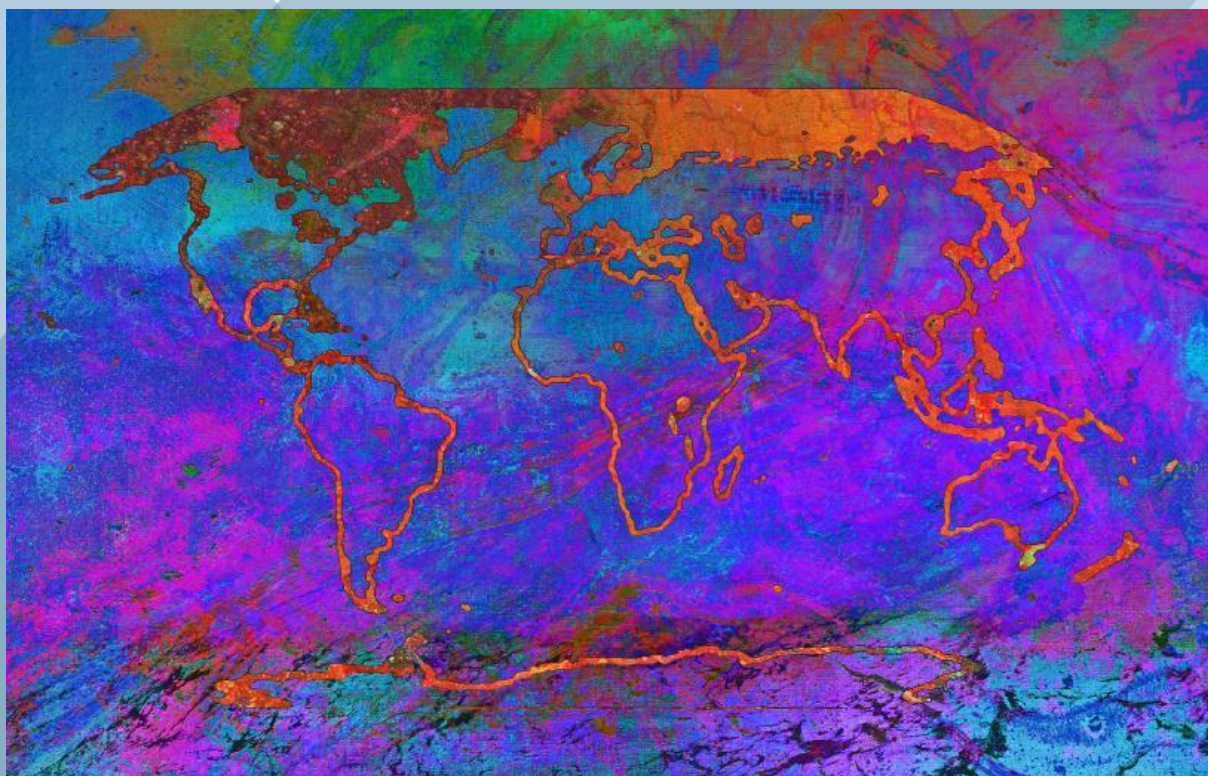


Podnebne spremembe 2021

Fizikalne osnove in stanje v Sloveniji

Poročilo IPCC 2021, Povzetek za odločevalce z dodanim opisom stanja v Sloveniji



Uvod

Poročilo predstavlja glavne ugotovitve delovne skupine I (WGI) k šestemu poročilu (AR6) Medvladnega odbora za podnebne spremembe (IPCC) o fizikalnih osnovah podnebnih sprememb (IPCC, 2021). Poročilo podaja povzetek razumevanja sedanjega stanja podnebja, kako se to spreminja, vlogo človeka pri tem, znanje o možni prihodnosti podnebja, regijske in sektorske podnebne informacije ter informacije o omejevanju podnebnih sprememb zaradi človekovega vpliva. Dodanih je nekaj podatkov za Slovenijo.

Glede na stopnjo znanstvenega razumevanja so trditve označene kot dejstva ali pa z različno stopnjo zanesljivosti. Vsaka trditev temelji na oceni dokazov zanjo in stopnji soglasja o njej. Nivo zanesljivosti trditve je označen s petimi oznakami: zelo nizka, nizka, srednja, visoka in zelo visoka. Izrazi, ki označujejo ocenjeno verjetnost za izid ali trditev, so: praktično gotovo (z 99–100-odstotno verjetnostjo), izjemno verjetno (več kot 95 %), zelo verjetno (več kot 90 %), verjetno (več kot 66 %), verjetneje kot ne (več kot 50 %), enako verjetno kot ne (33–66 %), malo verjetno (manj kot 33 %), zelo malo verjetno (manj kot 10 %) in izjemno malo verjetno (manj kot 5 %). Zelo verjeten razpon (90-odstotni interval zaupanja) je označen z oglatima oklepajema [].

[Dodatni podatki za Slovenijo, ki jih ni v poročilu IPCC, so podani z modro.](#)

Sedanje stanje podnebja

Poročilo poudarja, da je povečanje temperature ozračja, oceanov in tal nedvomno posledica vpliva človeka. Dogajajo se obsežne in hitre spremembe v ozračju, oceanih, kriosferi in biosferi.

Povečano koncentracijo toplogrednih plinov (TGP) od približno leta 1750 je nedvomno povzročil človek. Letna povprečna koncentracija CO₂ je v letu 2019 dosegla 410 ppm (molekul na milijon molekul v ozračju), metana (CH₄) 1866 ppb (molekul na milijardo molekul v ozračju) in didušikovega oksida (N₂O) 332 ppb. Kopno in oceani so v zadnjih šestih desetletjih vpili približno stalen delež CO₂, ki ga je izpustil človek (56 %).

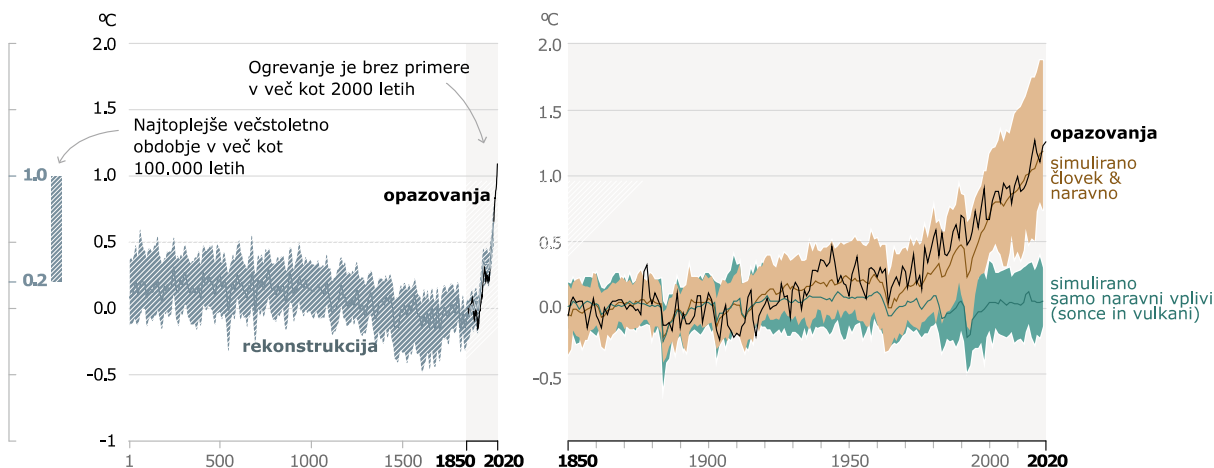
Vsako od zadnjih štirih desetletij je bilo zaporedoma toplejše od vseh predhodnih desetletij po letu 1850 (slika 1). Globalna temperatura ozračja na površju planeta (v nadaljevanju *globalna temperatura ozračja*) je bila v prvih dveh desetletjih tega tisočletja (2001–2020) za 0,99 [0,84 do 1,10] °C višja kot v obdobju 1850–1900. Globalna temperatura v zadnjem desetletju (2011–2020) je bila 1,09 [0,95 do 1,20] °C nad tisto v obdobju 1850–1900, nad kopnim je bil prirastek večji (1,59 [1,35 do 1,83] °C) kot nad oceani (0,88 [0,68 do 1,01] °C).

V Sloveniji je bilo vsako od zadnjih treh desetletij toplejše od vseh predhodnih, razen desetletja 2001–2010, ki ni statistično značilno toplejše od desetletja 1991–2000 (slika 2). Temperatura ozračja v Sloveniji je bila v prvih dveh desetletjih tega tisočletja (2001–2020) za 1,8 [1,5 do 2,0] °C nad tisto v obdobju 1850–1900, v zadnjem desetletju (2011–2020) pa za 2,1 [1,9 do 2,4] °C (slika 3) (vir podatkov: Berkeley Earth).

