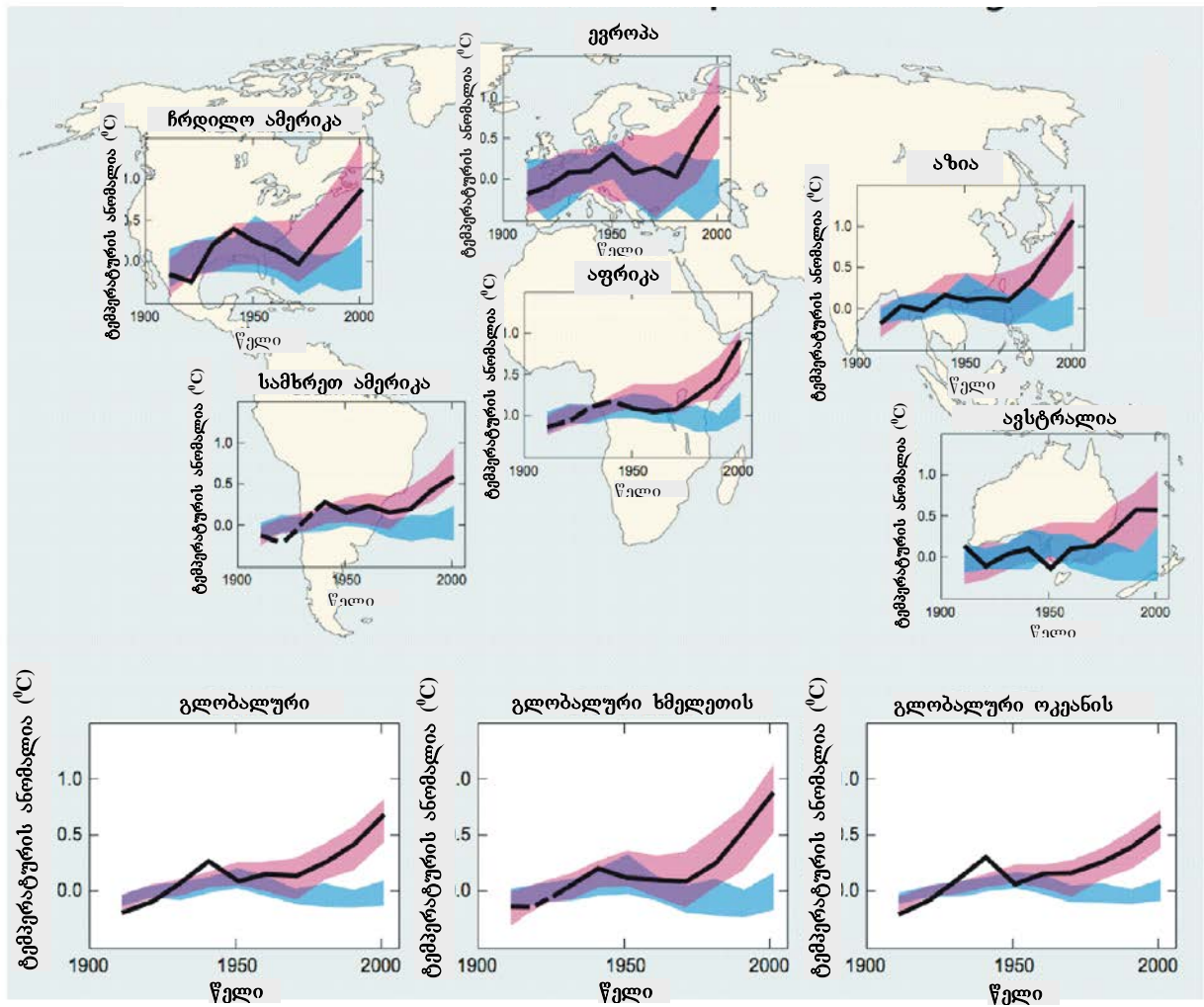
¹² დარჩენილი განუზღვრელობის განხილვა დამყარებულია არსებულ მეთოდოლოგიებზე.

¹³ სამხრეთისა და ჩრდილოეთის წრიულ რეგიონებში და ჩრდილო ატლანტიკური რხევის შესაბამის ცვლილებებში {3.6, 9.5, ბლოკი TS. 3.1}.

- უკიდურესად ცხელი ღამეების, ცივი ღამეების და ცივი დღეების ტემპერატურა, როგორც ჩანს, გაზრდილია ანთროპოგენური დატვირთვის შედეგად. უფრო ალბათურია, ვიდრე არაალბათური, რომ ანთროპოგენურმა დატვირთვამ გაზარდა ცხელი ტალღების რისკი (იხ. ცხრ. SPM-2) {9.4}.

კლიმატის მოდელების ანალიზი დაკვირვებების შეზღუდულობასთან ერთად საშუალებას იძლევა კლიმატის სენსიტიურობას დასაწყისისათვის მიეცეს ალბათურად შეფასებული დიაპაზონი, და უზრუნველყოფს უფრო დიდ სანდოობას რადიაციულ დატვირთვაზე კლიმატური სისტემის რეაქციის გაგებაში {6.6, 8.6, 9.6, ბლოკი 10.2}.

გლობალური და კონტინენტური ტემპერატურის ცვლილება



ნახაზი SPM-4. კონტინენტური და გლობალური მასშტაბით ზედაპირის ტემპერატურაში რეალური ცვლილებებისა შედარება კლიმატური მოდელებით მიღებულ შედეგებთან, რომლებშიც გამოყენებული იყო ბუნებრივი და ანთროპოგენური ზემოქმედება. დაკვირვებათა საშუალო ათწლიანი მნიშვნელობები ნაჩვენებია 1906-2005 წლების პერიოდისთვის (შავი ხაზი), რომელიც გაფერადებულია ათწლეულის ცენტრისა და 1901-1950 წლების შესაბამისი საშუალოების გარშემო. ხაზები წყვეტილია, როცა სივრცული დაფარვა 50%-ზე ნაკლებია. ლურჯად შეფერილი ზოლები გვიჩვენებს 5-95%-იან დიაპაზონს კლიმატის ხუთი მოდელიდან მიღებული 19-ნაირი იმიტაციით, რომლებიც ეყრდნობოდნენ მხოლოდ მზის და ვულკანების აქტივობას და ზემოქმედებას. წითლად გაფერადებული ზოლები გვიჩვენებს 5-95% დიაპაზონს 14 კლიმატური მოდელიდან მიღებული 58 იმიტაციის შედეგებისა, რომლებიც იყენებდნენ როგორც ბუნებრივ, ისე ანთროპოგენულ ზემოქმედებას {FAQ 9.2, ნახ. 1}.

