



„As a UN body the IPCC publishes reports only in the six official UN languages. This translation of Summary for Policymakers of the IPCC Report „Climate Change 2007 - *The Physical Science Basis; Contribution of Working Group I for the Fourth Assessment Report of Intergovernmental Panel on Climate Change*“ is therefore not an official translation by the IPCC. It has been provided by the *Meteorological and Hydrological Service of Republic of Croatia, IPCC focal Point for Croatia Zvonimir Katušin* with the aim of reflecting in the most accurate way the language used in the original text“

Promjene klime 2007.: Fizička osnova

Sažetak za donositelje politike

Doprinos 1. radne skupine Četvrtom izvješću o procjeni Međuvladinog panela o promjenama klime

Ovaj je Sažetak za donositelje politike službeno odobren na 10. sjednici 1. radne skupine IPCC-a, Pariz, veljača 2007.

Bilješka:

Ovdje navedeni tekst, tablice i izračuni su konačni, no podložni uređivačkim prilagodbama.

Ispravke unesene 5. veljače 2007.

Autori sažetka:

Richard Alley, Terje Berntsen, Nathaniel L. Bindoff, Zhenlin Chen, Amnat Chidthaisong, Pierre Friedlingstein, Jonathan Gregory, Gabriele Hegerl, Martin Heimann, Bruce Hewitson, Brian Hoskins, Fortunat Joos, Jean Jouzel, Vladimir Kattsov, Ulrike Lohmann, Martin Manning, Taroh Matsuno, Mario Molina, Neville Nicholls, Jonathan Overpeck, Dahe Qin, Graciela Raga, Venkatachalam Ramaswamy, Jiawen Ren, Matilde Rusticucci, Susan Solomon, Richard Somerville, Thomas F. Stocker, Peter Stott, Ronald J. Stouffer, Penny Whetton, Richard A. Wood, David Wratt

Autori koji su pridonijeli sažetku:

Julie Arblaster, Guy Brasseur, Jens Hesselbjerg Christensen, Kenneth Denman, David W. Fahey, Piers Forster, Eystein Jansen, Philip D. Jones, Reto Knutti, Herve Le Treut, Peter Lemke, Gerald Meehl, Philip Mote, David Randall, Daithi A. Stone, Kevin E. Trenberth, Jiirgen Willebrand, Francis Zwiers

PRIJEVOD: Andrea Pavelić Čajić; Octopus, Zagreb; LEKTURA: Vesna Arsovski; Octopus, Zagreb

STRUČNA RECENZIJA: Zvonimir Katušin, predstavnik Hrvatske u IPCC-u, Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb

UVOD

Doprinos 1. radne skupine Četvrtom izvješću o procjeni IPCC-a je u uočavanju napretka u razumijevanju ljudskih i prirodnih pokretača promjene klime¹, uočenih promjena klime, klimatskih procesa i njihovog dovođenja u vezu s ostalim činjenicama te u procjeni predviđenih budućih promjena klime. Nastavlja se na prethodne IPCC-ove procjene i unosi nova saznanja stečena tijekom šestogodišnjeg istraživanja. Znanstveni napredak nakon TAR-a zasniva se na velikoj količini novih i sveobuhvatnih podataka, znatno sofisticiranijoj analizi podataka, boljem razumijevanju procesa i njihove simulacije na modelima i opširnijem istraživanju područja neizvjesnosti.

Osnove za temeljne normativne stavke u ovom Sažetku za donositelje politike mogu se naći u dijelovima poglavlja navedenim u vitičastim zagradama.

LJUDSKI I PRIRODNI POKRETAČI PROMJENA KLIME

Promjene u atmosferskoj zasićenosti stakleničkim plinovima i aerosolima, u Sunčevom zračenju i svojstvima površine Zemlje mijenjaju energetske ravnoteže klimatskog sustava. Te su promjene izražene u smislu utjecaja zračenja² (radiative forcing) koje se koristi za uspoređivanje utjecaja niza ljudskih i prirodnih čimbenika na zagrijavanje ili hlađenje globalne klime. Nakon 3. izvješća o procjeni (Third Assessment Report – TAR) nova su promatranja i s njima povezano modeliranje stakleničkih plinova, Sunčeve energije, površinskih svojstava Zemlje i nekih aspekata aerosola doveli do poboljšanja u kvantitativnim procjenama utjecaja zračenja.

Globalna se atmosferska koncentracija ugljičnog dioksida, metana i dušikovog oksida znatno povećala kao rezultat ljudskih aktivnosti od 1750. godine i sada nadaleko premašuje predindustrijske vrijednosti određene iz ledenih jezgri starih više tisuća godina (vidi sliku SPM-1). Globalna povećanja u koncentraciji ugljičnog dioksida prouzročena su prvenstveno promjenom u korištenju fosilnog goriva i korištenju zemljišta, dok su povećanja u koncentraciji metana i dušikovog oksida prouzročena prvenstveno poljoprivredom. {2.3, 6.4, 7.3}

- Ugljični dioksid je najvažniji antropogeni staklenički plin (vidi sliku SPM-2). Od predindustrijskog vremena globalna se atmosferska koncentracija ugljičnog dioksida povećala od 280 ppm na 379 ppm³ u 2005. godini. Atmosferska koncentracija ugljičnog dioksida iz 2005. uvelike premašuje prirodnu granicu u posljednjih 650.000 godina (180 do 300 ppm) koja je određena iz ledenih jezgri. Premda postoje razlike u stopama rasta od godine do godine, godišnji je porast koncentracije ugljičnog dioksida bio veći u posljednjih deset godina (prosječno 1995. – 2005.: 1.9 ppm godišnje) nego što je to bio od početka kontinuiranih atmosferskih mjerenja (prosječno 1960. – 2005.: 1.4 ppm godišnje). {2.3, 7.3}
- Osim korištenja fosilnog goriva kao primarnog izvora povećane atmosferske koncentracije ugljičnog dioksida od predindustrijskog razdoblja, promjene u korištenju zemljišta predstavljaju značajan, no ipak manji izvor ugljičnog dioksida. Godišnje emisije fosilnog ugljičnog dioksida⁴ povećale su se sa prosječno 6.4 [6.0 do 6.8]⁵ GtC (23.5 [22.0 do 25.0] GtCO₂) godišnje tijekom 1990-ih na 7.2 [6.9 do 7.5] GtC

¹ *Promjena klime* u IPCC uporabi odnosi se na bilo kakve promjene u klimi tijekom vremena, bilo na promjene u prirodi ili promjene koje su rezultat ljudskih aktivnosti. Ta se uporaba razlikuje od one navedene u Okvirnoj konvenciji o promjeni klime (Framework Convention on Climate Change), u kojoj se promjena klime odnosi na promjenu u klimi koja se izravno ili neizravno pripisuje ljudskoj aktivnosti koja mijenja sastav globalne atmosfere i koja se može, osim kao promjene u prirodi, primijetiti tijekom usporedivih vremenskih razdoblja.

² *Utjecaj zračenja* je mjera utjecaja koji neki čimbenik ima na mijenjanje ravnoteže ulaznih i izlaznih energija (incoming and outgoing energies) u Zemljinom atmosferskom sustavu i oznaka je važnosti koju taj čimbenik ima kao potencijalni mehanizam u promjeni klime. Pozitivnim utjecajem dolazi do grijanja površine, dok se kod negativnog utjecaja površina hladi. U ovom su izvješću navedene vrijednosti utjecaja za 2005. u odnosu na predindustrijske uvjete 1750. godine, a izražene su u vatima po četvornom metru (Wm²). Vidi Pojmovnik i Dio 2.2 za daljnje detalje.

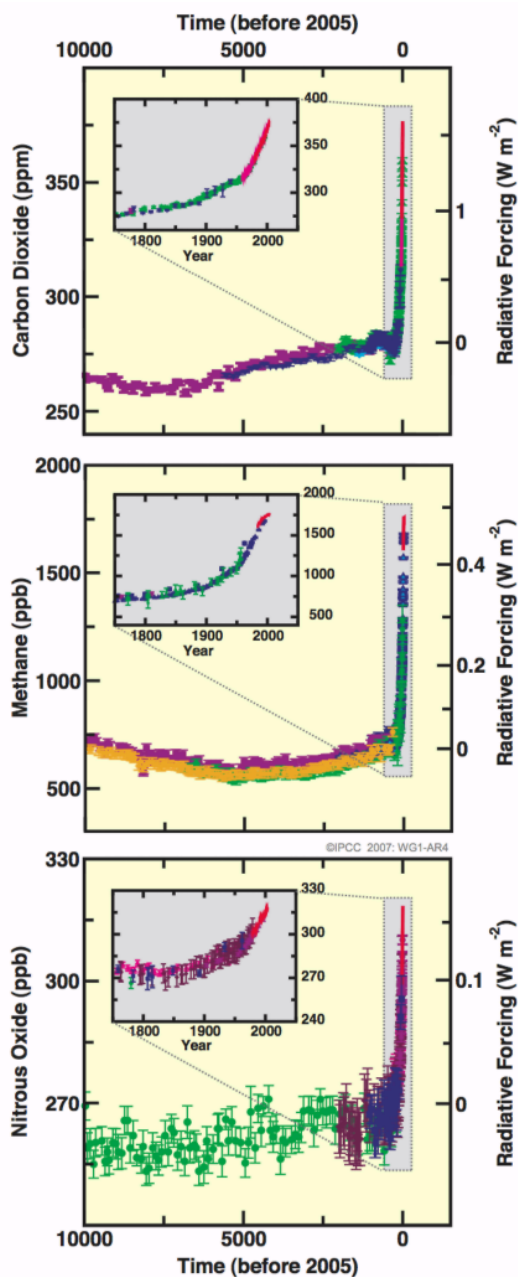
³ *ppm* (parts per million – dijelova na milijun) ili *ppb* (parts per billion – dijelova na milijardu) je odnos broja molekula stakleničkog plina prema ukupnom broju molekula suhog zraka. Na primjer: 300 ppm znači 300 molekula stakleničkog plina na milijun molekula suhog zraka.

⁴ *Emisije fosilnog ugljičnog dioksida* uključuju emisije koje su rezultat proizvodnje, distribucije i potrošnje fosilnih goriva, kao i one koje su nusproizvod proizvodnje cementa. Emisija od 1 GtC odgovara 3.67 GtCO₂.

⁵ Općenito govoreći, područja neizvjesnosti za rezultate iznesene u ovom Sažetku za donositelje politike su 90 % tni intervali neizvjesnosti ako nije drugačije iskazano, tj. postoji 5%-tna procijenjena vjerojatnost da vrijednosti mogu biti iznad raspona navedenog u uglatim zagradama i 5%-tna vjerojatnost da vrijednosti mogu biti ispod tog raspona. Gdje je to bilo moguće, izražene su najbolje procjene. Procijenjena područja neizvjesnosti nisu uvijek simetrična u odnosu na odgovarajuću najbolju procjenu. Treba primijetiti da je određeni broj područja neizvjesnosti u 1. radnoj skupini TAR-a odgovarao 2-sigma (95%), često koristeći stručnu procjenu.