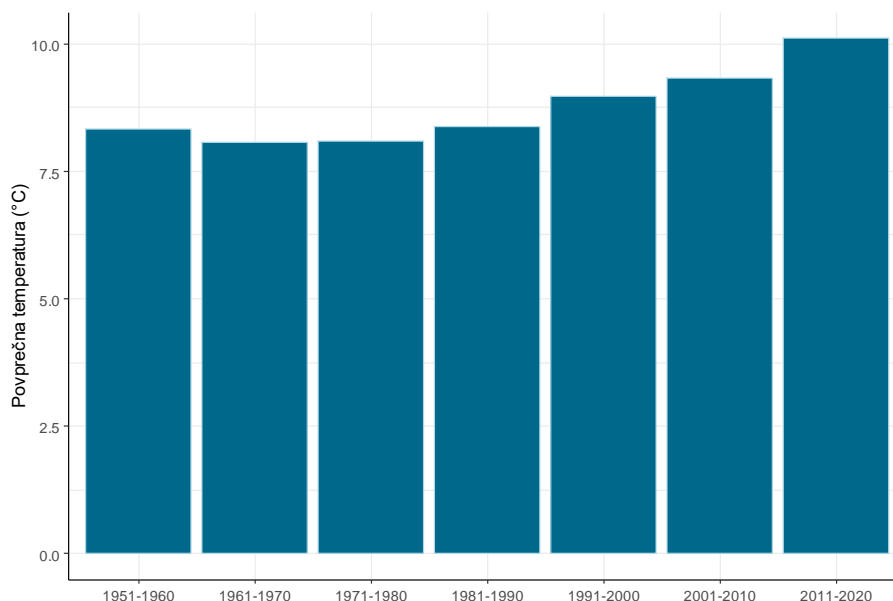
Zaradi človeškega vpliva se je ozračje ogrelo s stopnjo brez primere v najmanj zadnjih 2000 letih

Spremembe v globalni temperaturi glede na obdobje 1850–1900

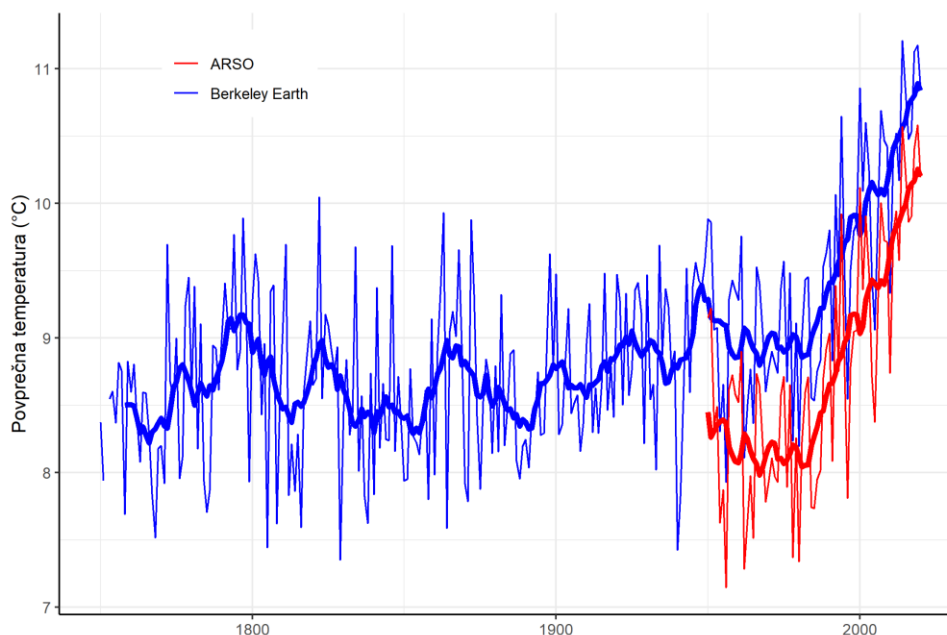
a) Sprememba globalne temperature (dekadno povprečje), **rekonstrukcija** (1–2000) in **opazovanja** (1850–2020) b) Sprememba globalne temperature (letno povprečje) iz **opazovanj** in simulacij s **človekovimi & naravnimi** ter **samo naravnimi** vplivi (1850–2020)



Slika 1. Zgodovina sprememb globalne temperature in vzroki zadnjega ogrevanja. *Levo*: spremembe v globalni temperaturi zraka, rekonstruirane iz paleopodnebni podatkov (siva krivulja, obdobje 1–2000) in meritev (črna krivulja, obdobje 1850–2020), oboje relativno glede na obdobje 1850–1900, podatki so desetletna povprečja. Navpičen stolpec na levi označuje ocenjeno temperaturo (zelo verjeten razpon) med najtoplejšim nekajstoletnim obdobjem v najmanj zadnjih 100.000 letih, ki je bilo pred približno 65000 leti med zadnjo medledeno dobo (holocenom). Sivo senčenje z belimi diagonalami označuje zelo verjeten razpon ocenjene temperature. *Desno*: spremembe v globalni temperaturi v zadnjih 170 letih (črna krivulja), relativno glede na obdobje 1850–1900, podatki so letni. Narejena je primerjava z rezultati podnebni modelov šeste generacije (CMIP6) z upoštevanjem človekovih in naravnih vzrokov (rjava) in samo naravnih vzrokov (Sončeva in ognjeniška dejavnost, zelena). Barvne krivulje kažejo povprečje modelskih rezultatov, barvno senčenje pa zelo verjeten razpon modelskih simulacij.

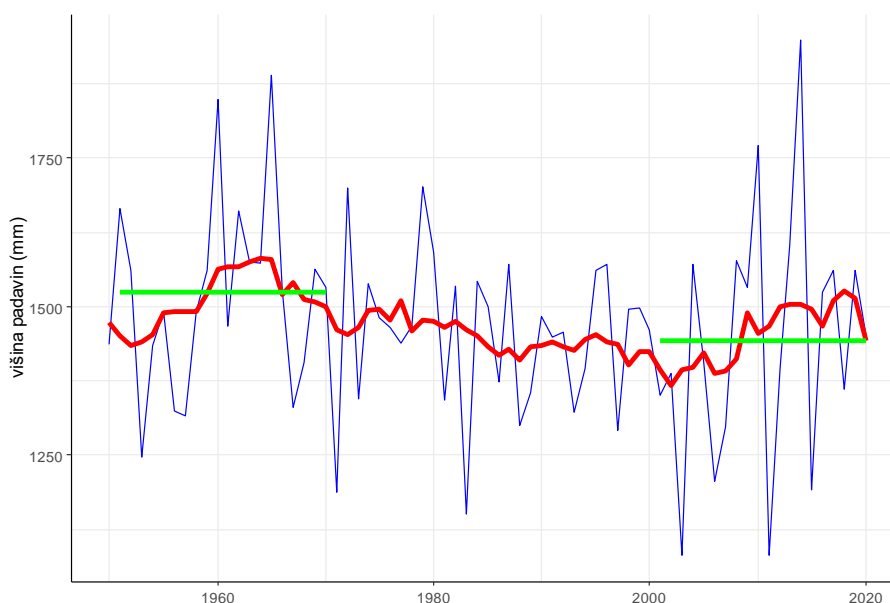


Slika 2. Povprečna temperatura zraka v Sloveniji za zadnjih sedem desetletij. Vsako od zadnjih treh desetletij je bilo toplejše od vseh predhodnih, razen desetletja 2001–2010, ki ni statistično značilno toplejše od desetletja 1991–2000



Slika 3. Povprečna temperatura v Sloveniji od leta 1850. Z modro so označeni podatki niza Berkeley Earth, z rdečo homogenizirani podatki ARSO. S tankima črtama so predstavljene letne vrednosti, z debelejšima pa 11-letno drseče povprečje. Razlika v absolutnih vrednostih med nizoma se pojavi zaradi števila obravnavanih meteoroloških postaj nad ozemljem države, ločljivosti reliefa in metode interpolacije izmerjenih podatkov v pravilno mrežo.

Od človeka povzročen dvig globalne temperature od obdobja 1850–1900 do obdobja 2010–2019 znaša 1,07 [0,8 do 1,3] °C. Verjeten dvig temperature zaradi prispevka TGP znaša 1,0 do 2,0 °C, ostali človekovi vplivi (večinoma aerosoli) prispevajo med 0,0 do 0,8 °C k njenemu znižanju, naravni dejavniki prispevajo k spremembi globalne temperature med –0,1 do 0,1 °C, notranja spremenljivost pa prispeva med –0,2 do 0,2 °C.



Slika 4. Povprečna višina padavin na državni ravni za Slovenijo v obdobju 1950–2020. Z modro so označene letne vrednosti, z rdečo 11-letno drseče povprečje, z zeleno pa dvajsetletni povprečji 1951–1970 in 2001–2020. Razlika med povprečjema statistično ni značilna.

Globalna povprečna višina padavin nad kopnim se je od leta 1950 verjetno povečala, to povečanje je bilo od leta 1980 še večje. Verjetno je, da je človek povzročil te vzorce padavinskih sprememb od sredine 20. stoletja.

V Sloveniji je medletna spremenljivost višine padavin (standardni odklon) okrog 167 mm. Od začetka šestdesetih let prejšnjega stoletja se je višina padavin na letni ravni zmanjševala, po letu 2000 pa ponovno višala (slika 4). Razlika dvajsetletnih povprečij višine padavin v obdobjih 1951–1970 in 2001–2020 je okrog 80 mm, razlika pa statistično ni značilna. Tudi rahlo padajoč linearen trend (-9 [–26 do 6] mm/desetletje) v obdobju 1951–2020 statistično ni značilen.

Človeški vpliv je zelo verjetno kriv za globalno umikanje ledenikov od 90. let prejšnjega stoletja in zmanjšanje površine arktičnega morskega ledu med obdobjema 1979–1988 in 2010–2019. Zmanjšanje je okrog 40 % septembra in 10 % marca. Za površino antarktičnega morskega ledu zaradi regionalno nasprotnih trendov in velike notranje spremenljivosti trend ni značilen. Prav tako je zelo verjeten človekov vpliv na zmanjšanje spomladanske pokritosti s snežno odejo na severni polobli od leta 1950. Zelo verjeten je človekov vpliv na opaženo taljenje ledenega pokrova na Grenlandiji v zadnjih dveh desetletjih, medtem ko so dokazi za človekov vpliv na zmanjševanje ledenega pokrova na Antarktiki omejeni, soglasje o tem pa srednje.

Praktično gotovo se je zgornji sloj oceanov (do globine 700 m) od 70. let prejšnjega stoletja segrel, izjemno verjetno pa je za to kriv človek. Prav tako je praktično gotovo, da so človekovi izpusti CO₂ glavni vzrok za zakisanje oceanov.