- დაბალანსებული კლიმატის მგრძობელობა (სენსიტიურობა) არის განუწყვეტელ რადიაციულ დატვირთვაზე კლიმატური სისტემის გამომახილის ზომა. იგი არ არის პროგნოზი და განისაზღვრება, როგორც გლობალური ზედაპირის საშუალო დაბობა, რომელიც მოსდევს ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის გაორმაგებას. ალბათურად ის არის 2-იდან 4.5°C-მდე დიაპაზონში, საუკეთესო შეფასებით 3°C, და ძალიან არაალბათურია, რომ ის იყოს 1.5°C-ზე დაბლა. არ შეიძლება გამოირიცხოს 4.5°C-ზე მაღალი მნიშვნელობებიც, მაგრამ ასეთი მნიშვნელობებისათვის მოდელებსა და დაკვირვებებს შორის თანხვედრა არც ისე კარგია. ცვლილებები წყლის ორთქლში წარმოადგენს ყველაზე დიდ უკუკავშირს, მოქ-

მედს კლიმატის სენსიტიურობაზე და ახლა იგი უკეთესად აიხსნება, ვიდრე მე-3 შეფასებით ანგარიშში. დრუბლიანობის რეაქცია კვლავ რჩება გაურკვევლობის ყველაზე დიდ წყაროდ {8.6, 9.6, ბლოკი 10.2}.

- ძალიან არაალბათურია, რომ 1950 წლამდე სულ ცოტა 7 საუკუნის განმავლობაში კლიმატის ცვლილებები გამოწვეული ყოფილიყო მხოლოდ კლიმატურ სისტემის შიგნით წარმოშობილი ცვალებადობით. ჩრდილო ნახევარსფეროს დეკადებს შორის ტემპერატურული ვარიაციების მნიშვნელოვანი წილი ამ საუკუნეების განმავლობაში ძალიან ალბათურად განპირობებულია ვულკანური ამოფრქვევებით და ცვლილებებით მზის გამოსხივებაში, და ამ ჩანაწერებში ალბათურად ცხადია ანთროპოგენური დატვირთვის წვლილი მე-20 საუკუნის დასაწყისის დათბობაში {2.7, 2.8, 6.6, 9.3}.

კლიმატის ცვლილების მომავლის პროგნოზი

კლიმატის ცვლილების პროგნოზის ამ შეფასების მთავარი უპირატესობა მე-3 შეფასებასთან შედარებით არის მოდელის უფრო ფართო სპექტრის წყალობით მიღებული მრავალრიცხოვანი იმიტაციები. ისინი დაკვირვებებიდან მიღებულ დამატებით ინფორმაციასთან ერთად ქმნიან რაოდენობრივ საფუძველს კლიმატის მომავალი ცვლილების ბევრი ასპექტის ალბათობების შეფასებისათვის. მოდელირება მოიცავს შესაძლო მომავლის სპექტრს იდეალიზირებული ემისიების ან კონცენტრაციების დაშვებების ჩათვლით. აქ შედის ესსა¹⁴ საილუსტრაციო მარკერ სცენარები 2000-2100 წლების პერიოდისათვის და მოდელური ექსპერიმენტები იმის დაშვებით, რომ სათბურის გაზებისა და აეროზოლების კონცენტრაციები რჩება მუდმივი 2000 ან 2100 წლის შემდეგ.

ესსა ემისიის სცენარების დიაპაზონში მომდევნო ორი ათწლეულისთვის პროგნოზირდება 0.2°C-ით დათბობა. იმ შემთხვევაშიც კი, თუ ყველა სათბურის გაზისა და აეროზოლის კონცენტრაციები შენარჩუნდება 2000 წლის დონეზე, მაინც მოსალოდნელია ათწლეულში 0.1°C-ით დათბობა {10.3, 10.7}.

- კვლავ პირველი ანგარიშის (1990) შემდეგ შეფასებული პროგნოზებით გლობალური საშუალო ტემპერატურის აწევა ათწლეულში დაახლოებით 0.15-იდან 0.3°C-მდეა 1990-2005 წლებში. ეს ახლა შედარებადია დაკვირვების შედეგად მიღებულ მანვენებელთან - დაახლოებით 0.2°C ათწლეულში, რაც ზრდის მოკლევადიანი პროგნოზების სანდოობას {1.2, 3.2}.
- მოდელური ექსპერიმენტები გვიჩვენებენ, რომ თუნდაც ყველა რადიაციული დატვირთვის გამომწვევი ნივთიერებები დარჩნენ 2000 წლის დონეზე, შემდგომი დათბობის ტენდენცია მაინც იქნება მომდევნო ორ ათწლეულში დაახლოებით 0.1°C /ათწლეულში ტემპით, ძირითადად ოკეანეების ნელი რეაქციიდან გამომდინარე. დაახლოებით ორჯერ მაღალი იქნება ეს ტემპი (0.2°C/ათწლეულში), თუ ემისიები იქნება ესსა სცენარების დიაპაზონში. საუკეთესო შეფასებები მოდელებიდან გვიჩვენებენ, რომ ათწლეულების საშუალო დათბობა ყოველი დასახლებული კონტინენტისათვის 2030 წლისათვის არ იცვლება ესსა ერთი სცენარიდან მეორემდე და ძალიან ალბათურად უნდა იყოს სულ ცოტა ორჯერ მეტი შესაბამის მოდელით შეფასებულ ბუნებრივ ვარიაციებზე მთელი მე-20 საუკუნისთვის {9.4, 10.3, 10.5, 11.2-11.7, ნახ. TS-29}.

სათბურის გაზების შემდგომი ემიტირება ამჟამინდელი ან უფრო მაღალი ტემპით გამოიწვევდა შემდგომ დათბობას და გამოიწვევს ბევრ ცვლილების გლობალური კლიმატის სისტემაში 21-ე საუკუნის განმავლობაში, რაც ძალიან ალბათურად გადააჭარბებს მე-20 საუკუნეში დაკვირვებულ ცვლილებებს {10.3}.