(26.4 [25.3 do 27.5] GtCO₂) godišnje tijekom 2000.-2005. (podaci za 2004. i 2005. su privremene procjene). Emisije ugljičnog dioksida koje se povezuju s promjenama u korištenju zemljišta procjenjuju se na 1.6 [0.5 do 2.7] GtC (5.9 [1.8 do 9.9] GtCO₂) godišnje tijekom 1990-ih, no te su procjene prilično nepouzdana. {7.3}

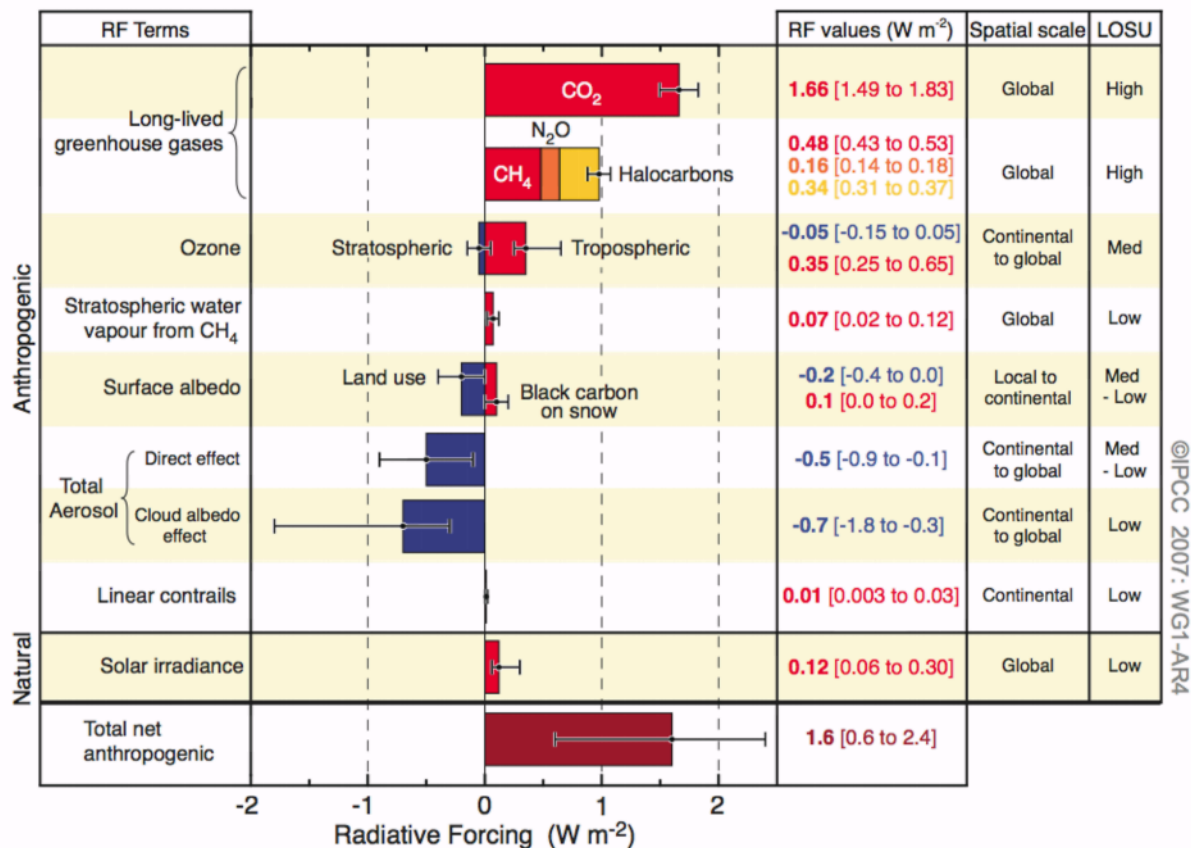
Promjene stakleničkih plinova procijenjene na temelju podataka dobivenih iz ledene jezgre i atmosferskih uzoraka



Slika SPM-1. Atmosferske koncentracije ugljičnog dioksida, metana i dušikovog oksida tijekom posljednjih 10.000 godina (veći prikazi) i nakon 1750. godine (manji prikazi). Prikazana su mjerenja uzoraka dobivenih iz ledenih jezgri (simboli različitih boja za različite studije) i iz atmosferskih uzoraka (crvene linije). Odgovarajući utjecaji zračenja prikazani su uzduž desne osi na velikim prikazima {Slika 6.4}

- Od predindustrijskog razdoblja globalna se atmosferska koncentracija metana povećala sa 715 ppb na 1732 ppb početkom 1990-ih, a 2005. godine je bila 1774 ppb. Atmosferska koncentracija metana 2005. godine uvelike premašuje prirodnu granicu posljednjih 650.000 godina (320 do 790 ppb) koja je utvrđena iz ledenih jezgri. Brzina rasta smanjila se ranih 1990-ih sukladno ukupnim emisijama (zbroju antropogenih i prirodnih izvora), i ostala gotovo nepromijenjena tijekom tog razdoblja. *Vrlo je vjerojatno*⁶ da je opažen i porast koncentracije metana rezultat antropogenih aktivnosti, posebice poljoprivrede i korištenja fosilnih goriva, no odgovarajući doprinosi iz različitih tipova izvora nisu dobro utvrđeni. {2.3, 7.4}
- Od predindustrijskog razdoblja globalna atmosferska koncentracija dušikovog oksida povećala se sa 270 ppb na 319 ppb 2005. godine. Brzina rasta je otprilike nepromijenjena od 1980. godine. Više od trećine emisija dušikovog oksida su antropogene i prvenstveno su rezultat poljoprivrede. {2.3, 7.4}

Komponente utjecaja zračenja



Slika SPM-2. Procjene globalno uprosječenog utjecaja zračenja (radiative forcing – RF) i raspon antropogenih ugljičnog dioksida (CO₂), metana (CH₄), dušikovog oksida (N₂O) i ostalih važnih faktora i mehanizama u 2005. godini, zajedno s tipičnom geografskom rasprostranjenosti (prostorna skala) utjecaja zračenja i procijenjenom razinom znanstvenog razumijevanja (level of scientific understanding – LOSU). Prikazani su i neto antropogeni utjecaj zračenja te njegov raspon. Oni zahtijevaju sažimanje procjena asimetričnih neizvjesnosti iz sastavnih dijelova i ne mogu se dobiti jednostavnim zbrajanjem. Smatra se da dodatni elementi utjecaja koji ovdje nisu navedeni imaju vrlo nizak LOSU. Vulkanski aerosoli predstavljaju dodatne prirodne utjecaje, no ovdje nisu uključeni zbog njihovog povremenog pojavljivanja. Raspon za linearni kondenzacijski trag (contrail) ne uključuje ostale moguće učinke avijacije na oblačnost. {2.9, Slika 2.20}

⁶ U ovom Sažetku za donositelje politike koriste se sljedeći izrazi kako bi se uz stručnu procjenu procijenila vjerojatnost ishoda ili rezultata: *gotovo sigurna* > 99% vjerojatnost pojave, *izuzetno vjerojatno* > 95%, *vrlo vjerojatno* > 90%, *vjerojatno* > 66%, *najvjerojatnije* > 50%, *malo vjerojatno* < 33%, *vrlo malo vjerojatno* < 10%, *gotovo nemoguće* < 5%. (vidi okvir TS 1.1 za daljnje detalje).

Razumijevanje antropogenih utjecaja zagrijavanja i hlađenja na klimu poboljšalo se od Trećeg izvješća o procjeni (TAR), te se s velikom sigurnošću⁷ može tvrditi da je globalni prosječni neto učinak ljudskih aktivnosti od 1750. godine do sada bio učinak zagrijavanja, s utjecajem zračenja od +1.6 [+0.6 to +2.4] W m⁻². (vidi sliku SPM-2). {2.3, 6.5, 2.9}

- Zbog povećanja ugljičnog dioksida, metana i dušikovog oksida kombinirani utjecaj zračenja je +2.30 [+2.07 to +2.53] W m⁻² i njegova je stopa rasta tijekom industrijskog razdoblja *vrlo vjerojatno* bila bez presedana u više od 10.000 godina (vidi slike SPM-1 i SPM-2). Utjecaj zračenja ugljičnog dioksida povećao se za 20% između 1995. i 2005., što je najveća promjena u jednom desetljeću u posljednjih najmanje 200 godina. {2.3, 6.4}
- Antropogeni doprinosi aerosolima (prvenstveno sulfati, organski ugljik, ugljena prašina (black carbon), nitrati i prašina) zajedno izazivaju učinak hlađenja s ukupnim utjecajem zračenja od -0.5 [-0.9 do -0.1] W m⁻² i neizravnim utjecajem albeda oblaka (cloud albedo forcing) od -0.7 [-1.8 do -0.3] W m⁻². Te utjecaje danas razumijemo bolje nego u vrijeme TAR-a zbog poboljšanih *in situ*, satelitskih i prizemnih mjerenja te sveobuhvatnog modeliranja, ali je neodređenost utjecaja zračenja još uvijek velika. Aerosoli utječu i na vrijeme života oblaka i oborina. {2.4, 2.9, 7.5}
- Značajni antropogeni doprinosi utjecaju zračenja dolaze i iz nekoliko drugih izvora. Promjene ozona u troposferi, izazvane emisijama kemikalija koje tvore ozon (dušikovi oksidi, ugljikov monoksid i ugljikovodici), proizvode +0.35 [+0.25 do +0.65] W m⁻². Neposredni utjecaj zračenja uslijed promjena u halokarbonima⁸ je +0.34 [+0.31 to +0.37] W m⁻². Promjene u površinskom albedu (surface albedo), uzrokovane promjenama u Zemljinom pokrovu i taloženjem ugljene prašine (black carbon) na snijegu, vrše utjecaje od -0.2 [-0.4 do 0.0], odnosno +0.1 [0.0 do +0.2] W m⁻². Dodatni uvjeti (terms) manji od +0.1 W m⁻² prikazani su na slici SPM-2. {2.3, 2.5, 7.2}
- Procjenjuje se da promjene u Sunčevom zračenju nakon 1750. godine uzrokuju utjecaj zračenja od +0.12 [+0.06 do +0.30] W m⁻², što je manje od polovine procjene navedene u TAR-u. {2.7}

NEPOSREDNA OPAŽANJA NEDAVNIH PROMJENA KLIME

Nakon TAR-a napredak u razumijevanju klimatskih promjena u prostoru i vremenu postigao se poboljšanjem i proširenjem brojnih skupova podataka (datasets) i njihovom analizom, širom geografskom pokrivenošću, boljim razumijevanjem neizvjesnosti, te većom raznolikošću mjerenja. Od 1960. moguće je obavljati sveobuhvatnija promatranja glečera i snježnog pokrova, dok je za razinu mora i ledene plohe isto moguće posljednjih desetak godina. Podaci za neke regije, međutim, i dalje su ograničeni.