Globalna povprečna gladina oceanov se je med letoma 1901 in 2018 dvignila za 0,20 [0,15 do 0,25] m, v obdobju 1901–1971 s povprečno hitrostjo 1,3 [0,6 do 2,1] mm/leto, ki se je povečala v obdobju 1971–2006 na 1,9 [0,8 do 2,9] mm/leto in v obdobju 2006–2018 še na 3,7 [3,2 do 4,2] mm/leto. Človek je zelo verjetno vsaj od leta 1971 glavni razlog za to.

Spremembe v biosferi so skladne z globalnim ogrevanjem: podnebni pasovi so se pomaknili proti poloma na obeh poloblah, rastna sezona pa se je od 50. let prejšnjega stoletja na severni polobli na izventropskih območjih podaljševala v povprečju za dva dneva na desetletje.

Obseg nedavnih sprememb celotnega podnebnega sistema in sedanje stanje več vidikov podnebnega sistema sta brez primere v časovnem obdobju več stoletij do več tisočletij.

V letu 2019 je bila koncentracija CO₂ v ozračju višja kot kadarkoli v preteklih najmanj dveh milijonih letih, koncentraciji metana in didušikovega oksida pa višji kot kadarkoli v preteklih najmanj 800.000 letih. Povečanje koncentracij CO₂ (47 %) in metana (156 %) od leta 1750 daleč presega naravno večtisočletno povečanje koncentracij med ledenimi in medledenimi obdobji v zadnjih najmanj 800.000 letih, povečanje koncentracij didušikovega oksida (23 %) pa je podobno naravnemu večtisočletnemu povečanju v teh obdobjih.

Globalna temperatura je od leta 1970 naraščala hitreje kot v kateremkoli 50-letnem obdobju v zadnjih najmanj 2000 letih. Temperatura v zadnjem desetletju (2011–2020) presega desetletne temperature zadnjega večstoletnega toplega obdobja pred okrog 6500 leti [0,2 °C do 1,0 °C glede na obdobje 1850–1900]. Zadnje toplo obdobje pred tem je bilo pred okrog 125.000 leti, ko je bila večstoletna povprečna temperatura primerljiva s to v zadnjem desetletju [0,5 °C do 1,5 °C glede na obdobje 1850–1900].

V obdobju 2011–2020 je letna povprečna površina arktičnega morskega ledu dosegla najnižjo vrednost najmanj od leta 1850. Površina ledu poznega poletja je bila manjša kot kadarkoli v zadnjih najmanj 1000 letih. Umik ledenikov od leta 1950, ko so se skoraj vsi svetovni ledeniki istočasno umikali, je večji kot kadarkoli v zadnjih najmanj 2000 letih.

Povprečna gladina morij je od leta 1900 naraščala hitreje kot v kateremkoli stoletju v zadnjih najmanj 3000 letih. Oceani se v zadnjem stoletju ogrevajo hitreje, kot so se od konca zadnjega prehoda iz ledene dobe pred okrog 11.000 leti. V zadnjih 50 milijonih let se je kislost voda v oceanih zmanjševala (visoka zanesljivost), kislost oceanov v zadnjih desetletjih pa je nenavadno velika za zadnja dva milijona let (srednja zanesljivost).

Podnebne spremembe, ki jih povzroča človek, že vplivajo na veliko izjemnih vremenskih in podnebnih dogodkov v vsaki regiji sveta. Dokazi o spremembah v izjemnih dogodkih, kot so vročinski valovi, obilne padavine, suše in tropski cikloni, ter še posebej pripis vzrokov za to človeku, so se od prejšnjega poročila IPCC (AR5) še okrepili.

Praktično gotovo je, da so od 50. let prejšnjega stoletja postali vročinski ekstremi, vključno z vročinskimi valovi, pogostejši in intenzivnejši nad večino kopnega, hladni ekstremi, vključno s prodori hladnega zraka, pa manj pogosti in manj intenzivni. Z visoko zanesljivostjo so s človekovo dejavnostjo povzročene podnebne spremembe glavni dejavnik teh sprememb. Nekateri vročinski ekstremi v preteklem desetletju bi bili brez človekovega vpliva na podnebni sistem izjemno malo verjetni.

Pogostost in jakost dogodkov z obilnimi padavinami sta se od 50. let prejšnjega stoletja povečali skoraj nad vsem kopnim, kjer je dovolj podatkov za analize trenda, verjeten glavni dejavnik za to pa so podnebne spremembe, ki jih povzroča človek. Od človeka povzročene podnebne spremembe so zaradi povečanega izhlapevanja v nekaterih regijah prispevale k pogostejšim kmetijskim sušam površinskega sloja tal.

Zaradi človekovega vpliva se je od 50. let prejšnjega stoletja verjetno povečala verjetnost za sestavljene izjemne dogodke¹. To vključuje povečano pogostost istočasnih vročinskih valov in suš na svetovni ravni, vreme, ugodno za požare na vseh naseljenih kontinentih in sestavljene poplave na nekaterih lokacijah.

Ravnovesna občutljivost podnebnega sistema² je glede na izboljšano znanje o podnebnju, paleopodnebnih dokazih in odzivu podnebnega sistema na povečan sevalni prispevek ocenjena na 3 °C, z manjšo negotovostjo kot v prejšnjem poročilu (AR5).

Sevalno neravnovesje, ki ga je povzročil človek (2,72 [1,96 do 3,48] W/m² leta 2019 glede na leto 1750), je ogrelo podnebni sistem. Ogrevanje, ki je v glavnem posledica povečanih koncentracij TGP, je delno zmanjšano zaradi hladilnega učinka povečanih koncentracij aerosolov.

Zaradi človeka neto pozitivni sevalni prispevek povzroča kopičenje dodatne energije (ogrevanje) podnebnega sistema, zmanjšano zaradi povečane izgube energije v vesolje zaradi ogrevanja površja. Opažena povprečna stopnja ogrevanja podnebnega sistema je narasla od 0,50 [0,32 do 0,69] W/m² v obdobju 1971–2006 na 0,79 [0,52 do 1,06] W/m² v obdobju 2006–2018. 91 % energije ogrevanja podnebnega sistema se je porabilo za ogrevanje oceanov, 5 % za ogrevanje kopnega, 3 % za izgubo ledu in 1 % za ogrevanje ozračja.

¹ Definicija sestavljenih izjemnih dogodkov: splet več dejavnikov in/ali nevarnosti, ki prispevajo k družbenim ali okoljskim tveganjem. Primeri so: istočasen pojav vročinskih valov in suš, sestavljeno poplavljanje (plimni val v kombinaciji z obilnim deževjem in/ali rečnim poplavljanjem), sestavljeni vremenski dogodki, ugodni za požare (npr. kombinacija vročih, suhih in vetrovnih razmer), ali istočasne izjemne razmere na različnih krajih.

² Ravnovesna občutljivost podnebnega sistema je definirana kot ravnovesna sprememba globalne temperature ozračja na površju planeta pri podvojitvi koncentracije CO₂ v ozračju glede na predindustrijsko vrednost

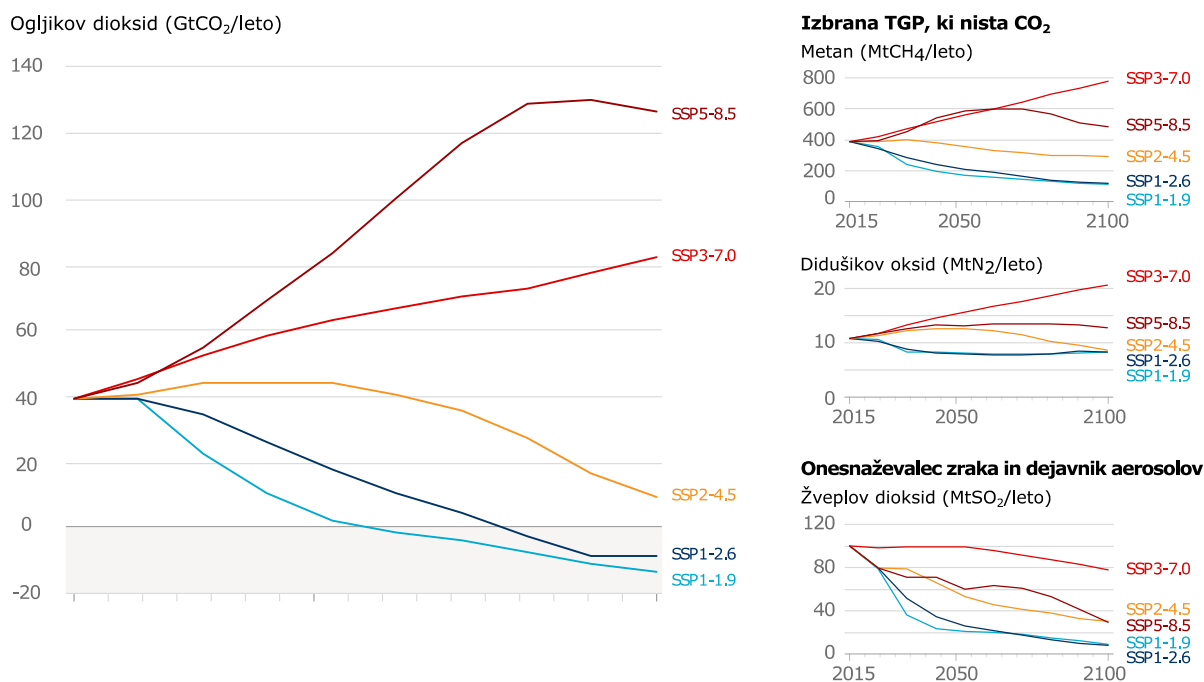
Ogrevanje podnebne sistema je povzročilo dvigovanje gladine oceanov zaradi taljenja ledu na kopnem in temperaturnega raztezanja vode v oceanih. Temperaturno raztezanje pojasni 50 % dviga gladine morij v obdobju 1871–2018, izguba ledu v ledenikih 22 %, v ledenem pokrovu 20 % in spremembe v kopenskih zbiralnikih vode 8 %. Stopnja izgube ledu v ledenem pokrovu se je od obdobja 1992–1999 do 2010–2019 početrila. Skupaj je bila izguba ledu v ledenem pokrovu in ledenikih v obdobju 2006–2018 glavni razlog za dvigovanje gladine oceanov.