- წინსვლა კლიმატის ცვლილების მოდელირებაში ამჟამად იძლევა მაქსიმალურად კარგი შეფასების საშუალებას და ალბათურად განსაზღვრავს პროგნოზირებული დათბობისთვის განუზღვრელობის საზღვრებს ემისიის სხვადასხვა სცენარებისათვის. ამ ანგარიშში ზუსტადაა მოცემული შედეგები ემისიის სხვადასხვა სცენარებისთვის, რათა მხედველობიდან არ გამოგვრჩეს პოლიტიკის განსაზღვრისათვის ასეთი მნიშვნელოვანი ეს ინფორმაცია. დედამიწის საშუალო ზედაპირული დათბობის პროგნოზი 21-ე საუკუნის ბოლოსათვის (2090-2099) 1980-1999 წლებთან მიმართებაში მოცემულია ცხრილში SPM-3. ეს მნიშვნელობები გვიჩვენებენ სხვაობებს ქვედა და ზედა ესსა ემისიის სცენართა შესაბამის სიდიდეებს შორის და ამ სცენარებით შეფასებული დათბობის განუზღვრელობის პროგნოზირებულ მნიშვნელობას {10.5}.
- ამ ანგარიშში მოცემულია საუკეთესო შეფასებები და ალბათური დიაპაზონები დედამიწის საშუალო ზედაპირული ჰაერის დათბობისათვის ექვსი ესსა ემისიის მარკერ-სცენარისათვის (იხილეთ ცხრ. SPM-

¹⁴ ესსა (SRES - Special Report on Emission Scenarios) ნიშნავს კვლავ ემისიის სცენარების სპეციალურ ანგარიშს (2000). ესსა სცენართა ოჯახები და საილუსტრაციო მაგალითები, რომლებიც არ შეიცავენ დამატებით კლიმატურ ინიციატივებს, მოკლევადიან აღწერილი ამ რეზიუმეს ბოლოს. მიახლოებითი კონცენტრაციები CO₂-ის ეკვივალენტებში, რომლებიც შეესაბამებიან გამოთვლილ რადიაციულ დატვირთვის სათბურის გაზებისა და აეროზოლებისაგან 2100 წელს (იხილეთ გვ. 823 მე-3 შეფასებით ანგარიშში) ესსა B1, A1T, B2 A1B და A1FI საილუსტრაციო მარკერ-სცენარებისათვის არის დაახლოებით 600, 700, 800, 850, 1250 და 1550 ppm შესაბამისად. სცენარები B1, A1B და A2 საფუძვლად ედო მოდელთა ურთიერთშედარების კვლევას და ბევრი მათი შედეგი შეფასებულია ამ ანგარიშში.

3). მაგალითად, საუკეთესო შეფასება „ქვედა“ სცენარისათვის (B1) არის 1.8°C (ალბათური დიაპაზონი 1.1-2.9°C), ხოლო საუკეთესო შეფასება „ზედა“ სცენარისათვის (A1FI) არის 4.0°C (ალბათური დიაპაზონი 1.4-5.8°C). თუმცა ეს პროგნოზები კარგად ეთანხმება მე-3 შეფასებით ანგარიშში კვლირებულ საზღვრებს (1.4-5.8°C), ისინი მაინც არ ედარებიან ერთმანეთს პირდაპირ (იხილეთ ნახ. SPM-5). მე-4 შეფასებით ანგარიშს უპირატესობა აქვს, რადგან იგი იძლევა საუკეთესო შეფასებებს და ალბათობის დიაპაზონის შეფასებებს ყოველი მარკერ-სცენარისთვის. ალბათური დიაპაზონების ახალი შეფასება ეყრდნობა უფრო ბევრ კლიმატურ მოდელებს, უფრო რთულსა და რეალისტურს, ასევე ახალ ინფორმაციას ნახშირბადის ციკლისა და კლიმატურ რეაქციაზე დაკვირვებებით დადებული შეზღუდვების უკუკავშირის ბუნების შესახებ {10.5}.

ცხრილი SPM-3. გლობალურად გასაშუალოებული ზედაპირის დათბობისა და ზღვის დონის აწევის პროგნოზი 21-ე საუკუნის ბოლოსთვის {10.5, 10.6, ცხრ. 10.7}.

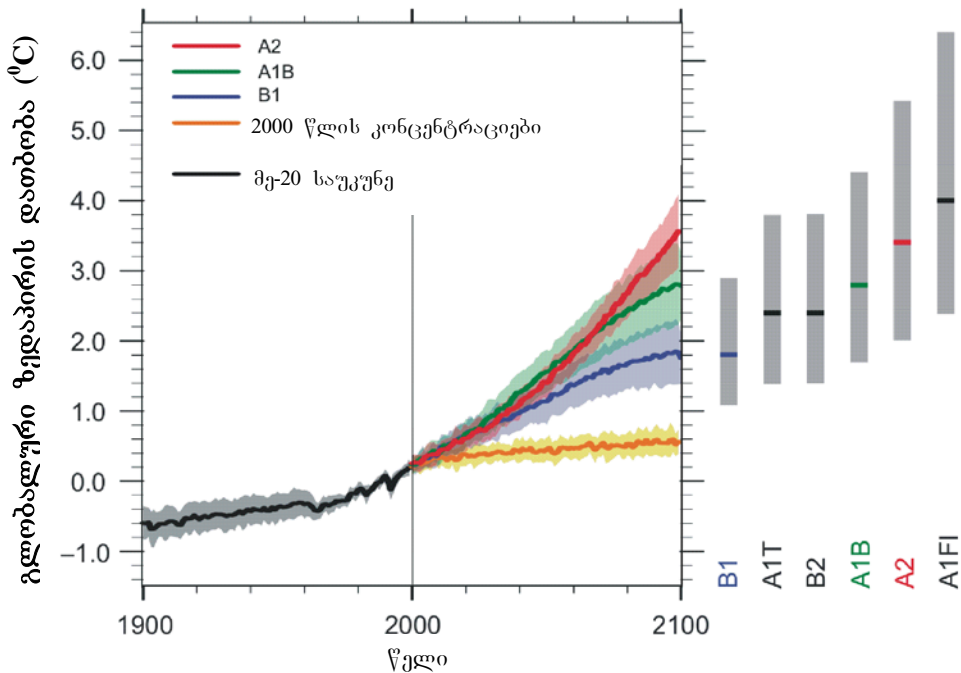
ვარიანტი	ტემპერატურის ცვლილება (°C 2090-2099წლები 1980-1999წლებთან მიმართებით) ^a		ზღვის დონის აწევა, მ (2090-2099 წლებში 1980-1999 მიმართ)
	საუკეთესო შეფასება	ალბათური საზღვრები	მოდელზე დამყარებული დიაპაზონი ყინულის ნაკადის მომავალი სწრაფი დინამიური ცვლილების გარეშე
2000 წლის კონცენტრაციები ^b	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 სცენარი	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T სცენარი	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 სცენარი	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.43
A1B სცენარი	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 სცენარი	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI სცენარი	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