Zagrijavanje klimatskog sustava je nedvojbeno, što je sada vidljivo iz motrenja rasta globalnih prosječnih temperatura zraka i oceana, sve obimnijeg otapanja snijega i leda te globalnog prosječnog rasta razine mora (vidi sliku SPM-3). {3.2, 4.2, 5.5}

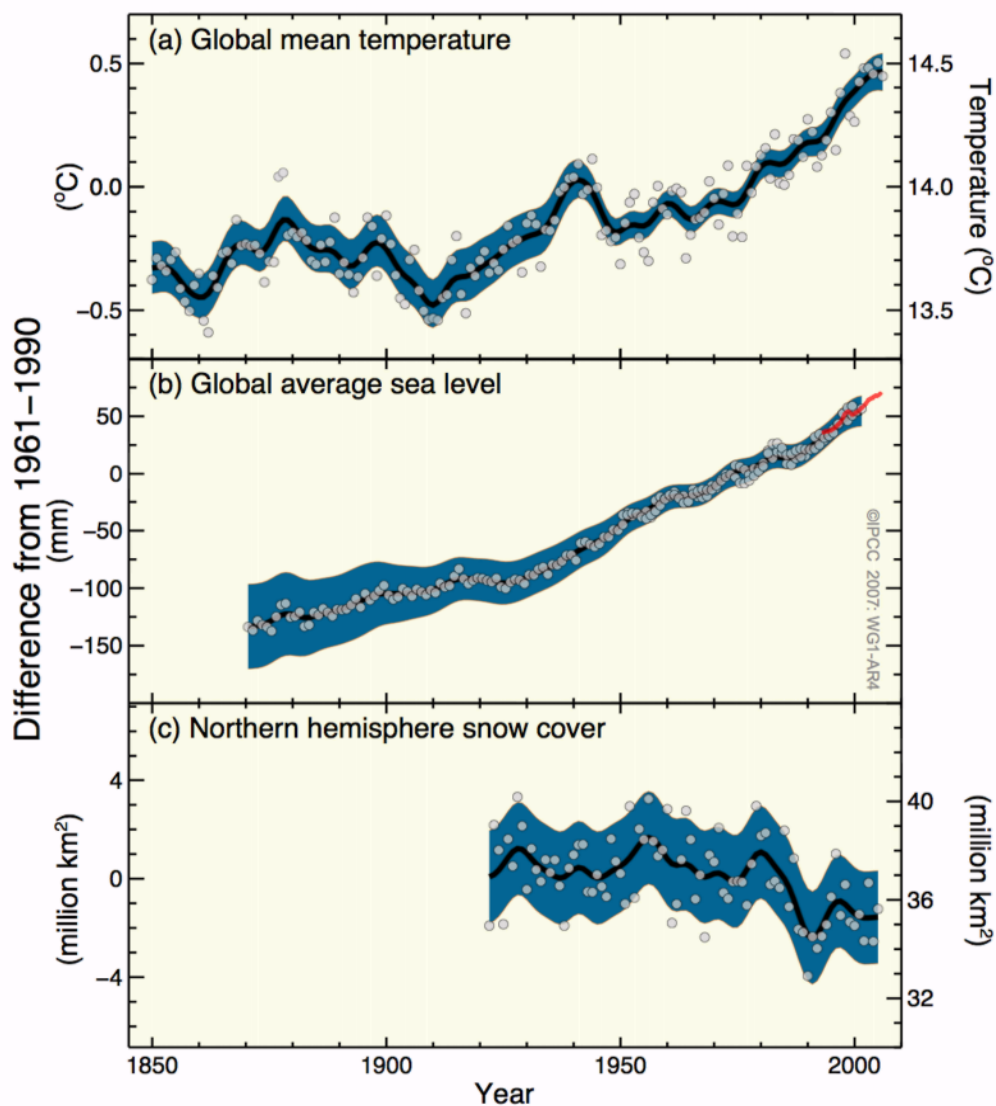
- Jedanaest od posljednjih dvanaest godina (1995. - 2006.) ubraja se među 12 najtoplijih godina od kada se instrumentalno mjeri globalna prizemna temperatura⁹ (od 1850.). Ažurirani stogodišnji linearni trend (1906. - 2005.) od 0.74 [0.56 do 0.92]°C je stoga veći od odgovarajućeg trenda za 1901. - 2000. od 0.6 [0.4 do 0.8]°C prikazanog u TAR-u. Linearni trend zatopljenja tijekom posljednjih 50 godina (0.13 [0.10 do 0.16]°C po desetljeću) je gotovo dvostruko veći od onog za posljednjih 100 godina. Ukupno zatopljenje od 1850. - 1899. do 2001. - 2005. je 0.76 [0.57 do 0.95]°C. Učinci gradskih toplinskih otoka su stvarni, premda lokalni i imaju zanemariv utjecaj (manje od 0.006°C po desetljeću na kopnu i ništa na oceanima) na te vrijednosti. {3.2}

⁷ U ovom Sažetku za donositelje politike koriste se sljedeći stupnjevi sigurnosti za izražavanje stručne procjene o ispravnosti temeljne znanosti (underlying science): *vrlo velika sigurnost* – mogućnost da je 9 od 10 ispravno; *velika sigurnost* – mogućnost da je 8 od 10 ispravno. (vidi Okvir TS.1.1)

⁸ Halokarbonski utjecaj zračenja nedavno je detaljno procijenjen u Posebnom izvješću o očuvanju ozonskog omotača i globalnog klimatskog sustava IPCC-a (2005.).

⁹ Prosjek temperature zraka mjerene malo iznad površine zemlje i temperatura površine mora.

Promjene temperature, razine mora i snježnog pokrova na sjevernoj hemisferi



Slika SPM-3. Opažene promjene u (a) globalno prosječnoj prizemnoj temperaturi; (b) globalno prosječnom dizanju razine mora na temelju podataka dobivenih pomoću mareografa (plavo) i sa satelita (crveno), i (c) snježni pokrov na sjevernoj hemisferi od ožujka do travnja. Sve su promjene navedene u odnosu na odgovarajuće prosjeke za razdoblje 1961.-1990. godine. Glatke krivulje prikazuju dekadске prosječne vrijednosti dok kružići prikazuju godišnje vrijednosti. Zasjenjena područja su intervali neizvjesnosti dobiveni iz sveobuhvatne analize poznatih neizvjesnosti (a i b) i iz vremenskih nizova (c). {FAQ 3.1, Slika 1, Slika 4.2 i Slika 5.13}

- Nove analize mjerenja nižih i srednjih troposferskih temperatura pomoću balona i satelita pokazuju stope zagrijavanja slične onima prizemnih temperatura i nepromjenjive su unutar svojih neizvjesnosti, uglavnom izravnavajući nepravilnosti primijećene u TAR-u. {3.2, 3.4}

- Prosječni atmosferski sadržaj vodene pare od 1980-ih se povećao iznad kopna i oceana te u gornjoj troposferi. Povećanje je većinom u skladu s viškom vodene pare koju topliji zrak može zadržati. {3.4}
- Opažanja od 1961. do sada pokazuju da se prosječna temperatura oceana povećala do dubine od najmanje 3000 m i da oceani upijaju više od 80% topline dodane klimatskom sustavu. Takvo zagrijavanje uzrokuje širenje mora, pridonoseći dizanju njegove razine (Tablica SPM-1). {5.2, 5.5}

Tablica SPM-1. Opažena stopa rasta razine mora i procijenjeni doprinosi iz različitih izvora. {5.5, Tablica 5.3}

Izvori dizanja razine mora	Stopa rasta razine mora (m per century)	
	1961. – 2003.	1993. – 2003.
Toplinska ekspanzija	0.042 ± 0.012	0.16 ± 0.05
Glečeri i ledene kape	0.050 ± 0.018	0.077 ± 0.022
Ledene plohe na Grenlandu	0.05 ± 0.12	0.21 ± 0.07
Ledene plohe na Antarktici	0.14 ± 0.41	0.21 ± 0.35
Zbroj pojedinačnih klimatskih doprinosa dizanju razine mora	0.11 ± 0.05	0.28 ± 0.07
Opaženo sveukupno dizanje razine mora	0.18 ± 0.05 ^a	0.31 ± 0.07 ^a
Razlika (Opaženo minus zbroj procijenjenih klimatskih doprinosa)	0.07 ± 0.07	0.03 ± 0.10

Bilješka:

^a Podaci prije 1993. dobiveni su mareografom, a nakon 1993. satelitskom altimetrijom.

- Planinski glečeri i snježni pokrov u prosjeku su se smanjili na objema hemisferama. Jako rasprostranjena smanjenja glečera i ledenih kapa pridonijela su dizanju razine mora (doprinosi ledenih kapa ne uključuju doprinose ledenih ploha na Grenlandu i Antarktici) (vidi Tablicu SPM-1) {4.6, 4.7, 4.8, 5.5}
- Novi podaci dobiveni nakon TAR-a pokazuju da su gubici s ledenih ploha (ice sheets) na Grenlandu i Antarktici uvelike pridonijeli dizanju razine mora od 1993. do 2003. (Tablica SPM-1). Povećala se brzina kretanja nekih otkinutih ledenjaka (outlet glaciers) na Grenlandu i Antarktici koji crpe led iz unutrašnjosti ledenih ploha. Nakon stanjenja, smanjenja ili gubitka ledenih polica (ice shelves) ili plutajućih ledenjačkih izbočina (floating glacier tongues) došlo je do pripadajućeg povećanog gubitka mase ledene plohe. Takvim se dinamičnim gubitkom leda može objasniti većina gubitka neto mase Antarktike i otprilike polovina gubitka neto mase Grenlanda. Preostali dio gubitka leda na Grenlandu dogodio se zbog toga što su gubici prouzročeni otapanjem premašili akumulaciju snježnih oborina. {4.6, 4.8, 5.5}
- Prosječna globalna razina mora podizala se stopom od 1.8 [1.3 do 2.3] mm godišnje tijekom razdoblja od 1961. do 2003. godine. Stopa je bila veća između 1993. i 2003. - oko 3.1 [2.4 do 3.8] mm godišnje. Nije jasno odražava li brža stopa između 1993 i 2003. desetogodišnju promjenu ili dugogodišnju tendenciju povećanja. S velikom sigurnošću može se tvrditi da se stopa opaženog dizanja razine mora povećala između 19. i 20. stoljeća. Ukupno dizanje razine mora procjenjuje se na 0.17 [0.12 do 0.22] m tijekom 20. stoljeća. {5.5}
- Za razdoblje od 1993. do 2003. zbroj klimatskih doprinosa slaže se unutar neizvjesnosti s ukupnim dizanjem razine mora koja se neposredno motri (vidi Tablicu SPM-1). Te se procjene zasnivaju na dostupnim poboljšanim podacima dobivenim sa satelita i *in situ*. Procjenjuje se da je za razdoblje od 1961. do 2003. zbroj klimatskih doprinosa manji od opaženog dizanja razine mora. U TAR-u je navedena slična nepodudarnost za razdoblje od 1910. do 1990. godine. {5.5}