Možno podnebje v prihodnosti

Poročilo podaja pet novih ilustrativnih scenarijev izpustov toplogrednih plinov, ki predvidevajo možen prihodnji razvoj antropogenih dejavnikov na podnebne spremembe. Rezultati so podani kot spremembe v bližnji prihodnosti (2021–40), sredini (2041–60) in koncu stoletja (2081–2100) glede na obdobje 1850–1900, ki je primerljivo z obdobjem pred industrijsko revolucijo.

Bodoči izpusti povzročajo bodoče dodatno ogrevanje, skupno ogrevanje pa ima večinoma vzrok v preteklih in bodočih izpustih CO₂

Bodoči letni izpusti CO₂ (levo) in ključnih preostalih dejavnikov (desno) za pet scenarijev izpustov



Slika 5. Bodoči letni izpusti CO₂ (levo) in izbranih ostalih dejavnikov podnebnih sprememb (desno) glede na pet scenarijev izpustov toplogrednih plinov, uporabljenih v tem poročilu

Scenariji izpustov so označeni s kraticami SSPx-y, kjer so SSPx poti skupnega družbeno-ekonomskega razvoja (ang. Shared Socioeconomic Pathways, SSP) oz. družbeno-gospodarski trendi v podanem scenariju, y pa se nanaša na približno neto sevalno bilanco danega scenarija ob koncu stoletja. Scenariji se začnejo v letu 2015 in so naslednji: dva z velikimi in zelo velikimi izpusti toplogrednih plinov (SSP3-7.0 in SSP5-8.5) in izpusti CO₂, ki približno podvojijo zdajšnjo raven do leta 2100 oz. 2050 (slika 5), scenarij s srednjimi izpusti (SSP2-4.5) in izpusti CO₂ na sedanji ravni do sredine stoletja, nato pa z njihovim padcem, in scenarija z zelo majhnimi in majhnimi izpusti in izpusti CO₂, ki se zmanjšujejo do ničelne neto vrednosti okrog leta 2050 ali po njem, čemur bi sledili negativni neto izpusti CO₂ (SSP1-

1.9 in SSP1-2.6). Izpusti med scenariji so različni zaradi različnih družbeno-ekonomskih predpostavk, stopnje blaženja podnebnih sprememb in stopnje izpustov onesnaževal zraka.

Poti skupnega družbeno-ekonomskega razvoja (SSP)

SSP1: Trajnostni razvoj (*zelena pot*) (ang. Sustainability (Taking the Green Road)). Svet bi po tem scenariju postopoma, vendar odločno krenil po poti trajnostnega razvoja, izboljšanja izobrazbe in zdravstvenega sistema, gospodarski razvoj pa bi poudarjal manjšo materialno porabo in energijsko intenzivnost.

SSP2: Srednja pot (ang. Middle of the Road). Svet bi sledil poti, kjer družbeni, gospodarski in tehnološki trendi ne bi preveč odstopali od dosedanjih zgodovinskih. Globalne in nacionalne inštitucije bi le počasi dosegale cilje trajnostnega razvoja. Razvoj in povečanje dohodka bi napredovala neenakomerno.

SSP3: Regionalno tekmovanje (*skalnata pot*) (ang. Regional rivalry (A rocky Road)). Nacionalizem, skrb glede konkurence in varnosti ter regionalni konflikti bi prisilili države k osredotočanju na težave na največ regionalni ravni, na račun širšega razvoja. Gospodarski razvoj bi bil počasen, poraba materialno intenzivna, neenakost bi se ohranjala ali poslabšala.

SSP4: Neenakost (*ločene poti*) (ang. Inequality (A Road Divided)). Velika neenakost vlaganja v človeški kapital ter nesorazmernost v gospodarskem razvoju in političnem vplivu bi vodili do povečanja neenakosti med državami in znotraj njih. Med razvitimi in nerazvitimi državami bi se neenakost povečevala. V prvih bi bil tehnološki razvoj visok, v drugih bi gospodarstvo temeljilo na delovno intenzivni sili in nizko razviti tehnologiji. Energijski sektor bi vlagal tako v ogljično intenzivna goriva (premog, nafta) kot tudi v nizkoogljične vire.

SSP5: Razvoj s fosilnimi gorivi (*vožnja po avtocesti*) (ang. Fossil-Fuel Development (Taking the Highway)). Svet bi kot pot k trajnostnemu razvoju prepustil skrb tekmovalnemu trgu, inovacijam in sodelovanju med družbami. Vlaganja v zdravstvo in izobraževanje bi bila visoka, po drugi strani bi še vedno izkoriščali tudi fosilna goriva, energijsko in materialno potraten življenjski slog bi se razširil po vsem svetu. Svetovno gospodarstvo bi pospešeno raslo.

Poročilo se naslanja na rezultate podnebnih modelov projekta CMIP6 (ang. Coupled Model Intercomparison Project Phase 6) programa World Climate Research Programme. Modeli vključujejo novi in boljši prikaz fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov ter so v višji ločljivosti kot modeli prejšnje generacije.

Glavne ugotovitve podnebnih projekcij

Globalna temperatura se bo dvigala še naprej najmanj do sredine stoletja po vseh scenarijih izpustov TGP. Globalno ogrevanje 1,5 °C in 2,0 °C nad predindustrijsko ravnijo bo v 21. stoletju preseženo, razen če v naslednjih desetletjih močno zmanjšamo izpuste CO₂ in drugih toplogrednih plinov.

Globalna temperatura bo konec stoletja (2081–2100) zelo verjetno višja za 1,0 do 1,8 °C glede na predindustrijsko raven (1850–1900) po scenariju z zelo majhnimi izpusti TGP (SSP1-1.9), za 2,1 do 3,5 °C po scenariju s srednjimi izpusti TGP (SSP2-4.5) in za 3,3 do 5,7 °C po scenariju z zelo velikimi izpusti TGP (SSP5-8.5) (preglednica 1). Globalna temperatura je bila več kot 2,5 °C nad ravnijo obdobja 1850–1990 nazadnje pred več kot tremi milijoni let (srednja zanesljivost).

Preglednica 1. Spremembe globalne temperature za izbrana 20-letna obdobja in pet scenarijev izpustov toplogrednih plinov. Ocena je narejena na več sosledjih dokazov. Sprememba temperature se nanaša na obdobje 1850–1900.

Scenarij	Bližnja prihodnost, 2021–2040		Sredina stoletja, 2041–2060		Konec stoletja, 2081–2100	
	Ocena (°C)	Zelo verjeten razpon (°C)	Ocena (°C)	Zelo verjeten razpon (°C)	Ocena (°C)	Zelo verjeten razpon (°C)
SSP1-1.9	1.5	1.2 do 1.7	1.6	1.2 do 2.0	1.4	1.0 do 1.8
SSP1-2.6	1.5	1.2 do 1.8	1.7	1.3 do 2.2	1.8	1.3 do 2.4
SSP2-4.5	1.5	1.2 do 1.8	2.0	1.6 do 2.5	2.7	2.1 do 3.5
SSP3-7.0	1.5	1.2 do 1.8	2.1	1.7 do 2.6	3.6	2.8 do 4.6
SSP5-8.5	1.6	1.3 do 1.9	2.4	1.9 do 3.0	4.4	3.3 do 5.7

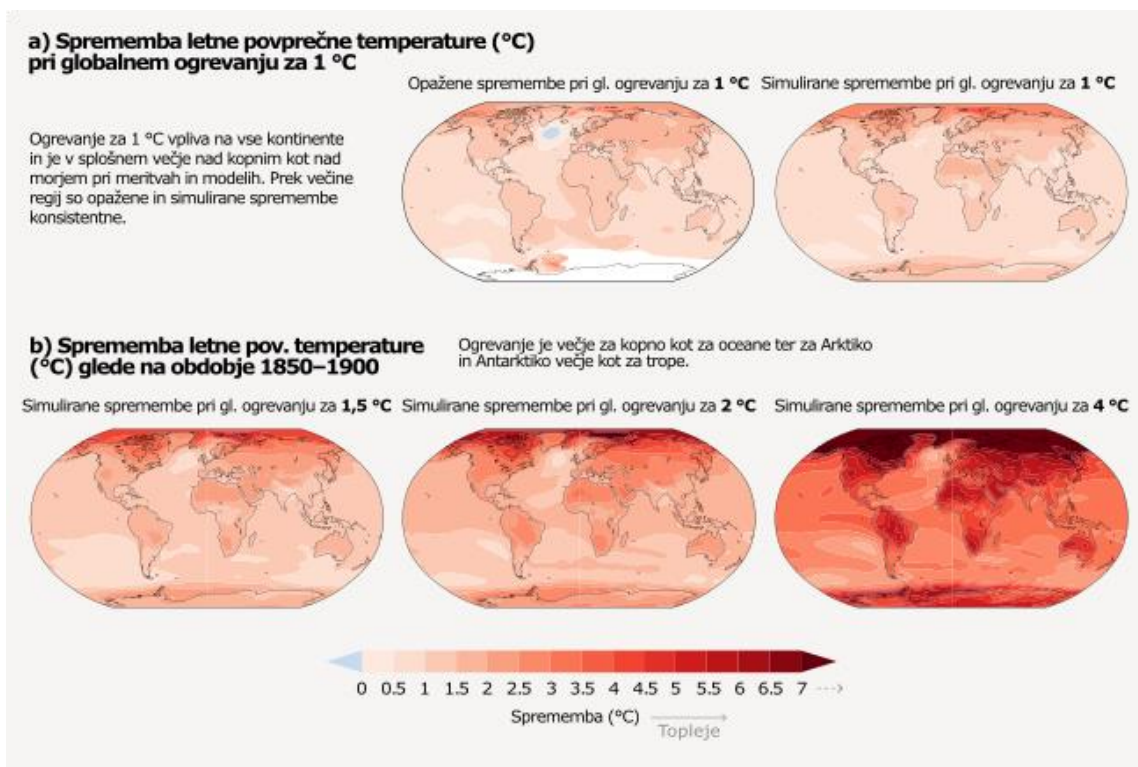
Dvig globalne temperature za 2 °C glede na obdobje 1850–1900 bo v 21. stoletju presežen po scenarijih z velikimi in zelo velikimi izpusti TGP (SSP3-7.0 in SSP5-8.5), izjemno verjetno bo presežen tudi za srednji scenarij (SSP2-4.5). Za scenarija z zelo majhnimi in majhnimi izpusti (SSP1-1.9 in SSP1-2.6) je tak dvig globalne temperature izjemno malo verjeten oz. malo verjeten. Ogrevanje za 2 °C in več že v sredini stoletja (2041–2060) je zelo verjetno za scenarij z zelo velikimi izpusti (SSP5-8.5), verjetno za scenarij z velikimi izpusti (SSP3-7.0), in bolj verjetno kot ne za srednji scenarij izpustov (SSP2-4.5).