შენიშვნები:

^a ეს შეფასებები მიღებულია მოდელთა იერარქიიდან, რომლებიც მოიცავენ უბრალო კლიმატურ მოდელს, რამდენიმე საშუალო სირთულის დეკადიწის მოდელს (EMIC), და დიდი რაოდენობით ატმოსფერო-ოკეანის გლობალური ცირკულაციის მოდელებს (AOGCM).

^b 2000 წ. კონსტანტური კონცენტრაციები გამოყვანილია მხოლოდ AOGCM-დან.

ზედაპირის დათბობის მრავალმოდელური საშუალოები და დიაპაზონთა შეფასებები



ნახაზი SPM-5. მუქი ხაზები უჩვენებს მრავალმოდელურ საშუალოებს ზედაპირის დათბობისა (1980-1999 წლების მიმართ) A2, A1B და B1 სცენარებისთვის, როგორც მე-20 საუკუნის მოდელირების გაგრძელებებს. დაჩრდილული არეები უჩვენებს ± ერთ სტანდარტულ გადახრის დიაპაზონებს ცალკეული მოდელის წლიური საშუალოებიდან. აგურისფერი ხაზი შეესაბამება ექსპერიმენტს, სადაც კონცენტრაციები შენარჩუნებულია 2000 წლის მაჩვენებლების მუდმივად. ნაცრისფერი ზოლები მარჯვნივ აღნიშნავენ საუკეთესო შეფასებას (მუქი ხაზი

ყოველ ზოლზე) და ალბათურ დიაპაზონის შეფასებას ესა 6 მარკერ-სცენარისთვის. საუკეთესო მაჩვენებლის და ალბათური დიაპაზონების შეფასება ნაცრისფერ ზოლებში მოიცავს AOGCM –ებს ნახატის მარცხენა მხარეს და ასევე შედეგებს დამოუკიდებელ მოდელთა და დაკვირვებებით დაღებული შეზღუდვების იერარქიიდან (ნახ. 10.4 და 10.29).

- დათბობას აქვს ტენდენცია შეამციროს ხმელეთიდან და ოკეანიდან ნახშირორჟანგის შთანთქმა, რითიც იზრდება ატმოსფეროში დარჩენილი ანთროპოგენური ემისიების წილი. A2 სცენარისთვის, მაგალითად, კლიმატ-ნახშირბადის ციკლის უკუკავშირი ზრდის შესაბამის გლობალურ საშუალო დათბობას 2100 წლისათვის 1°C მეტით. ზედა ზღვრების შეფასება პროგნოზირებული ტემპერატურისთვის უფრო დიდია, ვიდრე მე-3 ანგარიშში (იხ. ცხრ. SPM-3) ძირითადად იმის გამო, რომ ამჟამად ხელმისაწვდომ მოდელთა უფრო დიდი რაოდენობა საშუალებას გვაძლევს ვივარაუდოთ ნახშირბად-კლიმატის ციკლის უფრო მტკიცე უკუკავშირი {7.3, 10.5}.
- მოდელით პროგნოზირებული ზღვის დონის აწევის საშუალოები 21-ე საუკუნის ბოლოსთვის (2090-2099) ნაჩვენებია ცხრილში SPM-3. ყოველი სცენარისთვის ცხრილში დიაპაზონის შუაწერტილი ხდება მე-3 ანგარიშში 2090-2099 წლებისათვის მოდელური საშუალოს 10%-ში. დიაპაზონები უფრო ვიწროა, ვიდრე მე-3 ანგარიშში, ძირითადად პროგნოზირებისას წვლილების განუზღვრელობის შესახებ¹⁵ უფრო მეტი ინფორმირებულობის გამო {10.6}.
- ამ დროისათვის გამოყენებული მოდელები არ მოიცავენ კლიმატ-ნახშირბადის ციკლის უკუკავშირის განუზღვრელობებს და არც ყინულის დნობის მთელ შედეგს, რადგან არ არსებობს შესაბამისი დასაყრდენი ბაზა ლიტერატურაში. პროგნოზები მოიცავს გრენლანდიდან და ანტარქტიკიდან ყინულის დნობის ზრდით გამოწვეულ წვლილს 1993-2003 წლების დაკვირვებული მონაცემებით, მაგრამ დნობის ეს ტემპი შეიძლება შეცვლილიყო მომავალში. მაგალითად, თუ ეს წვლილი გაიზრდებოდა წრფივად გლობალური ტემპერატურის საშუალო ზრდასთან ერთად, მაშინ ცხრ. SPM-3 ნაჩვენები ზღვის დონის აწევის ზედა ზღვრები ესა სცენარებისათვის აიწევდა 0.1 მ-დან 0.2 მ-მდე. არც უფრო მაღალი მნიშვნელობებია გამორიცხული, მაგრამ ამ ეფექტების გაგება/ახსნა მეტისმეტად გაძნელებულია, რათა შეფასდეს მათი ალბათობა ანდა გამოითვალოს საუკეთესო შეფასება ან ზედა საზღვარი ზღვის დონის აწევისა {10.6}.
- ატმოსფერული ნახშირორჟანგის კონცენტრაციების ზრდა იწვევს ოკეანის მჟავიანობის აწევას. ესა სცენარებზე დამყარებული პროგნოზები იძლევა 21-ე საუკუნის მანძილზე მსოფლიო ოკეანის ზედაპირზე საშუალო pH¹⁶-ის შემცირების სიდიდეს 0.14-0.35 საზღვრებში, დამატებით ამჟამინდელ 0.1 კლებასთან, რასაც ადგილი აქვს პრე-ინდუსტრიული პერიოდიდან {5.4, ბლოკი 7.3, 10.4}.