Opažene su brojne promjene klime na razini kontinentalnih, regionalnih i oceanskih bazena. One uključuju promjene leda i temperatura na Arktiku, jako rasprostranjene promjene u količinama oborina, poljima vjetrova i aspektima ekstremnih vremenskih prilika uključujući suše, jake oborine, toplinske valove i intenzitet tropskih ciklona¹⁰. {3.2, 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 5.2}

- U posljednjih 100 godina prosječne arktičke temperature povećale su se gotovo dvostruko od prosječne globalne stope. Arktičke temperature dosta variraju od desetljeća do desetljeća, te je primijećeno toplo razdoblje između 1925. i 1945. godine. {3.2}
- Satelitski podaci od 1978. do sada pokazuju da se prosječni arktički pojas zaleđenog mora smanjivao za 2.7 [2.1 do 3.3]% po desetljeću, s većim smanjenjima od 7.4 [5.0 to 9.8]% po desetljeću tijekom ljeta. Te su vrijednosti u skladu s onima navedenim u TAR-u. {4.4}
- Od 1980. godine temperature na vrhu permafrost područja uglavnom su se povećale na Arktiku (za najviše 3°C). Od 1900. godine maksimalno područje sezonski smrznutog tla smanjilo se za otprilike 7% na sjevernoj hemisferi, sa smanjenjima do čak 15% u proljeće. {4.7}
- U mnogim su regijama¹¹ u razdoblju od 1900. do 2005. opaženi dugoročni trendovi u količini oborina. U istočnim krajevima Sjeverne i Južne Amerike, u sjevernoj Europi te sjevernoj i centralnoj Aziji opažene su znatno veće količine oborina. Isušivanje je primijećeno u Sahelu, na Mediteranu, u južnoj Africi i u dijelovima južne Azije. Količine oborina su vrlo raznolike s obzirom na područje i vrijeme, te su podaci u nekim regijama ograničeni. Dugoročni trendovi nisu primijećeni u ostalim procjenjivanim velikim regijama {3.3, 3.9}
- Do promjena u količini oborina i isparavanja iznad oceana došlo je zbog hlađenja voda na srednjim i visokim geografskim širinama kao i povećanog saliniteta voda na niskim geografskim širinama. {5.2}
- Od 1960-ih zapadni su vjetrovi na srednjim geografskim širinama dobili na jakosti na obje hemisfere. {3.5}
- Od 1970-ih primjećuju se intenzivnije i duže suše na većim područjima, posebice u tropskom i subtropskom pojasu. Do promjena u sušama došlo je zbog povećanog isušivanja povezanog s višim temperaturama i smanjenom količinom oborina. Promjene u temperaturi morske površine, poljima vjetrova, smanjenom nataloženom snijegu i snježnom pokrovu također su povezane sa sušama. {3.3}
- U skladu sa zatopljenjem i opaženim povećanjem atmosferske vodene pare povećala se i učestalost jakih oborina u većini kopnenih krajeva. {3.8, 3.9}
- Posljednjih 50 godina opažaju se jako rasprostranjene promjene u ekstremnim temperaturama. Hladni dani, hladne noći i mraz postaju sve rjeđi, dok topli dani, tople noći i toplinski valovi postaju sve češći (vidi Tablicu SPM-2). {3.8}
- Na temelju promatranja postoje dokazi o povećanoj aktivnosti jakih tropskih ciklona od otprilike 1970. godine. Aktivnost jakih tropskih ciklona u vezi je s povećanjem temperature morske površine u tropima. Postoje također nagovještaji povećane aktivnosti jakih tropskih ciklona u nekim drugim područjima gdje je kvaliteta podataka upitnija. Višedesetljetna promjenjivost i kvaliteta zapisa o tropskim ciklonima prije uvođenja rutinskih satelitskih promatranja otprilike 1970. godine otežavaju otkrivanje dugoročnih trendova u aktivnosti tropskih ciklona. Ne postoji jasan trend koji se može razabrati iz godišnjih podataka o tropskim ciklonima. {3.8}

¹⁰ Tropski cikloni uključuju uragane i tajfune.

¹¹ Procijenjene regije su one koje se navode u regionalnim projekcijama Poglavlja TAR-a i u Poglavlju 11 ovog Izvješća.

Tablica SPM-2. Nedavni trendovi, procjena ljudskog utjecaja na trendove, i projekcije za ekstremne vremenske prilike za koje postoji opaženi trend u kasnom 20. stoljeću. {Tablice 3.7, 3.8, 9.4, Odjeljci 3.8, 5.5, 9.7, 11.2-11.9}

Pojava ^a i smjer trenda	Vjerojatnost da se trend pojavio u kasnom 20-om stoljeću (posebno nakon 1960.)	Vjerojatnost da je ljudska aktivnost doprinijela opaženom trendu ^b	Vjerojatnost budućih trendova zasnovana na projekcijama za 21. stoljeće na osnovi SRES scenarija
Toplije je i sve je manje hladnih dana i noći na većem dijelu kopnenog područja	<i>Vrlo vjerojatno^c</i>	<i>Vjerojatno^e</i>	<i>Gotovo sigurno^e</i>
Topliji i češći topli dani i noći na većem dijelu kopnenog područja	<i>Vrlo vjerojatno^d</i>	<i>Vjerojatno (noći)^e</i>	<i>Gotovo sigurno^e</i>
Topla razdoblja / toplinski valovi. Povećana učestalost na većem dijelu kopnenog područja	<i>Vjerojatno</i>	<i>Najvjerojatnije^f</i>	<i>Vrlo vjerojatno</i>
Slučajevi obilnih oborina. Učestalost (ili udio ukupnih količina kiše proizašlih iz jakih oborina) povećava se na većini područja	<i>Vjerojatno</i>	<i>Najvjerojatnije</i>	<i>Vrlo vjerojatno</i>
Širenje područja pogodnih sušama	<i>Vjerojatno</i> u brojnim regijama nakon 1970-ih	<i>Najvjerojatnije</i>	<i>Vjerojatno</i>
Povećanje aktivnosti jakih tropskih ciklona	<i>Vjerojatno</i> u nekim regijama nakon 1970-ih	<i>Najvjerojatnije</i>	<i>Vjerojatno</i>
Povećana mogućnost nastajanja izuzetno visoke razine mora (tsunamijski nisu uključeni) ^g	<i>Vjerojatno</i>	<i>Najvjerojatnije^{f,h}</i>	<i>Vjerojatnoⁱ</i>

Bilješke:

- Vidi Tablicu 3.7 za daljnje detalje u vezi definicija.
- Vidi Tablicu TS-4, Okvir TS.3.4 i Tablicu 9.4.
- Smanjena učestalost hladnih dana i noći (najhladnije 10%)
- Povećana učestalost toplih dana i noći (najtoplije 10%)
- Zagrijavanje najekstremnijih dana i noći svake godine
- Opseg antropogenih doprinosa nije procijenjen. Dovodjenje u vezu s ostalim činjenicama za ove pojave zasniva se na stručnom mišljenju više nego na formalnim studijama dovodjenja u vezu s ostalim činjenicama.
- Izuzetno visoka razina mora ovisi o prosječnoj razini mora i regionalnom vremenskom sustavu. Ovdje se definira kao najvećih 1 % vrijednosti promatrane razine mora na nekoj postaji unutar sat vremena tijekom određenog vremenskog razdoblja.
- Promjene u promatranim izuzetno visokim razinama mora dolaze odmah nakon promjena u prosječnoj razini mora {5.5. 2.6}. *Vrlo je vjerojatno* da su antropogene aktivnosti doprinijele porastu prosječne razine mora. {9.5.2}
- U svim scenarijima, predviđena prosječna globalna razina mora u 2100. je viša nego tijekom referentnog razdoblja. {10.6}. Nije procijenjen utjecaj promjena u regionalnim vremenskim sustavima na ekstremne razine mora.

Nisu opažene promjene u nekim aspektima klime. {3.2, 3.8, 4.4, 5.3}

- Smanjenje dnevnih amplituda temperatura navedeno je u TAR-u, no tada dostupni podaci pokrivali su razdoblje od 1950. do 1993. godine. Ažurirana promatranja otkrivaju da se DTR nije mijenjao između 1979. i 2004. s obzirom na to da su se i dnevne i noćne temperature otprilike podjednako povećale. Trendovi se u velikoj mjeri razlikuju s obzirom na regiju. {3.2}
- Područje morskog leda na Antarktici i dalje pokazuje promjenjivost od godine do godine te lokalne promjene, ali ne i statistički vrijedne prosječne trendove koji bi bili u skladu s nedostatkom zatopljenja koje se očituje u prosjeku atmosferskih temperatura u regiji. {3.2, 4.4}

- Nedostaje dokaza za utvrđivanje postojanja trendova u meridionalnim promjenama cirkulacije globalnog oceana ili u pojavama na manjim skalama kao što su tornado, tuča, sijevanje i prašinske ili pješčane oluje. {3.8, 5.3}

PALEOKLIMATSKA PERSPEKTIVA

Paleoklimatske studije koriste promjene kod klimatski osjetljivih pokazatelja za ukazivanje na promjene globalne klime u razdobljima od 10 godina do više milijuna godina. Lokalna temperatura i drugi faktori kao što su količina oborina mogu utjecati na takve indirektno (proxy) podatke (npr. širina godova), te su oni često pokazatelji određenog godišnjeg doba više nego cijelih godina. Studije nakon TAR-a upotpunjene su dodatnim podacima i pokazuju dosljedno ponašanje višestrukih pokazatelja u različitim dijelovima svijeta. Neizvjesnost se, međutim, uglavnom povećava što se dalje ide u prošlost zbog sve ograničenije prostorne pokrivenosti.