Dvig globalne temperature za 1,5 °C glede na obdobje 1850–1900 bo v 21. stoletju presežen po scenarijih s srednjimi, velikimi in zelo velikimi izpusti TGP (SSP2-4.5, SSP3-7.0 in SSP5-8.5). V bližnji prihodnosti (2021–2040) bo ta meja zelo verjetno presežena po scenariju z zelo velikimi izpusti (SSP5-8.5), verjetno presežena po scenarijih s srednjimi in velikimi izpusti (SSP2-4.5 in SSP3-7.0), bolj verjetna kot ne po scenariju z majhnimi izpusti SSP1-2.6 in verjetneje kot ne dosežena po scenariju z najmanjšimi izpusti (SSP1-1.9). Za ta zadnji scenarij je bolj verjetno kot ne, da se bo globalna temperatura proti koncu stoletja ponovno spustila pod prag 1,5 °C, ogrevanje v sredini stoletja pa naj ne bi preseglo 1,6 °C.

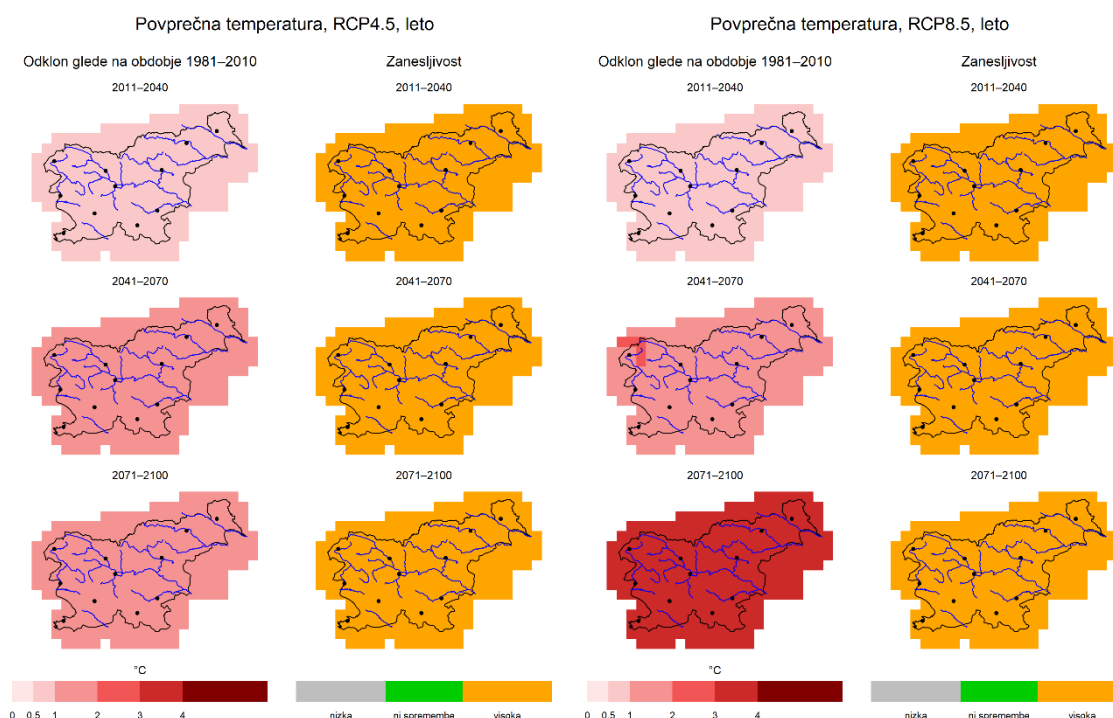
Globalna temperatura za posamezno leto lahko zaradi naravne spremenljivosti niha nad in pod omenjenimi vrednostmi, kar pa ne pomeni, da je bil dani prag dosežen. Prag velja za dolgoletno (20-letno) povprečje.

Veliko sprememb v podnebnem sistemu postaja s povečevanjem globalne temperature večjih. Povečala se bosta pogostost in jakost vročinskih izjemnih dogodkov, morskih vročinskih valov, obilnih padavin, kmetijskih suš površinskega sloja tal v nekaterih regijah, delež intenzivnih tropskih ciklonov, istočasno pa se bo zmanjšal obseg arktičnega morskega ledu, snežne odeje in permafrosta.

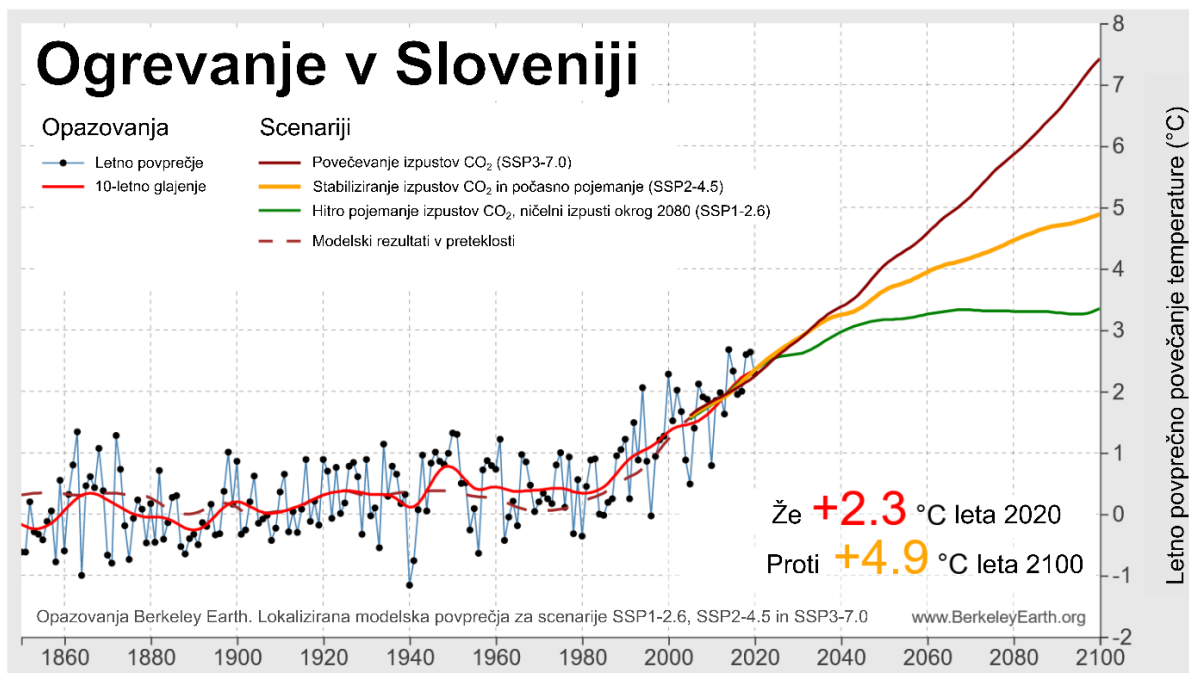
Praktično gotovo je, da se bo kopno ogrevalo hitreje od oceanov (verjetno 1,4- do 1,7-krat bolj), praktično gotovo je, da se bo Arktika ogrevala hitreje od preostalega kopnega (zelo verjetno nad dvakratnikom globalnega ogrevanja) (slika 6).



Slika 6. Primerjava med opazovano in simulirano spremembo letne povprečne temperature ozračja na površju (zgoraj) in simulirana sprememba letne povprečne temperature ozračja pri globalnem ogrevanju za 1,5 °C, 2 °C in 4 °C (20-letna povprečna modelska sprememba glede na obdobje 1850–1900) (spodaj)



Slika 7. Sprememba letnega povprečja temperature zraka v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 in pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija izpustov RCP4.5 (levo) in RCP8.5 (desno). Pri zanesljivosti ocen so s sivo označene vrednosti, kjer različni modeli kažejo trende različnih smeri, z zeleno so spremembe tako majhne, da jih ne moremo ločiti od naravne spremenljivosti, z oranžno pa so označene statistično značilne spremembe, kjer tudi različni modeli kažejo podoben trend (Dolinar, 2018)