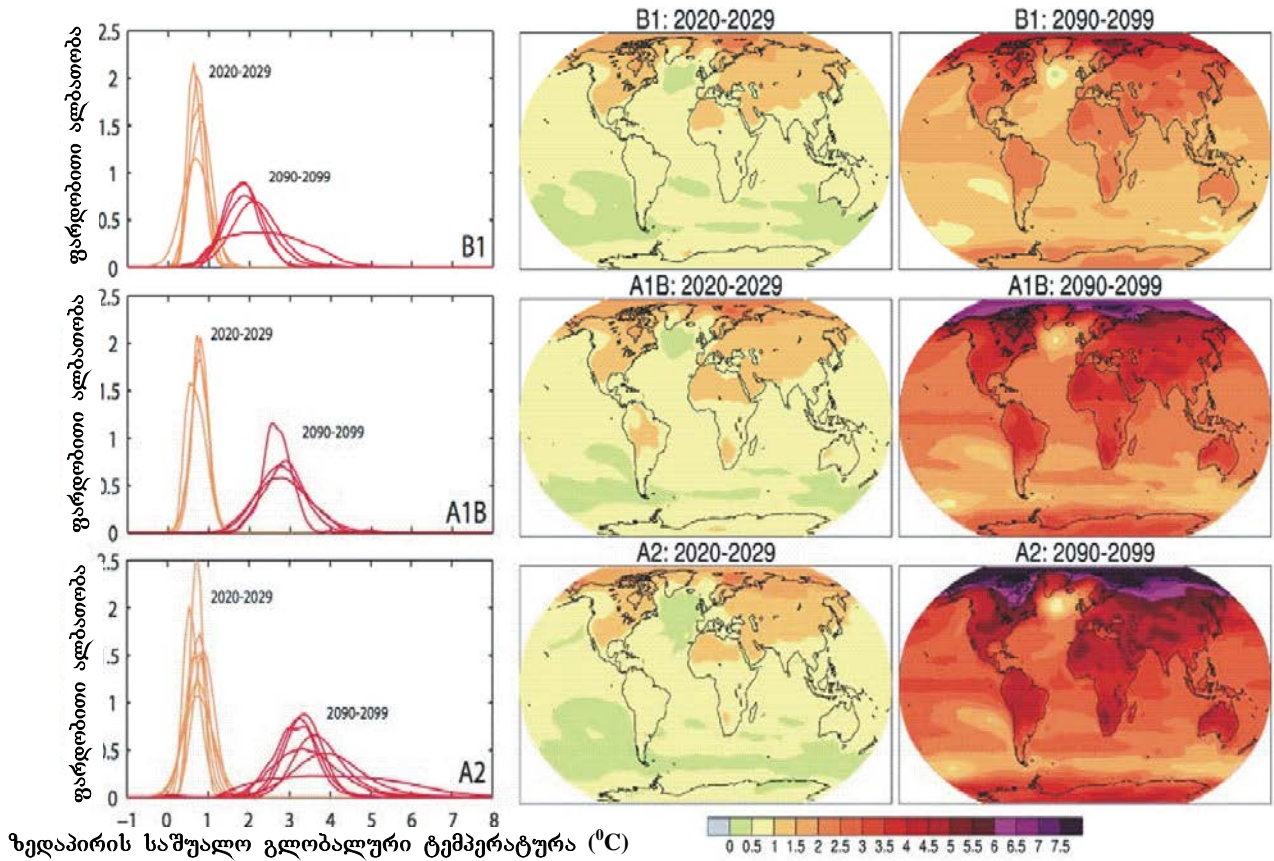
ამჟამად უფრო მეტად შეგვიძლია ვენდოთ პროგნოზს დათბობის ხასიათისა და სხვა რეგიონალური მასშტაბის მახასიათებლის, მათ შორის ქარის ხასიათის, ნალექების და სტიქიური მოვლენებისა და ყინულის დნობის ზოგიერთი ასპექტის შესახებ {8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}.

- 21-ე საუკუნეში დათბობის პროგნოზი ასახავს სცენარზე დამოკიდებულ გეოგრაფიულ პატერნებს, მსგავსს გასული რამდენიმე ათწლეულის განმავლობაში დაკვირვებულისა. უდიდესი დათბობა მოსალოდნელია ხმელეთზე და ყველაზე მეტად ჩრდილოეთის მაღალ განედებზე, ყველაზე ნაკლებად კი – სამხრეთ ოკეანის თავზე და ჩრდილოეთ ატლანტიკის ოკეანის ნაწილზე (იხილეთ ნახ. SPM-6) {10.3}.
- პროგნოზირებულია თოვლის საფარის შემცირება. მარადი გაყინულობის უმეტეს რეგიონებში პროგნოზირებულია დნობის გაძლიერება {10.3, 10.6}.
- ესა ყველა სცენარის მიხედვით ზღვაზე ყინულის საფარი შევიწროვდება როგორც არქტიკაში, ისე ანტარქტიკაში. ზოგიერთი პროგნოზით არქტიკის გვიანი ზაფხულის ზღვის ყინული თითქმის მთლიანად გაქრება 21-ე საუკუნის მეორე ნახევრისთვის {10.3}.
- ძალიან ალბათურია, რომ უკიდურესი სიცხე, სიცხის ტალღები და ძლიერი ნალექების მოვლენები კიდევ უფრო გახშირდება {10.3}.
- მოდელების სპექტრზე დაყრდნობით ალბათურია, რომ მომავალში ტროპიკული ციკლონები (ტაიფუნები და ქარიშხლები) უფრო ინტენსიური გახდება, ქარების მაქსიმალური სიჩქარე უფრო გაიზრდება, და ნალექები უფრო გაძლიერდება ტროპიკული ზღვის ზედაპირის ტემპერატურების ზრდასთან ერთად. პროგნოზებში ნაკლებსარწმუნოა, რომ გლობალური ტროპიკული ციკლონების რაოდენობა შემცირდება. აშკარა ზრდა ძალიან ინტენსიური ქარიშხლების რაოდენობისა 1970 წლის შემდეგ ზოგიერთ რეგიონებში ბევრად აღემატება ამჟამინდელი მოდელებით იმიტირებულს იმავე პერიოდისათვის {9.5, 10.3, 3.8}.