Paleoklimatski podaci podupiru tumačenje da je toplina posljednje polovine stoljeća neuobičajena s obzirom na prošlih najmanje 1300 godina. Posljednji put kada su polarna područja tijekom dužeg razdoblja bila znatnije toplija nego što su sada (prije otprilike 125.000 godina), smanjenje količine polarnog leda dovelo je do dizanja razine mora za 4 do 6 metara. {6.4, 6.6}

- Prosječne temperature na sjevernoj hemisferi tijekom druge polovine 20. stoljeća bile su *vrlo vjerojatno* više nego tijekom bilo kojeg drugog 50-godišnjeg razdoblja u posljednjih 500 godina i *vjerojatno* su bile najviše u posljednjih 1300 ili čak više godina. Neke nedavne studije pokazuju veću promjenjivost temperatura na sjevernoj hemisferi nego što je to navedeno u TAR-u, osobito studije koje upućuju na postojanje hladnih razdoblja između 12. i 14. stoljeća, te u 17. i 19. stoljeću. Postojanje toplijih razdoblja prije 20. stoljeća unutar je područja neizvjesnosti navedene u TAR-u. {6.6}
- Prosječna globalna razina mora u zadnjem interglacijalnom razdoblju (otprilike 125.000 godina) *vrlo je vjerojatno* bila 4 do 6 metara viša nego tijekom 20. stoljeća, uzrokovana uglavnom povlačenjem polarnog leda. Podaci iz ledene jezgre (ice core data) pokazuju da su prosječne polarne temperature bile 3 to 5°C više nego sada, uzrokovane razlikama u zemljinoj orbiti. Ledena ploha Grenlanda i arktička ledena polja *vjerojatno* nisu pridonijela opaženom rastu razine mora više od 4 metra. Moguće je da je tome pridonio i Antarktik. {6.4}

RAZUMIJEVANJE I DOVOĐENJE U VEZU S OSTALIM ČINJENICAMA O PROMJENI KLIME

Ova Procjena razmatra duže i poboljšane zapise, prošireni opseg promatranja i poboljšanja u simulaciji mnogih aspekata klime i njezinih promjena zasnovanih na studijama napravljenim nakon TAR-a. Ona razmatra i rezultate novih studija dovođenja u vezu s ostalim činjenicama kojima se ocjenjivalo jesu li promjene kvantitativno u skladu s očekivanim reakcijama na vanjske utjecaje, a u neskladu s drugim fizički vjerojatnim objašnjenjima.

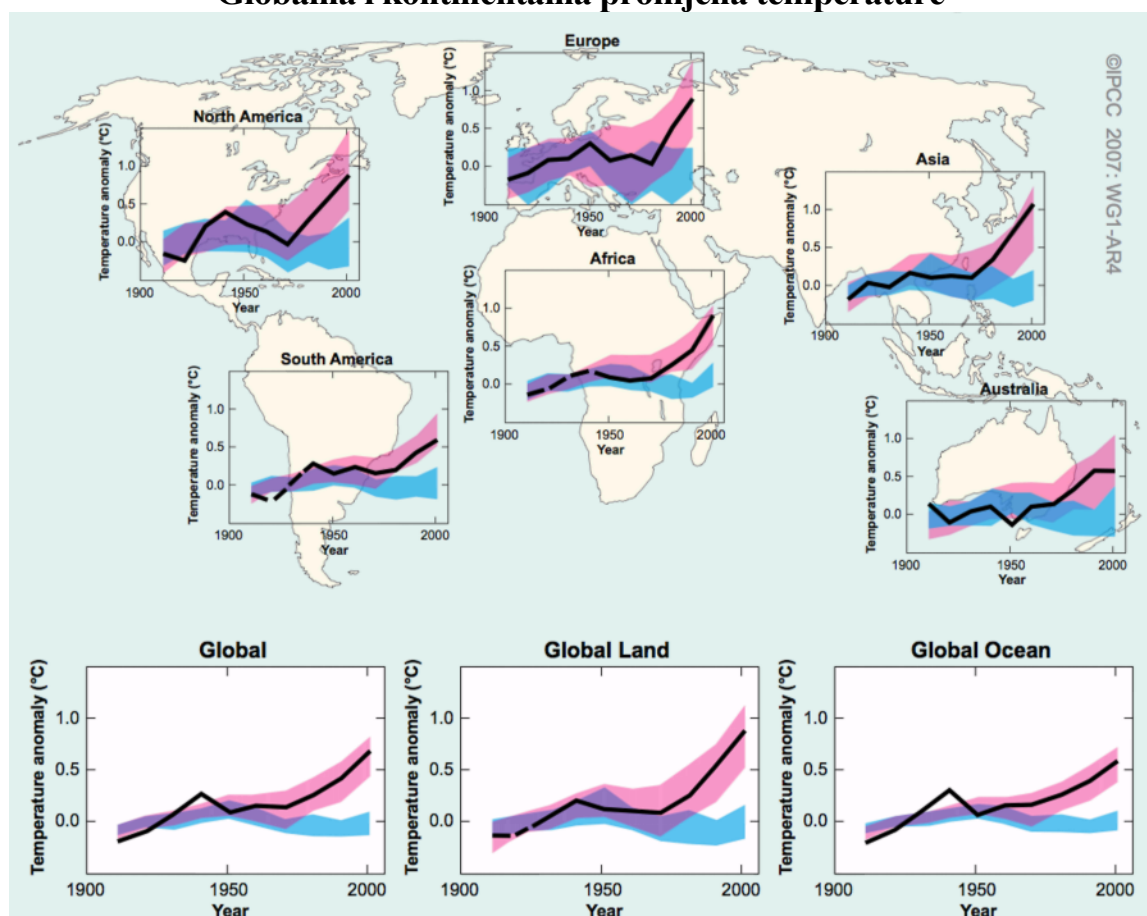
Veći dio promatranih povećanja globalno prosječnih temperatura od sredine 20. stoljeća do sada *vrlo su vjerojatno* uzrokovana opaženim povećanjem koncentracija antropogenih stakleničkih plinova¹². To predstavlja napredak od vremena zaključaka TAR-a da je „većina opaženog zatopljenja tijekom zadnjih 50 godina *vjerojatno* uzrokovana povećanjem koncentracije stakleničkih plinova“. Zamjetni ljudski utjecaji sada se proširuju i na druge aspekte klime uključujući zagrijavanje oceana, prosječne temperature na kontinentima, temperaturne ekstreme i polja vjetrova (vidi Sliku SPM-4 i Tablicu SPM-1). {9.4, 9.5}

- Povećanje koncentracija stakleničkih plinova *vjerojatno* bi samo, bez uzimanja u obzir drugih utjecaja, prouzročilo jače zatopljenje nego što je opaženo zato što su vulkanski i antropogeni aerosoli djelomično ublažili zatopljenje koje bi se inače dogodilo. {2.9, 7.5, 9.4}
- Opaženo jako rasprostranjeno zagrijavanje atmosfere i oceana i gubitak ledene mase podupiru zaključak da je *gotovo nemoguće* objasniti globalnu promjenu klime u posljednjih 50 godina a da se ne uzmu u obzir vanjski utjecaji, pa je *vrlo vjerojatno* da ona nije rezultat isključivo prirodnih uzroka. {4.8, 5.2, 9.4, 9.5, 9.7}

¹² Razmatranje preostalih neizvjesnosti zasniva se na trenutnim metodologijama.

- Zagrijavanje klimatskog sustava uočeno je u promjenama prizemnih i atmosferskih temperatura, u temperaturama gornjih nekoliko stotina metara oceana i doprinosima podizanju razine mora. Studije dovođenja u vezu s ostalim činjenicama potvrdile su antropogeni doprinos svim navedenim promjenama. Opaženo zagrijavanje troposfere i hlađenje stratosfere je *vrlo vjerojatno* uzrokovano kombiniranim utjecajem povećanja stakleničkih plinova i razgradnjom ozona u stratosferi (stratospheric ozone depletion) {3.2, 3.4, 9.4, 9.5}
- *Vjerojatno* je došlo do značajnog antropogenog zagrijavanja u posljednjih 50 godina iznad svakog kontinenta izuzev Antarktiku (vidi Sliku SPM-4). Opaženi se načini zagrijavanja, uključujući veće zagrijavanje iznad kopna nego iznad oceana, i njihove promjene tijekom vremena mogu simulirati samo modelima koji uključuju antropogeni utjecaj. Mogućnost simuliranja opažene temperaturne evolucije na svakom od šest kontinenata pomoću uklopljenih (coupled) klimatskih modela daje jače dokaze o ljudskom utjecaju na klimu nego što je to bilo moguće u TAR-u. {3.2, 9.4}

Globalna i kontinentalna promjena temperature



Slika SPM-4. Usporedba opaženih promjena u prizemnoj temperaturi na kontinentalnoj i globalnoj ljestvici s rezultatima simuliranim pomoću klimatskih modela u kojima se koriste prirodni i antropogeni utjecaji. Prosječni dekadski prikazi motrenja za razdoblje 1906.-2005. godine (crna linija) prikazani su prema vrijednostima sredinom dekade i u odnosu na odgovarajuće prosjeke za razdoblje 1901.-1950. godine. Isprekidane linije korištene su za prostornu pokrivenost manju od 50%. Plavi pojasi prikazuju raspon od 5-95% za 19 simulacija iz 5 klimatskih modela, pri čemu su se koristili isključivo prirodni utjecaji Sunčeve aktivnosti i vulkana. Crveni pojasi prikazuju raspon od 5-95% za 58 simulacija iz 14 klimatskih modela, a korišteni su prirodni i antropogeni utjecaji. {FAQ 9.2, Slika 1}

- Pouzdano simuliranje i dovođenje u vezu s ostalim činjenicama opaženih promjena temperature u manjem razmjeru i dalje predstavljaju poteškoće. U tom je razmjeru varijabilnost prirodne klime relativno veća, zbog čega je još teže razaznati očekivane promjene uslijed vanjskih utjecaja. Neizvjesnosti kod lokalnih utjecaja i povratnog djelovanja također otežavaju procjenu doprinosa povećanja stakleničkih plinova na opažene male promjene temperature. {8.3, 9.4}
- Antropogeni je utjecaj *vjerojatno* pridonio promjenama u tipovima vjetrova¹³ utječući na izvantropske putanje oluja i temperaturna polja na obje hemisfere. Opažene promjene u zračnom strujanju na sjevernoj hemisferi su, međutim, veće od promjena simuliranih u skladu s promjenom utjecaja u 20. stoljeću. {3.5, 3.6, 9.5, 10.3}
- Temperature najekstremnijih toplih noći, hladnih noći i hladnih dana su se *vjerojatno* povećale zbog antropogenog utjecaja. On je najvjerojatnije povećao rizik od toplinskih valova. (vidi Tablicu SPM-2). {9.4}

Analiza klimatskih modela zajedno s ograničenjima dobivenim iz motrenja po prvi puta omogućava postavljanje vjerojatnog raspona osjetljivosti klime i veću sigurnost u razumijevanju reakcije klimatskog sustava na utjecaj zračenja. {6.6, 8.6, 9.6. Okvir 10.2}