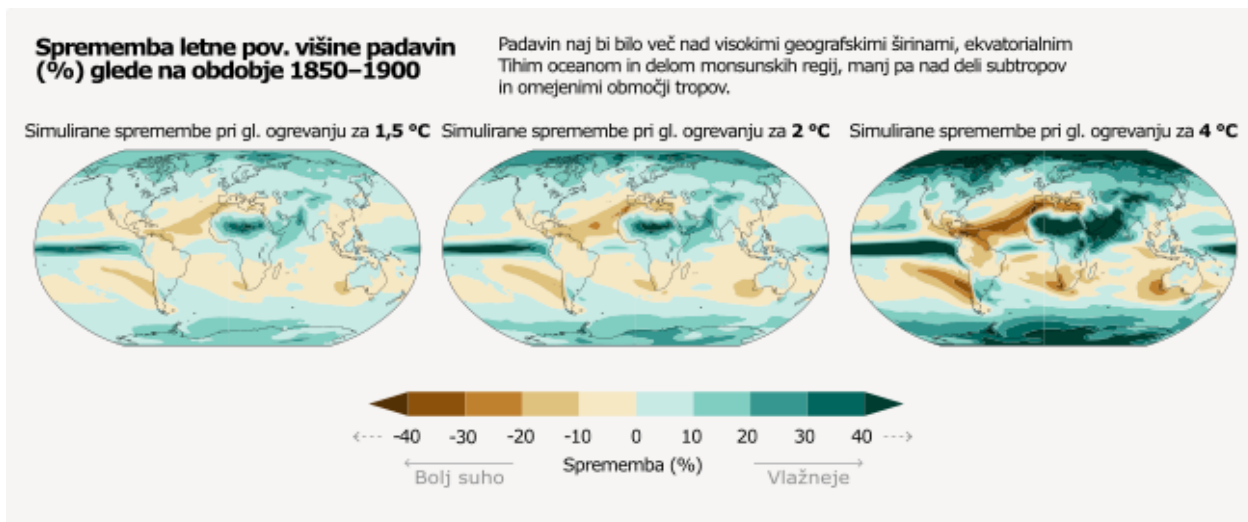
Slika 8. Ogrevanje ozračja v preteklosti v Sloveniji in projekcije do konca stoletja glede na tri izbrane scenarije izpustov TGP (SSP1-2.6, SSP2-4.5 in SSP3-7.0) (vir: Berkeley Earth)

V Sloveniji se bo naraščanje temperature zraka v 21. stoletju nadaljevalo, velikost dviga pa je zelo odvisna od scenarija izpustov TGP (sliki 7 in 8). V primeru scenarija izpustov TGP RCP2.6³ bo temperatura do konca stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 zrasla za približno 1,3 °C, v primeru scenarija izpustov RCP4.5 za približno 2 °C, v primeru scenarija izpustov RCP8.5 pa za približno 4,1 °C. Verjetno bo temperatura najbolj zrasla pozimi, le nekoliko manj poleti in jeseni, najmanj pa spomladi (Dolinar, 2018).

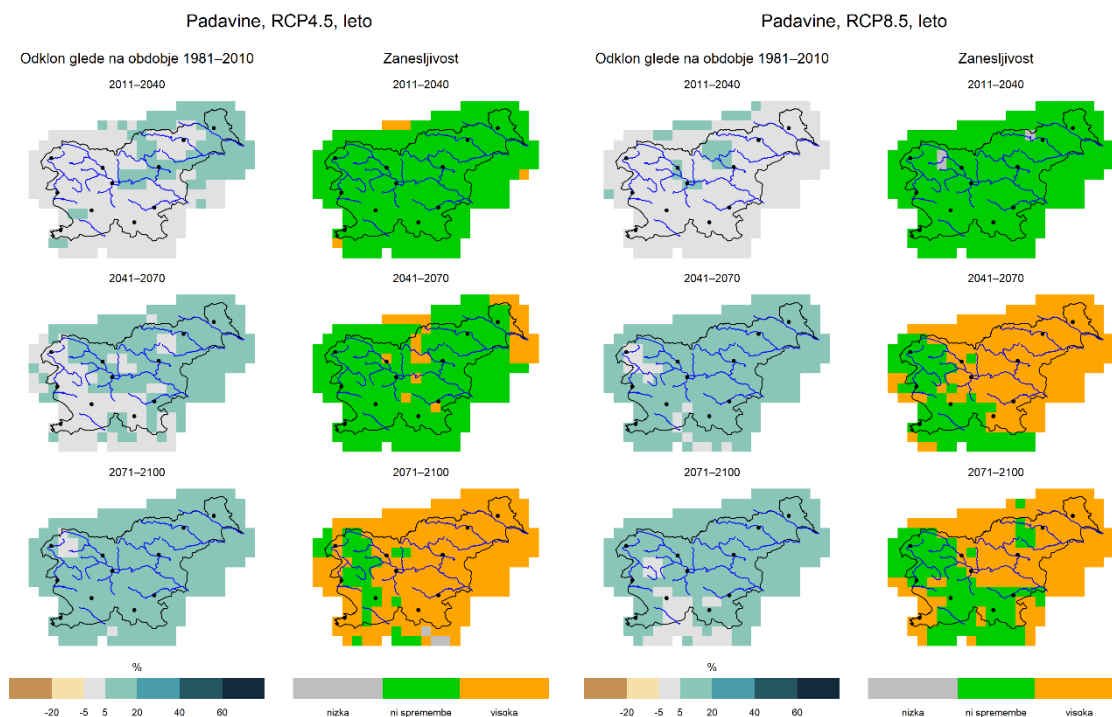
Z vsakim dodatnim povišanjem globalnega ogrevanja bodo spremembe v izjemnih dogodkih postale večje. Na primer, vsakih dodatnih 0,5 °C h globalnemu ogrevanju bo povzročilo opazno povečanje pogostosti in jakosti vročinskih ekstremov, vključno z vročinskimi valovi (zelo verjetno), obilnimi padavinami (visoka zanesljivost) in kmetijsko sušo površinskega sloja tal v nekaterih regijah (visoka zanesljivost). Z vsakim dodatnim ogrevanjem se bo pojavilo povečano število ekstremov, ki do sedaj še niso bili opaženi, tudi pri 1,5 °C globalnega ogrevanja. Projekcije kažejo, da se bo za redkejše dogodke pogostost povečala bolj (visoka zanesljivost).

Dogodki z obilnimi padavinami se bodo z dodatnim globalnim ogrevanjem zelo verjetno okrepili in postali pogostejši v večini regij (slika 9). Na globalnem nivoju bodo enodnevne ekstremne padavine za vsako stopinjo Celzija globalnega ogrevanja za okrog 7 % obilnejše (visoka zanesljivost). Delež intenzivnih tropskih ciklonov se bo povečal, prav tako najvišje hitrosti najintenzivnejših tropskih ciklonov (visoka zanesljivost).

³ V poročilu (Dolinar, 2018) smo uporabili scenarije izpustov toplogrednih plinov 5. poročila IPCC (AR5), ki imajo oznake RCPy, kjer y prav tako označuje sevalni prispevek na koncu stoletja. Ti scenariji so podobni tukaj omenjenim, z nekaj razlikami: RCP26 je podoben scenariju SSP1-2.6, razen da je lahko nekoliko hladnejši pri istih modelskih nastavitvah. Podobno je scenarij RCP4.5 podoben scenariju SSP2-4.5, vsaj do sredine stoletja, scenarij RCP8.5 pa scenariju SSP5-8.5, razen da ima scenarij SSP5-8.5 proti koncu stoletja nekoliko višje izpuste CO₂ in nižje za metan, temperature pa so nekoliko višje kot pri scenariju RCP8.5.



Slika 9. Modelska sprememba višine padavin (v %) pri globalnem ogrevanju za 1,5 °C, 2 °C in 4 °C (20-letna povprečna modelska sprememba glede na obdobje 1850–1900)