¹⁵ მე-3 შეფასებითი ანგარიშში პროგნოზები გაკეთებული იყო 2100 წლისათვის, ხოლო ამ ანგარიშში 2090-2099 წლებისათვის. მე-3 ანგარიშს ექნებოდა ცხრ. SPM-2 მოყვანილის მსგავსი დიაპაზონები, მას რომ ასეთივე გზით გამოეთვალა განუზღვრელობები.

¹⁶ pH-ის კლება შეესაბამება ხსნარის მჟავიანობის ზრდას. დაწვრილებით იხ. გლოსარიუმი.

ზედაპირის ტემპერატურების პროგნოზი ატმოსფერო-ოკეანის ზოგადი ცირკულაციის მოდელებით

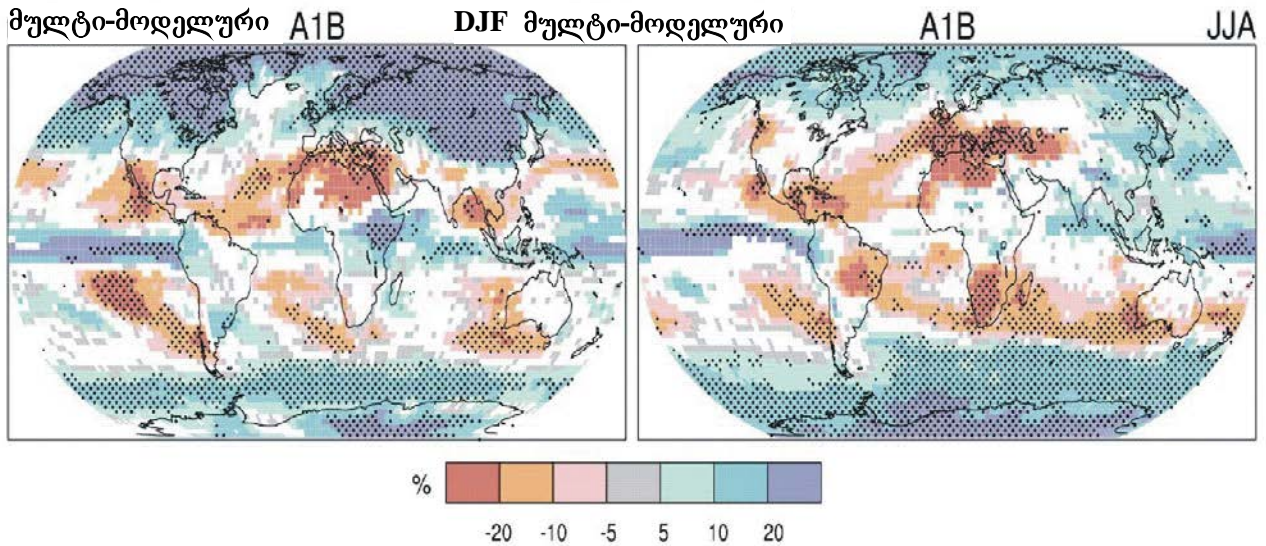


ნახაზი SPM-6. ზედაპირის ტემპერატურის ცვლილება 21-ე საუკუნის დასაწყისისა და ბოლოსათვის 1980-1999 წლების პერიოდთან მიმართებით. ცენტრალური და მარჯვენა სვეტები გვიჩვენებენ ატმოსფერო-ოკეანის ზოგადი ცირკულაციის მრავალმოდულურ საშუალო პროგნოზებს B1 (ზედა), A1B (შუა) და A2 (ქვედა) ესსა სცენარებისთვის ათწლეულებში 2020-2029 (შუაში) და 2090-2099 (მარჯვნივ). მარცხენა სვეტი გვიჩვენებს შესაბამის განუზღვრელობებს, როგორც შესაბამის ალბათობებს გლობალური საშუალო დათბობის შეფასებისა რამდენიმე სხვადასხვა AOGCM და EMIC კვლევებიდან იმავე პერიოდისთვის. ზოგიერთი კვლევა იძლევა შედეგებს ესსა სცენარების მხოლოდ ქვესიმრავლისთვის, ან სხვადასხვა მოდელის ვერსიებისთვის. აქედან გამომდინარე, განსხვავება მარცხენა სვეტში მოცემულ მრუდთა რაოდენობაში გამოწვეულია მხოლოდ შედეგების მისაწვდომობის სხვადასხვა ხარისხიდან გამომდინარე (ნახ. 10.8 და 10.28).

- ტროპიკებსგარეთა (ექსტრატროპიკული) ქარიშხლების გავრცელება ნავარაუდევია პოლუსებისაკენ, რასაც თან მოჰყვება ცვლილებები ქარის, ნალექების, ტემპერატურის ხასიათში, რაც გააგრძელებს ბოლო ნახევარი საუკუნის განმავლობაში შემჩნეულ ტენდენციებს {3.6, 10.3}.
- მე-3 შეფასებითი ანგარიშის შემდეგ უკეთესად აიხსნება ნალექების მომავალი ბუნება. ნალექების რაოდენობა ძალიან ალბათურად გაიზრდება მაღალ განედებზე, ხოლო შემცირება ალბათურია უმეტეს სუბტროპიკულ ხმელეთზე (დაახლოებით 20%-ით 2100 წელს A1B სცენარის მიხედვით, იხილეთ ნახ. SPM-7), რაც გააგრძელებს ბოლო ხანებში აღნიშნულ ტენდენციებს {3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2-11.9}.
- ამჟამინდელ მოდელებზე დაყრდნობით, ძალიან ალბათურია, რომ ატლანტიკის ოკეანის მერიდიონალური კონვეიერული ცირკულაცია (Meridional Overturning Circulation) 21-ე საუკუნის მანძილზე შესუსტდება. ესა A1B სცენარისათვის მრავალმოდულური საშუალო შემცირება 2100 წლისთვის შეადგენს 25% (დიაპაზონი 0-იდან დაახლოებით 50%-მდე). მიუხედავად ასეთი ცვლილებებისა, ტემპერატურები ატლანტიკის რეგიონში ნავარაუდევია რომ გაიზრდება, სათბურის გაზების ნავარაუდევ ზრდასთან დაკავშირებული გაცილებით უფრო დიდი დათბობის გამო. ძალიან არაალბათურია, რომ მერიდიონალური

კონვეიერული ცირკულაცია განიცდის დიდ მკვეთრ ცვლილებას 21-ე საუკუნის მანძილზე. მერიდიონალური კონვეიერული ცირკულაციის ხანგრძლივი ცვლილებების შეფასება არ შეიძლება სარწმუნო იყოს {10.3, 107}