- Osjetljivost klimatske ravnoteže (equilibrium climate sensitivity) je mjera reakcije klimatskog sustava na neprekidan utjecaj zračenja. To nije projekcija, već je definirana kao globalno prosječno prizemno zagrijavanje nakon udvostručavanja koncentracije ugljičnog dioksida. *Vjerojatno* je da će biti u rasponu od 2 do 4.5°C s najboljom procjenom od oko 3°C i *malo je vjerojatno* da će biti manja od 1.5°C. Ne mogu se isključiti vrijednosti koje su neprekidno veće od 4.5°C, ali ni slaganje modela s motrenjima nije dobro za te vrijednosti. Promjene u vodenoj pari predstavljaju najveći dio povratnog djelovanja koji se odnosi na osjetljivost klime i sada ih puno bolje razumijemo nego u vrijeme TAR-a. Povratno djelovanje oblaka još uvijek predstavlja najveći izvor neizvjesnosti. {8.6, 9.6, Okvir 10.2}
- Malo je vjerojatno da je promjene klime u najmanje sedam stoljeća prije 1950. izazvala isključivo varijabilnost stvorena unutar klimatskog sustava. Značajan dio rekonstruirane međudesetljetne varijabilnosti temperature na sjevernoj hemisferi tijekom tih stoljeća može se pripisati vulkanskim erupcijama i promjenama u Sunčevom zračenju, i vjerojatno je da su antropogeni utjecaji koji su pridonijeli zagrijavanju u ranom 20. stoljeću vidljivi u tim zapisima. {2.7, 2.8, 6.6, 9.3}

PROJEKCIJE BUDUĆIH PROMJENA U KLIMI

Najveći napredak ove procjene projekcija promjena klime u usporedbi s TAR-om je veliki broj simulacija koje se mogu izvesti na većem broju modela. Zajedno s dodatnim informacijama dobivenim iz motrenja, simulacije pružaju kvantitativnu bazu za procjenu vjerojatnosti pojave mnogih aspekata budućih promjena klime. Simulacijski modeli pokrivaju cijeli raspon mogućnosti u budućnosti, uključujući idealiziranu emisiju i pretpostavke koncentracija. One uključuju SRES¹⁴ scenarije ilustrativnih oznaka za razdoblje 2000.-2100. i eksperimente sa stakleničkim plinovima i koncentracijama aerosola, rađene prema modelima, koji ostaju nepromijenjeni nakon 2000. ili 2100. godine.

Za dio SRES emisijskih scenarija za sljedeća dva desetljeća predviđa se zagrijavanje od otprilike 0.2°C po desetljeću. Čak i kad bi se koncentracije svih stakleničkih plinova i aerosola zadržale na razini iz 2000. godine, očekivalo bi se daljnje zagrijavanje od 0.1°C po desetljeću. {10.3, 10.7}

¹³ Posebice antarktička i arktička oscilacija (Southern and Northern Annular Modes) i promjene u sjeveroatlantskom kolebanju {3.6, 9.5, Okvir TS.3.1}

¹⁴ SRES se odnosi na Posebno izvješće o scenarijima emisija IPCC-a (2000.). SRES grupa scenarija i ilustrativnih primjera, koji ne uključuju dodatne klimatske inicijative, sažeti su u okviru na kraju ovog Sažetka za donositelje politike. Približni ekvivalenti CO₂ koncentracija koji odgovaraju izračunatom utjecaju zračenja uslijed antropogenih stakleničkih plinova i aerosola za 2100. (vidi TAR, str. 823) za scenarije oznaka SRES B1, A1T, B2, A1B, A2 i A1FI iznose 600, 700, 800, 850, 1250 i 1550 ppm. Scenariji B1, A1B i A2 su u središtu usporednih studija modela i mnogi su njihovi rezultati procijenjeni u ovom Izvješću.

- Nakon Prvog izvješća IPCC-a 1990. godine analizirane projekcije ukazale su na porast globalne prosječne temperature između otprilike 0.15 i 0.3 °C po desetljeću za razdoblje između 1990. i 2005. godine. To se sada može usporediti s opaženim vrijednostima od otprilike 0.2°C po desetljeću, čime se učvršćuje sigurnost u kratkoročne projekcije. {1.2, 3.2}
- Eksperimenti s modelima pokazuju da bi se, čak i ako se svi faktori utjecaja zračenja zadrže na razini iz 2000. godine, trend daljnjeg zagrijavanja pojavio unutar sljedeća dva desetljeća sa stopom od otprilike 0.1 °C po desetljeću, većinom uslijed sporog odziva oceana. Moglo bi se očekivati otprilike dvostruko zagrijavanje (0.2°C po desetljeću) kad bi emisije bile unutar raspona SRES scenarija. Najbolje procijenjene projekcije iz modela pokazuju da je prosječno zagrijavanje po desetljeću iznad svakog nastanjenog kontinenta neosjetljivo na izbor SRES scenarija i *vrlo je vjerojatno* da će biti dvostruko veće od odgovarajuće modelom procijenjene prirodne varijabilnosti tijekom 20. stoljeća. {9.4, 10.3, 10.5, 11.2-11.7, Slika TS-29}

Daljnje emisije stakleničkih plinova, u istoj ili većoj mjeri, prouzročile bi daljnje zagrijavanje i potakle mnoge promjene u globalnom klimatskom sustavu tijekom 21. stoljeća. Te promjene bi vrlo vjerojatno bile veće od onih opaženih tijekom 20. stoljeća. {10.3}

- Napredak u modeliranju promjena klime sada omogućuje davanje najboljih procjena i *vjerojatnih* područja neizvjesnosti za različite scenarije emisija. Rezultati za različite scenarije emisija izričito su navedeni u ovom izvješću kako bi se izbjegao gubitak tih podataka koji su relevantni za ovu politiku. Predviđena globalno uprosječena prizemna zagrijavanja za kraj 21. stoljeća (2090.-2099.) u odnosu na razdoblje 1980.-1999. prikazana su u Tablici SPM-2. Ta zagrijavanja prikazuju razlike između nižih i viših scenarija emisija u SRES i predviđenih neizvjesnosti u zagrijavanju koja su povezana s ovim scenarijima. {10.5}
- Najbolje procjene i vjerojatni rasponi globalnog prosječnog zagrijavanja prizemnog sloja zraka za šest SRES scenarija emisijskih oznaka (emissions marker scenarios) navedeni su u ovoj procjeni i prikazani u tablici SPM-3. Na primjer, najbolja procjena za niski scenario (B1) je 1.8°C (vjerojatni raspon je 1.1°C do 2.9°C), a najbolja procjena za visoki scenario (A1FI) je 4.0°C (vjerojatni raspon je 2.4°C do 6.4°C). Premda su te projekcije većinom u skladu s rasponom (span) navedenim u TAR-u, nisu direktno usporedive (vidi Sliku A). AR4 je napredniji s obzirom na to da pruža bolje procjene i raspon vjerojatnosti za svaki od naznačenih scenarija. Nova procjena raspona vjerojatnosti sada se oslanja na veći broj klimatskih modela koje odlikuje veća kompleksnost i realnost, kao i na nove podatke koji se odnose na prirodu povratnog djelovanja iz ugljikovog ciklusa i na ograničenja koja se pokazuju iz podataka motrenja klime.

Tablica SPM-3. Predviđeno globalno prosječno prizemno zagrijavanje i dizanje razine mora na kraju 21. stoljeća (10.5, 10.6, Tablica 10.7)

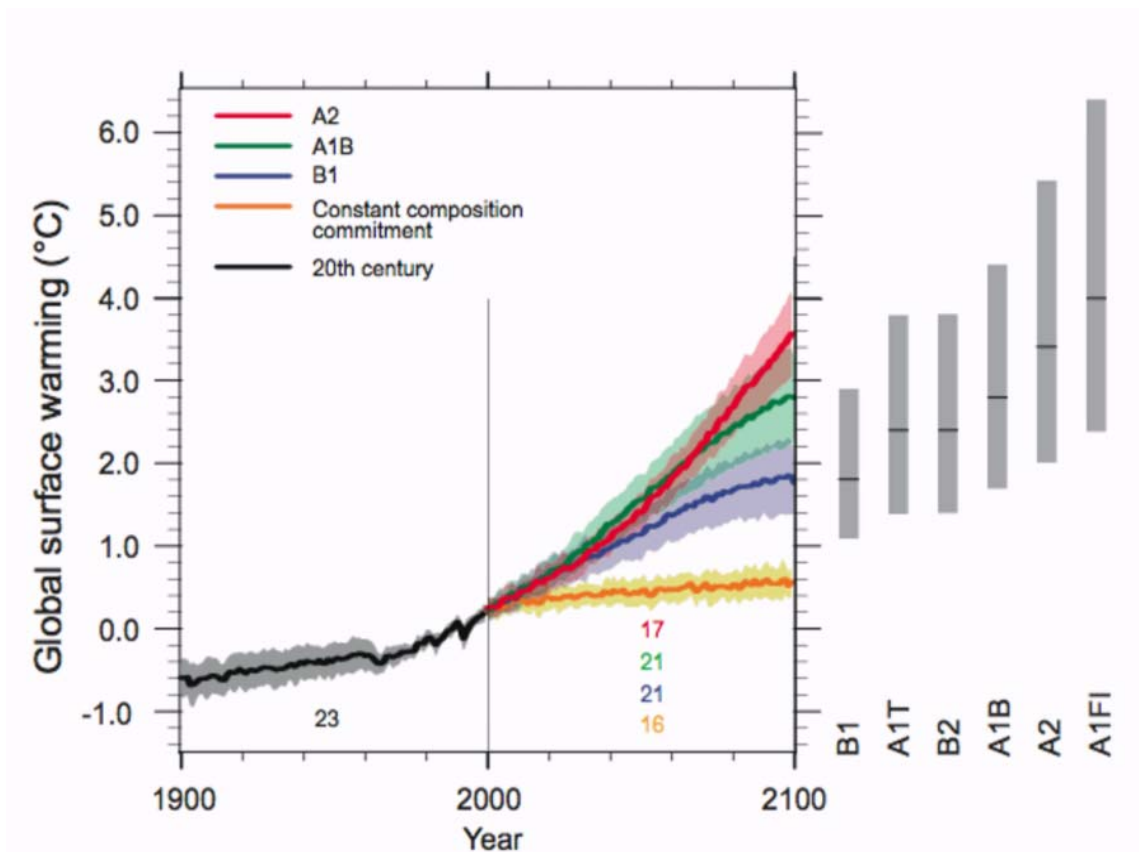
Slučaj (case)	Promjena temperature (°C za razdoblje 2090.-2099. u odnosu na razdoblje 1980.-1999.) ^a		Podizanje razine mora (m za razdoblje 2090. - 2099. u odnosu na razdoblje 1980.-1999.)
	Najbolja procjena	Vjerojatni raspon	Raspon baziran na modelu ne uključujući buduće brze dinamične promjene u kretanju leda (ice flow)
Nepromijenjene Konzentracije za 2000. godinu ^c	0.6	0.3 – 0.9	NA
B1 scenario	1.8	1.1 – 2.9	0.18 – 0.38
A1T scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
B2 scenario	2.4	1.4 – 3.8	0.20 – 0.45
A1B scenario	2.8	1.7 – 4.4	0.21 – 0.48
A2 scenario	3.4	2.0 – 5.4	0.23 – 0.51
A1FI	4.0	2.4 – 6.4	0.26 – 0.59

Bilješke o tablici:

^a Ove su procjene dobivene iz niza modela koji obuhvaćaju jednostavni klimatski model, nekoliko EMIC-a i velik broj AOGCM-a.