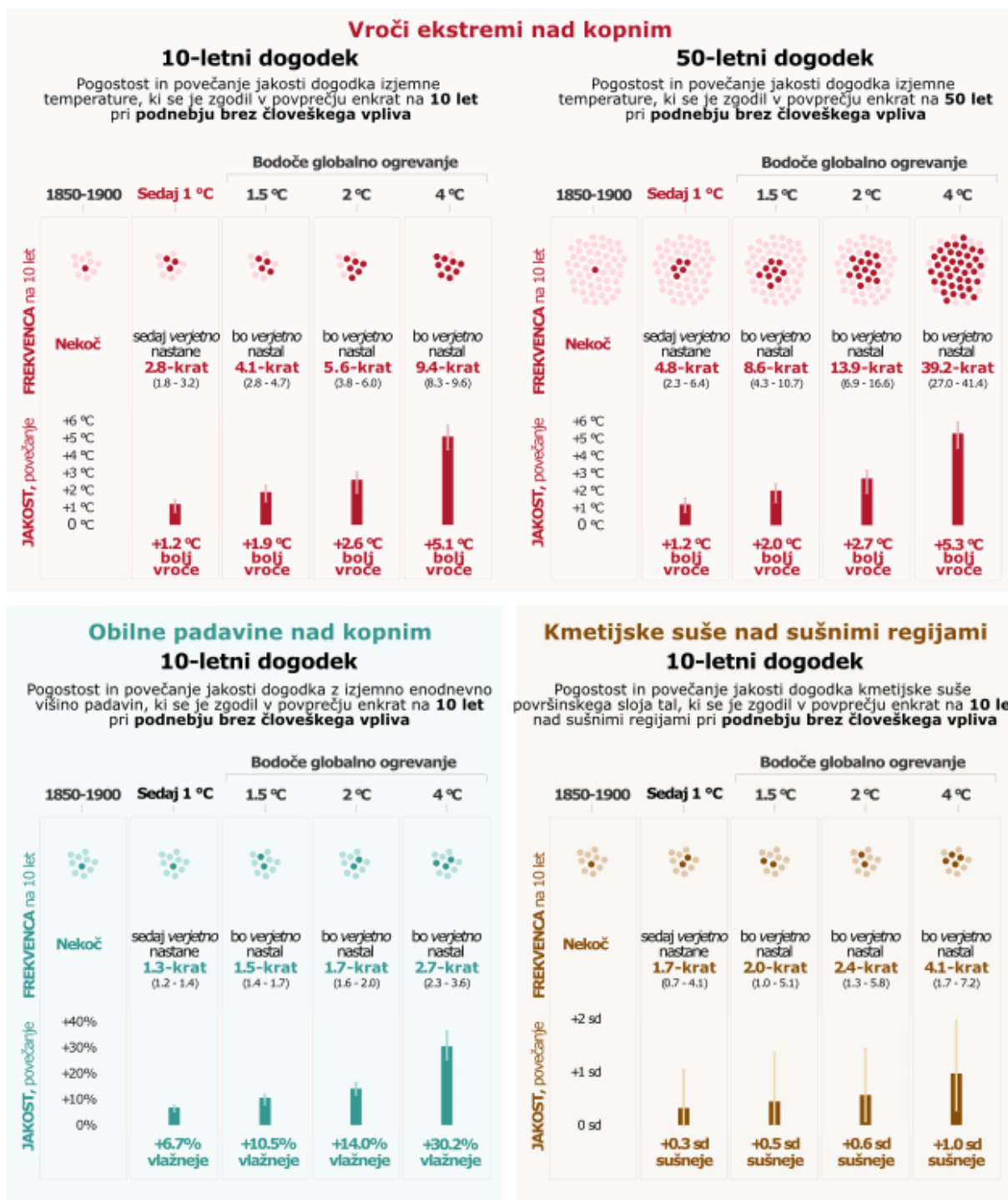


Slika 10. Sprememba povprečne letne višine padavin v treh projekcijskih obdobjih glede na obdobje 1981–2010 in pripadajoča zanesljivost spremembe za scenarija izpustov RCP4.5 (levo) in 8.5 (desno). Pri zanesljivosti ocen so s sivo označene vrednosti, kjer različni modeli kažejo trende različnih smeri, z zeleno so spremembe tako majhne, da jih ne moremo ločiti od naravne spremenljivosti, z oranžno pa so označene statistično značilne spremembe, kjer tudi različni modeli kažejo podoben trend (Dolinar, 2018)

V Sloveniji se bo višina padavin na letni ravni in pozimi po scenarijih izpustov TGP RCP4.5 in RCP 8.5 sredi ali konec 21. stoletja znatno povečala (slika 10). V primeru obeh scenarijev izpustov bo povprečno povečanje letnih padavin konec stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 do 20 %. Še bolj se bodo padavine povečale pozimi, nekoliko bolj na vzhodu države. Že v sredini stoletja se bodo v vzhodni Sloveniji zimske padavine povečale do 40 %, do konca stoletja pa bo v primeru scenarija izpustov RCP8.5 tudi več kot 60 % več zimskih padavin. V ostalih letnih časih je smer in velikost spremembe

padavin zelo odvisna od scenarija izpustov in deloma modela, spremembe pa so večinoma manjše od naravne spremenljivosti padavin. Kazalniki, s katerimi merimo izjemne padavine, kažejo, da se bosta povečali tako jakost kot pogostost izjemnih padavin, povečanje pa bo najbolj izrazito v primeru scenarija izpustov RCP8.5 (Dolinar, 2018).

Projicirane spremembe pri ekstremih so pogostejše in intenzivnejše za vsako dodatno stopnjo globalnega ogrevanja



Slika 11. Projekcije spremembe jakosti in pogostosti vročinskih ekstremov nad kopnim, izjemnih padavin nad kopnim ter kmetijskih suš površinskega sloja tal v regijah z zmanjšanjem padavin. Projekcije so prikazane za štiri

stopnje globalnega ogrevanja (1 °C, 1,5 °C, 2 °C in 4 °C) glede na obdobje 1850–1900. Vroči ekstremi so definirani kot dnevne najvišje temperature nad kopnim, ki so bile v referenčnem obdobju 1850–1900 v povprečju presežene enkrat na desetletje (10-letni dogodek) ali enkrat v 50 letih (50-letni dogodek). Dogodki z obilnimi padavinami nad kopnim so definirani kot dnevna višina padavin nad kopnim, ki je bila v referenčnem obdobju 1850–1900 v povprečju presežena enkrat v desetletju. Kmetijske suše površinskega sloja tal so definirane kot letno povprečje skupne vlažnosti tal pod desetim centilom v referenčnem obdobju 1850–1900.

Dodatno ogrevanje bo okrepilo odmrzovanje permafrosta; izguba snežne odeje, kopenskega ledu in arktičnega morsklega ledu bo večja. Arktika bo verjetno brez morsklega ledu septembra vsaj enkrat pred letom 2050 po vseh petih scenarijih izpustov TGP, pri močnejšem ogrevanju pa pogosteje. Za Antarktiko so projekcije zmanjšanja morsklega ledu nizko zanesljive.

Če se bo globalno ogrevanje ozračja nadaljevalo, se bo globalni vodni krog še bolj okrepil, spremenila se bo njegova spremenljivost, monsunska deževje bo obilnejše, dogodki z obilnimi padavinami in sušni dogodki se bodo še okrepili (slika 11).

Z višanjem globalne temperature se bo globalni vodni krog še naprej krepil (visoka zanesljivost), padavine in pretoki rek bodo postali bolj spremenljivi za večino kopenskih regij tako med sezonami (visoka zanesljivost) kot tudi medletno (srednja zanesljivost). Povprečna letna globalna višina padavin naj bi se do konca stoletja (2081–2100) glede na obdobje 1995–2014 povečala za 0–5 % pod scenarijem z zelo majhnimi izpusti (SSP1-1.9), 1,5–8,0 % za scenarij s srednjimi izpusti (SSP2-4.5) in 1–13 % za scenarij z zelo velikimi izpusti (SSP5-8.5). Višina padavin naj bi se pod scenariji SSP2-4.5, SSP3-7.0 in SSP5-8.5 zelo verjetno povečala nad območji visokih geografskih širin, ekvatorialnim Tihim oceanom in v delih monsunskih regij, zmanjšala pa nad delom subtropskih regij in omejenim območjem tropov. Delež kopnega, ki bo občutil vidno zvišanje ali znižanje sezonske višine padavin, naj bi se povečal (srednja zanesljivost).

Toplejše podnebje bo okrepilo zelo mokre in zelo suhe vremenske in podnebne dogodke ter sezone, ki povzročajo poplave in suše (visoka zanesljivost). Lokacija in pogostost teh dogodkov sta odvisni od projekcije sprememb v regionalnem kroženju zraka, vključno z gibanji monsunov in ciklonov zmernih geografskih širin.

Za scenarije z vedno večjimi izpusti CO₂ kažejo projekcije vedno manjšo sposobnost oceanov in kopenskih ponorov ogljika pri upočasnjevanju kopičenja CO₂ v ozračju.

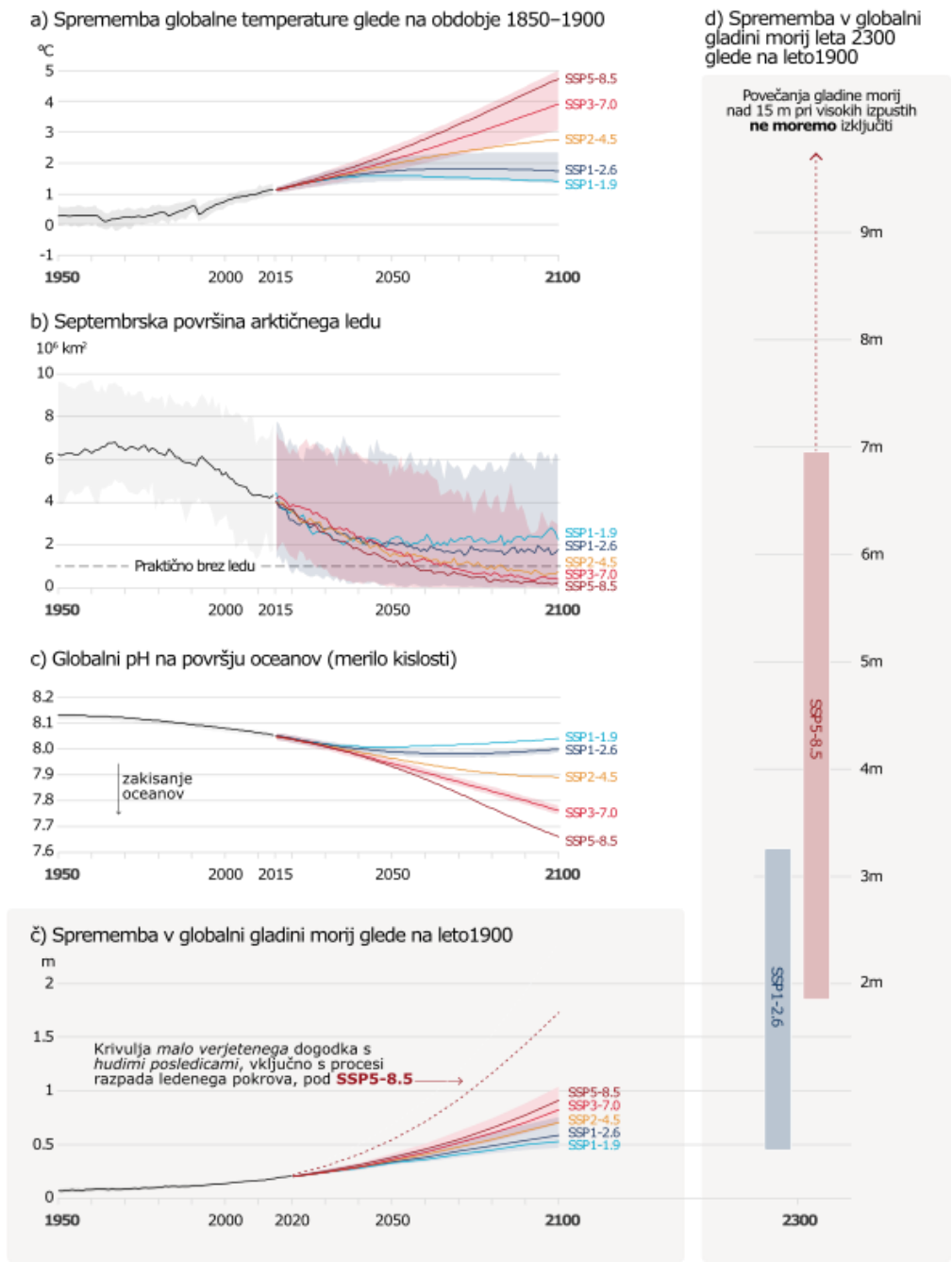
Čeprav kažejo projekcije, da bodo naravni ponori ogljika na kopnem in v oceanih v absolutnih vrednostih vpili večje količine CO₂ pri scenarijih z večjimi izpusti, kot pri tistih z manjšimi, pa postajajo pri tem manj učinkoviti. To pomeni, da se delež vpitega CO₂ v oceanih in na kopnem zmanjšuje z zviševanjem kumulativne količine izpustov CO₂. S tem bo ostajal večji delež izpuščenega CO₂ v ozračju (visoka zanesljivost).