ნალექების ცვლილებების პროგნოზირებული ბუნება



ნახაზი SPM-7. ფარდობითი ცვლილებები ნალექებში (პროცენტულად) 2090-2099 წლების პერიოდისათვის 1980-1999 წლებთან შედარებით. წარმოდგენილი მნიშვნელობები ესაა A1B დამყარებული მრავალმოდელური საშუალოებია დეკემბრიდან თებერვლამდე (მარცხნივ) და ივნისიდან აგვისტომდე (მარჯვნივ). თეთრი ადგილები უჩვენებს, რომ ამ ადგილებში მოდელის 66%-ზე ნაკლები ეთანხმება ცვლილების ნიშანს (+/- ანუ მომატება/დაკლება) და დაშტრისული ადგილები გვიჩვენებს, რომ ამ ადგილებში მოდელის 90%-ზე მეტი ეთანხმება ცვლილების ნიშანს {ნახ.10.9}.

ანთროპოგენური დათბობა და ზღვის დონის აწევა გაგრძელდებოდა საუკუნეობით კლიმატურ პროცესებთან დაკავშირებული დროითი მასშტაბებისა და უკუკავშირის გამო, თუნდაც სათბურის გაზების კონცენტრაციები იყოს სტაბილიზებული {10.4, 10.5, 10.7}.

- კლიმატისა და ნახშირბადის ციკლის ურთიერთკავშირი სავარაუდოდ ზრდის ნახშირორჟანგის რაოდენობას ატმოსფეროში, რადგან კლიმატური სისტემა თბება, მაგრამ ამ უკუკავშირის ზომა გაურკვეველია. ეს ზრდის განუზღვრელობას ნახშირორჟანგის ემისიების ტრაექტორიისა, რომლითაც უნდა იქნას მიღწეული ატმოსფერული ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის სტაბილიზაციის გარკვეული დონე. კლიმატ-ნახშირბადის ციკლის უკუკავშირის თანამედროვე გაგებაზე დაყრდნობით, მოდელური კვლევები გვარწმუნებენ, რომ ნახშირორჟანგის 450 ppm დონეზე სტაბილიზაციისათვის საჭირო იქნება, რომ 21-ე საუკუნის მანძილზე კუმულატიური ემისიები შემცირდეს საშუალოდ დაახლოებით 670 [630-იდან 710-მდე] გიგატონა C-დან (2460 [2310-დან 2600-მდე] გტ CO₂) დაახლოებით 490 [375-იდან 600-მდე] გტ C-მდე (1800 [1370-იდან 2200-მდე] გტ CO₂). ასევე, 1000 ppm დონეზე ამ უკუკავშირის სტაბილიზირებისათვის საჭიროა კუმულატიური ემისიების შემცირება მოდელური საშუალო 1415 [1340-იდან 1490-მდე] გიგატონა C-დან (5190 [4910-დან 5460-მდე] გტ CO₂)-დან დაახლოებით 1100 [980-იდან 1250-მდე] გტ C-მდე (4030 [3590-იდან 4580-მდე] გტ CO₂) {7.3, 10.4}.
- თუ რადიაციული დატვირთვა დასტაბილირდება 2100 წელს B1 ან A1B დონეზე¹¹, ჯერ კიდევ მოსალოდნელი იქნება საშუალო გლობალური ტემპერატურის შემდგომი ზრდა დაახლოებით 0.5°C-ით, უფრო 2200 წლისათვის {10.7}.
- თუ რადიაციული დატვირთვა დასტაბილირდება 2100 წლის A1B დონეზე¹¹, მხოლოდ სითბურ გაფართოებას შეუძლია გამოიწვიოს 2300 წლისთვის ზღვის დონის აწევა 0.3-იდან 0.8 მ-მდე (1980-1999 წლებთან შედარებით). სითბური გაფართოება შეიძლება გაგრძელდეს მრავალი საუკუნე, რადგან ოკეანის სიღრმეში სითბოს გადატანას სჭირდება დრო {10.7}.
- გრენლანდიის ყინულის ფენის შევიწროვება სავარაუდოდ გაიზრდება, რაც ხელს შეუწყობს ზღვის დონის აწევას 2100 წლის შემდეგ. თანამედროვე მოდელები გვარწმუნებენ, რომ ყინულის მასის დანაკარგების ზრდა ტემპერატურის ზრდასთან ერთად უფრო დაჩქარდება, და გადააჭარბებს ამ მასის ნალექებიდან შევსების ტემპს, და რომ ზედაპირული ყინულის მასის ბალანსი უარყოფითი გახდება 1.9-

იდან 4.6°C–მდე საშუალო გლობალური დათბობის (პრე-ინდუსტრიულ მნიშვნელობებთან შედარებით) პირობებში. თუ ზედაპირული ყინულის მასის უარყოფითი ბალანსი შენარჩუნდება ათასწლეულების განმავლობაში, ეს მიგვიყვანს გრენლანდიის ყინულის ფენის ფაქტიურად სრულ გაქრობამდე და ამის შედეგად ზღვის დონის დაახლოებით 7 მ-ით აწევამდე. ამის შესაბამისი მომავალი ტემპერატურები გრენლანდიაში შედარებადი იქნება 125 ათასი წლის წინ, გამყინვარებათშორის პერიოდის მანქანებელთან, რომლის მიმართაც პალეოკლიმატური ინფორმაციით პოლარული ხმელეთის ყინულის ფართობი უნდა შევიწროვებულყო, ხოლო ზღვის დონე 4-6 მ-ით აწეულიყო {6.4, 10.7}.