^c Stalni sastav u 2000. godini dobiven je isključivo iz AOGCM-a.

Prosjeci više modela i procijenjeni rasponi zagrijavanja površine



Slika SPM-5. Deblje linije su višemodelni globalni prosjeci prizemnog zagrijavanja (u odnosu na razdoblje 1980.-1999.) za scenarije A2, A1B i B1, prikazani kao nastavak simulacija iz 20. stoljeća. Osjenčano područje označava plus/minus jedan raspon standardnih devijacija pojedinačnih modela godišnjih prosjeka. Narančasta linija prikazuje eksperiment u kojem su koncentracije zadržane na razini vrijednosti iz 2000. godine. Sivi stupci s desne strane upućuju na najbolji prosjek (debeli linija unutar svake pruge) i *vjerojatni* raspon određen za šest SRES scenarija navedenih oznaka. Određivanje najbolje procjene i *vjerojatnih* raspona u sivim stupcima uključuju AOGCM-ove na lijevoj strani slike, kao i rezultate niza hijerarhijskih neovisnih modela i ograničenja motrenja. (slike 10.4 i 10.29)

- Zagrijavanjem se smanjuje unos atmosferskog ugljičnog dioksida, čime se povećava udio antropogenih emisija koje ostaju u atmosferi. U A2 scenariju, na primjer, međudjelovanje klime i ugljikovog ciklusa povećava odgovarajuće globalno prosječno zagrijavanje u 2100. godini za više od 1°C. Procijenjeni gornji rasponi za temperaturne projekcije veći su nego u TAR-u (vidi Tablicu SPM-2) jer širi spektar sada dostupnih modela ukazuje na jače međudjelovanje klime i ugljikovog ciklusa.
- Projekcije globalnog prosječnog dizanja razine mora na kraju 21. stoljeća (2090.-2099.) zasnovane na modelima prikazane su u Tablici SPM-2. Za svaki scenarij je sredina raspona tu prikazanog unutar 10% prosjeka TAR modela za razdoblje 2090.-2099. godine. Rasponi su uglavnom uži nego nego u TAR-u zbog boljih podataka dobivenih za neke neizvjesnosti u predviđenim doprinosima.¹⁵ (10.6)
- Do sada korišteni modeli ne uključuju ni neizvjesnosti u međudjelovanju klime i ugljikovog ciklusa ni puni utjecaj promjena na kretanje ledenih ploha zbog nedostatka osnove u objavljenim publikacijama. Projekcije uključuju doprinose izazvane povećanim kretanjem leda s Grenlanda i Antartike stopom opaženom za razdoblje 1993.-2003. Te bi se stope kretanja u budućnosti mogle povećati ili smanjiti. Na primjer, kad bi se taj doprinos linearno povećavao s promjenom globalne prosječne temperature, gornji raspon dizanja razine mora u SRES scenarijima prikazanim u Tablici SPM-3 porastao bi za 0.1m do 0.2 m. Veće se vrijednosti ne mogu izbaciti, no razumijevanje tih utjecaja je previše ograničeno za procjenu

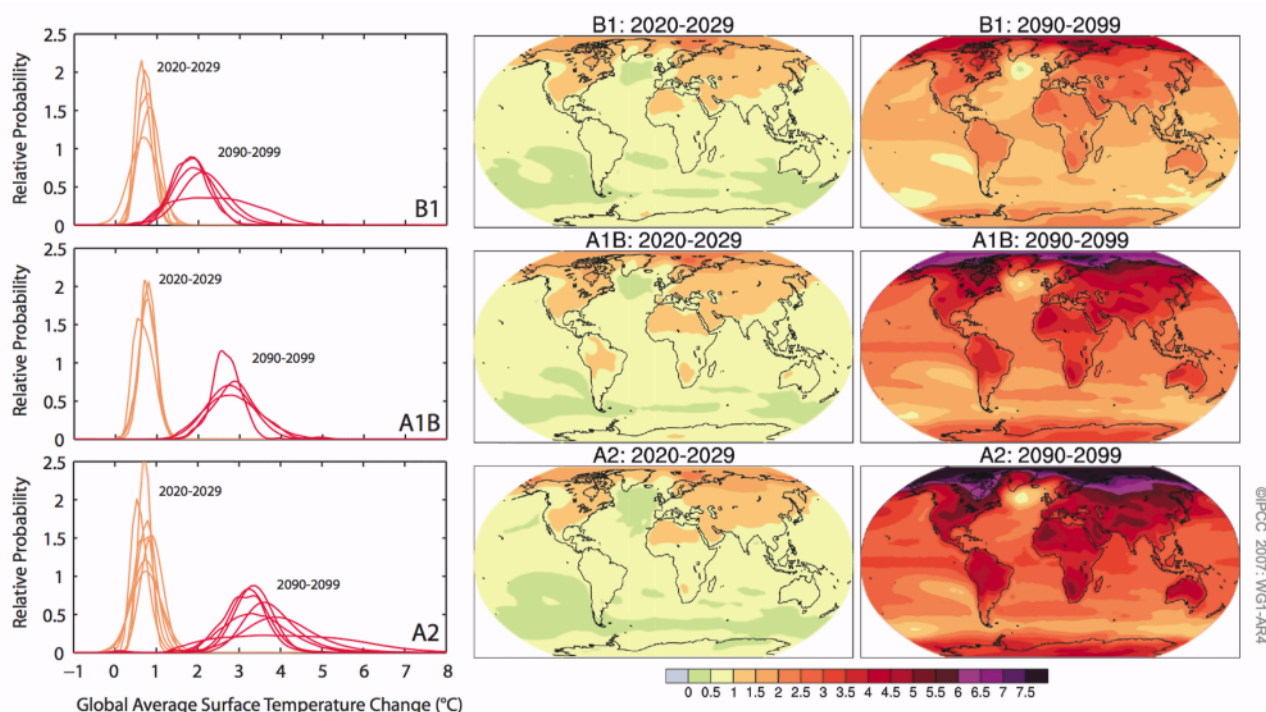
njihove vjerojatnosti ili dobivanje najbolje procjene ili gornje granice dizanja razine mora. (10.6)

- Povećane koncentracije atmosferskog ugljičnog dioksida dovode do povećane kiselosti (acidification) oceana. Projekcije zasnovane na SRES scenarijima pokazuju smanjenja pH¹⁵ vrijednosti prosječne globalne površine oceana od otprilike 0.14 do 0.35 jedinica u 21. stoljeću, nastavljajući se na dosadašnje smanjenje od 0.1 jedinice od predindustrijskog razdoblja. {5.4, Okvir 7.3, 10.4}

Sada postoji veća sigurnost u predviđena polja zatopljenja i ostale elemente na regionalnoj osnovi, uključujući promjene u poljima vjetrova, količini oborina i nekim aspektima ekstrema i leda. {8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 9.4, 9.5, 10.3, 11.1}

- Projektirano zagrijavanje u 21. stoljeću pokazuje polja, neovisno o scenarijima, slična onima opaženim u posljednjih nekoliko desetljeća. Najveće se zagrijavanje očekuje iznad kopna i na najvećim sjevernim geografskim širinama, a najmanje iznad južnih oceana i sjevernih dijelova Atlantskog oceana (vidi Sliku SPM-6). {10.3}

AOGCM projekcije prizemnih temperatura



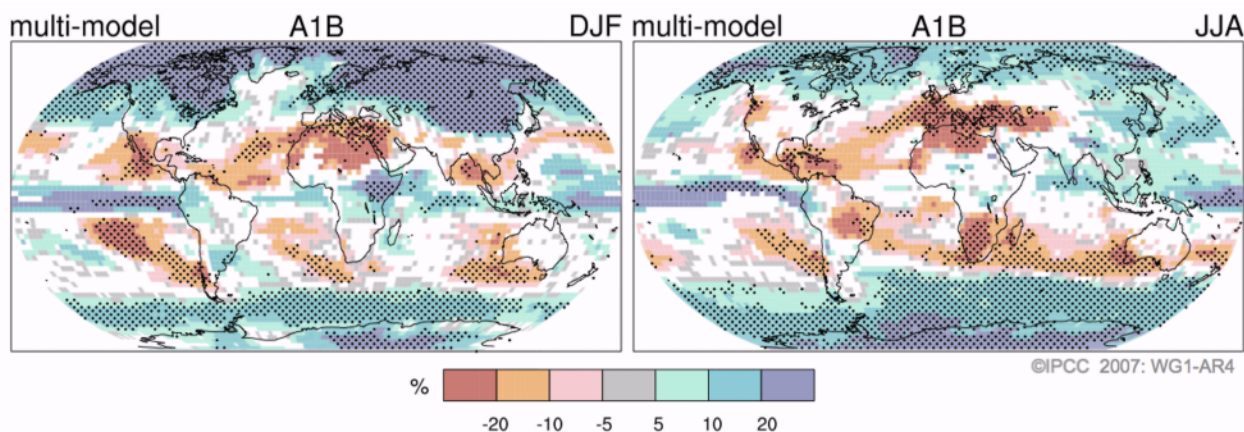
Slika SPM-6. Predviđene promjene prizemne temperature za rano 21. stoljeće u odnosu na razdoblje 1988.-1999. godine. Srednji i desni prikazi donose prosječne projekcije cirkulacije između atmosfere i oceana (Atmosphere-Ocean General Circulation) u više modela za B1 (gornji), A1B (srednji) i A2 (donji) SRES scenarij uprosječene za desetljeća 2020.-2029. (sredina) i 2090.-2099. (desno). Lijevi prikaz prikazuje odgovarajuće neizvjesnosti kao relativne mogućnosti predviđenog globalnog prosječnog zagrijavanja iz nekoliko AOGCM i EMIC studija za ista razdoblja. Neke studije prikazuju rezultate samo za podskupinu SRES scenarija ili za različite verzije modela. Do razlika u broju krivulja, prikazanih na prikazima s lijeve strane, dolazi zbog razlike u dostupnosti rezultata. {slike 10.8 i 10.28}

- Očekuje se smanjenje snježnog pokriva. Jako rasprostranjena povećanja dubine gornjeg otopljenog sloja očekuju se u većini permafrost regija. {10.3, 10.6}

¹⁵ Smanjenja u pH vrijednostima odgovaraju povećanjima u kiselosti otopina. Vidi Pojmovnik za daljnje detalje.