- ყინულის დნობასთან დაკავშირებულ დინამიურ პროცესებს, რომლებიც ჩართული არ იყო ამჟამინდელ მოდელებში, მაგრამ გათვალისწინებულია ბოლოდროინდელ დაკვირვებებში, შექმლო გაეზარდა ყინულის ფენის მოწყვლადობა დათბობისადმი, და შედეგად ზღვის დონის აწევა. ამჟამად ამ პროცესების ახსნა გაძნელებულია და არ არსებობს ერთიანი აზრი მათი რაოდენობრივი შეფასების შესახებ {4.6, 10.7}.
- მიმდინარე გლობალური მოდელური კვლევები პროგნოზირებენ, რომ ანტარქტიკის ყინულის ფენა კვლავ მეტისმეტად ცივი დარჩება საიმისოდ, რომ ზედაპირის დნობამ მიიღოს ფართო ხასიათი, და მოსალოდნელია მისი მასის შევსება გაძლიერებული თოვის შედეგად. მაგრამ შესაძლებელია მოხდეს ყინულის სუფთა მასის კარგვა, თუ ყინულის დინამიური დნობა დომინანტური იქნება ყინულის ფენის მასის ბალანსში {10.7}.
- როგორც წარსული, ისე მომავალი CO₂ ემისიები კვლავ შეიტანს წვლილს დათბობასა და ზღვის დონის აწევაში ათასწლეულზე მეტი ხნის განმავლობაში, ატმოსფეროდან ამ გაზის მოშორებისათვის საჭირო დროითი მასშტაბების გამო {7.3, 10.3}.

ემისიის სცენარები კცხს ემისიის სცენარების სპეციალური ანგარიშიდან (ესსა)¹⁷

A1. A1 სიუჟეტი და სცენართა ოჯახი აღწერს მომავალ მსოფლიოს სწრაფი ეკონომიკური ზრდით, მოსახლეობის რაოდენობის პიკით საუკუნის შუა წლებში და შემდგომი კლებით, და ახალი და უფრო ეფექტური ტექნოლოგიების სწრაფი შემოტანით. ძირითადი საკითხებია რეგიონების დაახლოება (კონვერგენცია), ქმედითუნარიანობის (პოტენციალი) შექმნა და ინტენსიური კულტურული და სოციალური ურთიერთკავშირი, ერთ სულ მოსახლეზე შემოსავლის რეგიონთაშორისი განსხვავების არსებით შემცირებასთან ერთად. A1 სცენართა ოჯახი იყოფა სამ ჯგუფად, რაც შეესაბამება ტექნოლოგიური ცვლილების ალტერნატიულ მიმართულებებს ენერჯის სექტორში. A1 ოჯახის სამი ჯგუფი ერთმანეთისაგან განსხვავდება თანაობით ტექნოლოგიური აქცენტებით: წიაღისეულ საწვავზე ორიენტირება (A1FI), არაწიაღისეულ საწვავზე ორიენტირება (A1T), ან ბალანსირება სხვადასხვა წყაროებს შორის (A1B) (რაც გულისხმობს, არ „მიჯაჭვას“ ენერჯის რომელიმე ერთი კონკრეტულ წყაროზე იმ დაშვებით, რომ ენერჯომომარაგების და მოხმარების ყველა ტექნოლოგია განიცდის ერთნაირად სწრაფ გაუმჯობესებას).

A2. A2 სიუჟეტი და სცენართა ოჯახი აღწერს ძლიერ არაერთგვაროვან (ჰეტეროგენულ) მსოფლიოს. ძირითადი საკითხებია თვითუზრუნველყოფა (დამოუკიდებელი ეკონომიკური განვითარება) და ადგილობრივი თვითმყოფადობის დაცვა. ნაყოფიერების სხვადასხვაგვარი ხასიათი რეგიონებს შორის ძალიან ნელა მიისწრაფის დაახლოებისაკენ, რასაც შედეგად მოაქვს მოსახლეობის განუწყვეტელი ზრდა. ეკონომიკური განვითარება არის ძირითადად რეგიონზე ორიენტირებული და ერთ სულზე ეკონომიკური ზრდას და ტექნოლოგიურ ცვლილებებს აქვთ ფრაგმენტული ხასიათი და უფრო ნელია სხვა სიუჟეტებთან შედარებით.

B1. B1 სიუჟეტი და სცენართა ოჯახი აღწერს კონვერგენტულ მსოფლიოს იგივე მსოფლიო მოსახლეობით, რომელიც პიკს აღწევს საუკუნის შუა წლებში და შემდგომ კლებულობს, როგორც ეს ხდება A1 სიუჟეტში, ოღონდ სწრაფი ცვლილებით ეკონომიკურ სტრუქტურაში აქცენტებით მომსახურების და საინფორმაციო სფეროზე, მატერიალური ინტენსივობის შემცირებით და სუფთა და რესურსების დამზოგავი ტექნოლოგიების შემოტანით. ეკონომიკური, სოციალური და გარემოსდაცვითი მდგრადობის პრობლემების გადაჭრაში ხაზგასმა კეთდება გლობალურ დონეზე, რომელიც გულისხმობს თანასწორობის ამადლებას, მაგრამ კლიმატის მიმართ დამატებითი ინიციატივების გარეშე.

B2. B2 სიუჟეტი და სცენართა ოჯახი აღწერს მსოფლიოს, რომელშიც აქცენტი კეთდება ეკონომიკური, სოციალური და გარემოსდაცვითი მდგრადობის პრობლემის ადგილობრივ გადაწყვეტაზე. ეს არის მსოფლიო განუწყვეტელი მზარდი მოსახლეობით, A2-ზე დაბალი ზრდის ტემპით, საშუალო დონის ეკონომიკური განვითარებით, ნაკლებად სწრაფი და უფრო მრავალფეროვანი ტექნოლოგიური ცვლილებით, ვიდრე B1 და A1 სიუჟეტებში. ეს სცენარიც ორიენტირებულია გარემოს დაცვასა და სოციალურ თანასწორობაზე, ოღონდ აქცენტს აკეთებს ადგილობრივ და რეგიონალურ დონეებზე.

სცენართა ექვსივე ჯგუფისათვის არჩეულია თითო საილუსტრაციო სცენარი, რომლებიც ითვლება ერთნაირად ვალიდურად.

¹⁷ ემისიის სცენარები არ არის შეფასებული კცხს I სამუშაო ჯგუფის ამ ანგარიშში. ესა სცენარების რეზიუმე, რომელიც მოცემულია ამ ბლოკში, გადმოტანილია მე-3 შეფასებითი ანგარიშიდან და მანამდე სტრიქონ-სტრიქონ შემოწმებულ და მოწონებულ იქნა საბჭოს მიერ.

ესსა სცენარები არ მოიცავენ დამატებით კლიმატურ ინიციატივებს, რაც იმას ნიშნავს, რომ აქ არ არის ჩართული არც ერთი სცენარი, რომლებიც აკეთებენ დაშვებას გაეროს კლიმატის ცვლილების ჩარჩო-კონვენციის ან კიოტოს ოქმის მიზნების განხორციელებაზე.