- Prema svim SRES scenarijima očekuje se smanjenje morskog leda na Arktiku i na Antarktiku. U nekim projekcijama će kasnojletni morski led na Arktiku u potpunosti nestati do druge polovine 21. stoljeća. {10.3}
- *Vrlo je vjerojatno* da će se slučajevi toplinskih ekstrema, toplinskih valova i jakih oborina nastaviti i postati češći. {10.3}
- Na temelju niza modela, budući tropski cikloni (tajfuni i uragani) vjerojatno će postati intenzivniji, s jačim udarima vjetrova i više jakih oborina koje se povezuju sa sadašnjim povećanjima tropskih SST-a. Manje su sigurne projekcije globalnog smanjenja brojnosti tropskih ciklona. Očevidni porast broja vrlo intenzivnih oluja nakon 1970. godine u nekim je regijama veći od porasta simuliranog postojećim modelima za to razdoblje. {9.5, 10.3, 3.8}
- Očekuje se pomicanje izvantropskih putanja oluja prema polovima, što će prouzročiti promjene u poljima vjetrova, količinama oborina i temperaturi nastavljajući trendove opažene na prostranim područjima u posljednjih 50 godina. {3.6, 10.3}
- Nakon TAR-a povećalo se razumijevanje predviđenih polja oborina. *Vrlo su vjerojatna* povećanja u količini oborina na visokim geografskim širinama, dok su smanjenja vjerojatna u većini subtropskih regija (do otprilike 20% prema A1B scenariju u 2100. godini, vidi Sliku SPM-7), nastavljajući se na opažena polja recentnih trendova. {3.3, 8.3, 9.5, 10.3, 11.2 do 11.9}
- Na temelju sadašnjih simulacija modelima zaključujemo da je *vrlo vjerojatno* da će se okretanje meridijalne cirkulacije Atlantskog oceana usporiti tijekom 21. stoljeća. Prosječno smanjenje do 2100. godine prema više modela je 25% (raspon od nula do 50%) za SRES scenario emisija A1B. Očekuje se povećanje temperatura u atlantskoj regiji unatoč promjenama izazvanim jačim zagrijavanjem u vezi s predviđenim povećanjima stakleničkih plinova. Malo je vjerojatno da će doći do velike i nenadane promjene MOC-a tijekom 21. stoljeća. Dugoročne promjene u MOC-u ne mogu se sa sigurnošću procijeniti. {10.3, 10.7}

Predviđene promjene u količini oborina



Slika SPM-7. Relativne promjene u količini oborina (u postocima) za razdoblje od 2090. do 2099. u odnosu na razdoblje od 1980. do 1999. godine. Vrijednosti su prosjeci više modela načinjeni na osnovu SRES A1B scenarija za razdoblje od prosinca do veljače (lijevo) i lipnja do kolovoza (desno). Bijela područja su područja gdje se manje od 66% modela slaže s naznakama promjene, a točkasta područja označavaju područja gdje se više od 90% modela slaže s naznakama promjene. {Slika 10.9}

Čak i kad bi se koncentracije stakleničkih plinova stabilizirale, antropogeno zagrijavanje i dizanje razine mora moglo bi se nastaviti stoljećima zbog vremena potrebnog za razvoj klimatskih procesa i povratnog djelovanja. {10.4, 10.5, 10.7}

- Očekuje se da će uvođenje u računalne modele klimatskog ugljikovog ciklusa, atmosferi dodati ugljični dioksid s obzirom na to da se klimatski sustav zagrijava, no veličina tog povratnog djelovanja nije sigurna. Time se povećava nesigurnost u putanji emisija ugljičnog dioksida koja je potrebna za postizanje određene razine stabilizacije koncentracija atmosferskog ugljičnog dioksida. Na osnovu sadašnjeg razumijevanja međudjelovanja klime i ugljikovog ciklusa modeli ukazuju na to da bi za stabiliziranje na razini od 450 ppm ugljičnog dioksida bilo potrebno da se kumulativne emisije tijekom 21. stoljeća smanje od prosjeka koji je otprilike 670 [630 do 710] GtC (2460 [2310 do 2600] GtCO₂) do otprilike 490 [375 do 600] GtC (1800 [1370 do 2200] GtCO₂). Na isti način, za stabiliziranje na 1000 ppm to bi povratno djelovanje zahtijevalo smanjenje kumulativnih emisija od prosjeka modela od otprilike 1415 [1340 do 1490] GtC (5190 [4900 do 5460] GtCO₂) do otprilike 1100 [980 do 1250] GtC (4300 [3590 do 4580] GtCO₂). {7.3, 10.4}
- Kad bi se 2100. godine utjecaj zračenja stabilizirao na razini B1 ili A1B¹¹, i dalje bi se očekivao porast prosječne globalne temperature od otprilike 0.5°C, uglavnom do 2200. godine“. {10.7}
- Kad bi se 2100. godine utjecaj zračenja stabilizirao na razini B1 ili A1B¹¹, samo termičko širenje bi do 2300. dovelo do dizanja razine mora od 0.3 do 0.8 m (u odnosu na razdoblje 1980.-1999.). Termičko bi se širenje nastavilo stoljećima zbog vremena koje je potrebno za prijenos topline u dubinu oceana. {10.7}
- Očekuje se da će i nakon 2100. godine smanjenje ledene plohe Grenlanda i dalje pridonositi dizanju razine mora. Sadašnji modeli ukazuju na to da će se ledena masa brže smanjivati uslijed temperature nego povećavati zbog količine oborina, te da će ravnoteža površinske mase postati negativna (u odnosu na predindustrijsko razdoblje) kad prosječno globalno zagrijavanje prijeđe 1.9 do 4.6°C. Kad bi se negativna ravnoteža površinske mase održala tijekom 1000 godina, došlo bi do gotovo potpunog nestajanja ledene plohe Grenlanda, što bi rezultiralo dizanjem razine mora od otprilike 7 m. Odgovarajuće buduće temperature na Grenlandu mogu se usporediti s onima iskazanim za zadnje interglacijalno razdoblje prije 125.000 godina, gdje paleoklimatski podaci ukazuju na smanjenje područja polarnog kopnenog leda i dizanja razine mora od 4 do 6 m. {6.4,10.7}
- Dinamički procesi navedeni u nedavnim promatranjima, koji se odnose na kretanje leda i uključeni su u sadašnje modele, mogli bi povećati osjetljivost ledenih ploha na zagrijavanje dižući buduću razinu mora. Razumijevanje tih procesa je ograničeno i ne postoji suglasnost o veličini njihovog utjecaja. {4.6, 10.7}
- Sadašnje studije globalnih modela predviđaju da će ledena ploha Antarktika i dalje ostati prehladna za jako rasprostranjeno površinsko topljenje i očekuje se povećanje mase uslijed većih snježnih oborina. Međutim, neto gubitak ledene mase bi se mogao dogoditi ako dinamičko otapanje leda prevlada u ravnoteži mase ledene plohe. {10.7}
- Prošle i buduće emisije ugljičnog dioksida će sljedećih tisuću i više godina pridonositi zagrijavanju i dizanju razine mora zbog vremena potrebnog za uklanjanje ovog plina iz atmosfere. {7.3, 10.3}

Emisijski scenariji Posebnog izvješća IPCC-a o scenarijima emisija (Special Report on Emission Scenarios - SRES)¹⁶

A1. A1 opis situacije i grupa scenarija prikazuju svijet budućnosti velikog i brzog ekonomskog rasta i globalne populacije, koja će biti najviša sredinom stoljeća, a nakon toga će opadati, te brzog uvođenja novih djelatnijih tehnologija. Najvažnije teme su približavanje među regijama, kapacitet gradnje i povećane kulturne i socijalne interakcije, sa značajnim smanjenjem regionalnih razlika u prihodu per capita. A1 grupa scenarija razvija se u tri podgrupe koje opisuju alternativne smjerove tehnoloških promjena u energetske sustavu. Sve tri podgrupe se ističu svojim naglaskom na tehnologiju: intenzivno fosilni (A1FI), nefosilni izvori energije (A1T) ili ravnoteža između svih izvora (A1B) (gdje se ravnoteža definira kao oslanjanje na jedan određen izvor energije koje nije preveliko, prema pretpostavci da se slične stope poboljšanja odnose na sve tipove opskrbe energijom i krajnje korištenje tehnologija).

A2. A2 opis situacije i grupa scenarija prikazuju vrlo heterogen svijet. Tema je oslanjanje na sebe i očuvanje lokalnih osobina. Strukture plodnosti u regijama vrlo sporo konvergiraju, što rezultira neprekidnim rastom broja stanovnika. Ekonomski je razvoj ponajprije orijentiran na regiju, a ekonomski rast per capita i tehnološke promjene su rascjepkaniji i sporiji nego u drugim situacijama.

B1. B1 opis situacije i grupa scenarija prikazuju usko povezan svijet s istom globalnom populacijom, koja će biti najviša sredinom stoljeća, a nakon toga će opadati, kao i u opisu situacije u A1, s brzom promjenom u ekonomskim strukturama prema uslužnoj i informatičkoj tehnologiji, sa smanjenim materijalnim intenzitetom i uvođenjem čistih i štedljivih tehnologija. Naglasak je na globalnim rješenjima ekonomske, socijalne i ekološke održivosti, uključujući poboljšanu jednakost, bez dodatnih klimatskih inicijativa.

B2. B2 opis situacije i grupa scenarija prikazuju svijet u kojem je naglasak na lokalnim rješenjima ekonomske, socijalne i ekološke održivosti. To je svijet u kojem se populacija stalno povećava, stopom manjom nego u A2, sa srednjim ekonomskim rastom, sporijom i raznolikijom tehnološkom promjenom nego u opisima situacija u B1 i A1. Iako je scenarij orijentiran prema zaštiti okoliša i socijalnoj jednakosti, težište je na lokalnoj i regionalnoj razini.

Izabran je ilustrativni scenariji za svaku od šest grupa scenarija, A1B, A1FI, A1T, A2, B1 i B2. Svi se oni trebaju smatrati jednako mogućima.

SRES scenariji ne uključuju klimatske inicijative, što znači da ni jedan od njih eksplicitno ne podrazumijeva provođenje Okvirne konvencije Ujedinjenih naroda o promjeni klime ili emisijskih ciljeva Kyoto protokola.

¹⁶ Emisijski scenariji se ne obrađuju u izvješću ove Radne skupine IPCC-a. Ovaj je okvir, u kojoj su sažeti SRES scenariji, uzet iz TAR-a i prethodno ga je stavak po stavak odobrilo Vijeće (Panel).