Veliko sprememb zaradi preteklih in bodočih izpustov toplogrednih plinov je nepovratnih v obdobju naslednjih stoletij in tisočletij, še posebej spremembe v oceanih, ledenih pokrovi in gladini morij (slika 12).

Pretekli izpusti TGP od leta 1750 bodo povzročili segrevanje oceanov tudi v prihodnosti (visoka zanesljivost). Verjetno ogrevanje oceanov v preostalem 21. stoletju je od 2–4- (SSP1-2.6) do 4–8-kratnik (SSP5-8.5) spremembe v obdobju 1971–2018. Glede na več sosledij dokazov se bo ogrevanje zgornje plasti oceanov (praktično gotovo), njihovo zakisanje (praktično gotovo) in nižanje ravni kisika (visoka zanesljivost) nadaljevalo tudi v 21. stoletju, velikost sprememb pa je odvisna od bodočih izpustov. Spremembe so nepovratne v obdobju stoletij ali tisočletij za globalno temperaturo oceanov

(zelo visoka zanesljivost), zakisanje v globinah oceanov (zelo visoka zanesljivost) in nižanje ravni kisika (srednja zanesljivost).

Človekova aktivnost vpliva na vse glavne komponente podnebne sistema, ki se odzivajo še desetletja, nekatere stoletja



Slika 12. Človekova dejavnost prizadene vse večje podnebne sisteme, nekatere v desetletjih, druge še tisočletja. Izbrani kazalniki globalnih podnebnih sprememb za pet scenarijev izpustov TGP: sprememba globalne temperature zraka (a), septembrska površina morskega ledu po simulacijah šeste generacije podnebnih modelov CMIP6 (b), pH na površini oceanov po modelih CMIP6 (c), sprememba gladine morij glede na obdobje 1900 (č) in sprememba gladine morij do leta 2300 (d)

Gorski in polarni ledeniki se bodo talili še desetletja ali stoletja (zelo visoka zanesljivost). Izguba ogljika v permafrostu se bo zaradi odmrzovanja permafrosta nadaljevala še stoletja (visoka zanesljivost). Nadaljevanje izgube ledu v 21. stoletju na Grenlandiji je praktično gotovo in verjetno za Antarktiko. Zelo verjetno se bo izguba ledu na Grenlandiji večala s kumulativnimi izpusti TGP. Obstajajo omejeni dokazi za malo verjetne dogodke s hudimi posledicami (zaradi nestabilnosti ledenih plošč in vključujoč v nekaterih primerih točke preloma), ki bi močno povečali izgubo ledu na Antarktiki še stoletja pod scenariji z velikimi izpusti TGP⁴.

Praktično gotovo je, da bo povprečna gladina morij v 21. stoletju naraščala še naprej. Verjetno naraščanje povprečne gladine morij do leta 2100 glede na obdobje 1995–2014 je 0,28–0,55 m za scenarij z zelo majhnimi izpusti (SSP1-1.9), 0,32–0,62 m za scenarij z majhnimi izpusti (SSP1-2.6), 0,44–0,76 m za scenarij s srednjimi izpusti (SSP2-4.5) in 0,63–1,01 m za scenarij z zelo velikimi izpusti (SSP5-8.5). Do leta 2150 pa so ta naraščanja naslednja: 0,37–0,86 m (SSP1-1.9), 0,46–0,99 m (SSP1-2.6), 0,66–1,33 m (SSP2-4.5) in 0,98–1,88 m (SSP5-8.5). Naraščanja povprečne gladine morij nad zgoraj omenjene verjetne vrednosti, proti 2 m do leta 2100 in 5 m do leta 2150 za scenarij z velikimi izpusti, ne moremo izključiti zaradi velike negotovosti pri procesih tvorjenja ledenega pokrova.

Nivo oceanov se bo dvigoval še stoletja in tisočletja zaradi nadaljevanja ogrevanja oceanov v globinah in taljenja ledenega pokrova, nivo oceanov bo povišan še tisoče let (visoka zanesljivost). V naslednjih 2000 letih se bo povprečna gladina morij povišala od 2 do 3 m, če omejimo globalno ogrevanje na 1,5 °C, 2–6 m, če ga omejimo na 2 °C in 19–22 m pri ogrevanju na 5 °C, naraščanje pa se bo nadaljevalo še naslednja tisočletja (nizka zanesljivost). Projekcije večtisočletnega dviga gladine oceanov so skladne z rekonstrukcijo višine morij v preteklih toplih podnebnih obdobjih: verjetno 5–10 m višja gladina kot danes pred 125.000 leti, ko je bila globalna temperatura zelo verjetno 0,5–1,5 °C višja kot v obdobju 1850–1900, in zelo verjetno 5–25 m višja pred okrog 3 milijoni let, ko je bila globalna temperatura 2,5–4 °C višja (srednja zanesljivost).

Podnebne informacije za oceno tveganja in regionalno prilagajanje na podnebne spremembe

Fizikalne informacije o podnebnju dajejo vpogled v to, kako se podnebni sistem obnaša pri medsebojnem delovanju človeškega vpliva, naravnih dejavnikov in njegove notranje spremenljivosti. Znanje o podnebnem odzivu in razponu možnih izidov, vključno z malo verjetnimi dogodki s hudimi posledicami, daje podatke podnebnim storitvam – oceni podnebnih tveganj in načrtovanju prilagajanja na podnebne spremembe. Fizikalne informacije o podnebnju v globalnem, regionalnem in lokalnem merilu so razvite iz več sosedij dokazov, vključno z opazovalnimi produkti, rezultati podnebnih modelov in po meri narejenimi analizami.

Naravni dejavniki in notranja spremenljivost bodo modulirali⁵ spremembe zaradi človeka, še posebej na regionalni ravni in v bližnji prihodnosti, večjega vpliva na globalno ogrevanje pa dolgoročno ne bodo imeli. Te modulacije je pri načrtovanju zaradi celotnega razpona možnih sprememb pomembno upoštevati.

⁴ Dogodki male verjetnosti s hudimi posledicami so taki, katerih verjetnost pojava je nizka ali ni dobro poznana, vendar imajo lahko potencialno velik vpliv na družbo in ekosistem. Točka preloma je kritični prag, nad katerim se sistem reorganizira, pogosto nenadno in nepovratno.

⁵ Modulirati: vplivati z visoko frekvenco na nizkofrekvenčne spremembe

Zgodovinski zapisi o globalni temperaturi kažejo, da lahko desetletna spremenljivost okrepi ali pa zakrije resnične, a manj očitne dolgoletne spremembe zaradi človekove aktivnosti. Ta spremenljivost se bo nadaljevala tudi v prihodnje (zelo visoka zanesljivost). Na primer, notranja desetletna spremenljivost Sončevih in ognjeniških dejavnikov je v obdobju 1998–2012 delno zakrila od človeka povzročeno globalno ogrevanje ozračja, z izrazitimi regionalnimi in sezonskimi značilnostmi. Vseeno se je globalno ogrevanje nadaljevalo tudi v tem obdobju, kar se je kazalo v nadaljnjem ogrevanju oceanov (zelo visoka zanesljivost) in porastu vročinskih ekstremov nad kopnim (srednja zanesljivost).

Projicirane, od človeka povzročene spremembe povprečnega podnebja in podnebnih dejavnikov, vključno z ekstremi, bodo zaradi notranje spremenljivosti bodisi oslABLJENE ali okrepljene (visoka zanesljivost). Lahko nastane kratkoročno ohlajanje na katerikoli lokaciji glede na trenutno podnebje, kar pa bi bilo še vedno skladno z globalnim porastom temperature zaradi človekovega vpliva (visoka zanesljivost).

Notranja spremenljivost je bila v glavnem odgovorna za oslabitev ali okrepitev opazovane, od človeka povzročene desetletne do večdesetletne povprečne spremembe višine padavin nad veliko kopenskimi regijami (visoka zanesljivost). Poleg tega so projicirane spremembe v višini padavin v bližnji prihodnosti na globalnem in regionalnem nivoju negotove zaradi modelske negotovosti in negotovosti pri oceni vpliva naravnih in antropogenih aerosolov (srednja zanesljivost).

Glede na paleopodnebnne in zgodovinske vire je verjetno, da bo v 21. stoletju prišlo do najmanj enega velikega vulkanskega izbruha. Tak izbruh bi znižal globalno temperaturo ozračja in jakost padavin v obdobju enega do treh let, še posebej nad kopnim, spremenil svetovno gibanje monsunov, izjemne padavine in spremenil mnogo ostalih podnebnih dejavnikov (srednja zanesljivost). Takšen izbruh bi začasno in delno zakril od človeka povzročeno spremembo podnebja.

Projekcije kažejo, da bo z nadaljevanjem globalnega ogrevanja ozračja vsaka regija občutila hkratne in mnogokratne spremembe dejavnikov podnebnih posledic⁶. Spremembe več dejavnikov podnebnih posledic bodo obsežnejše pri 2 °C kot pri 1,5 °C globalnega ogrevanja in še obsežnejše ali bolj izrazite pri večjem ogrevanju (slika 13).

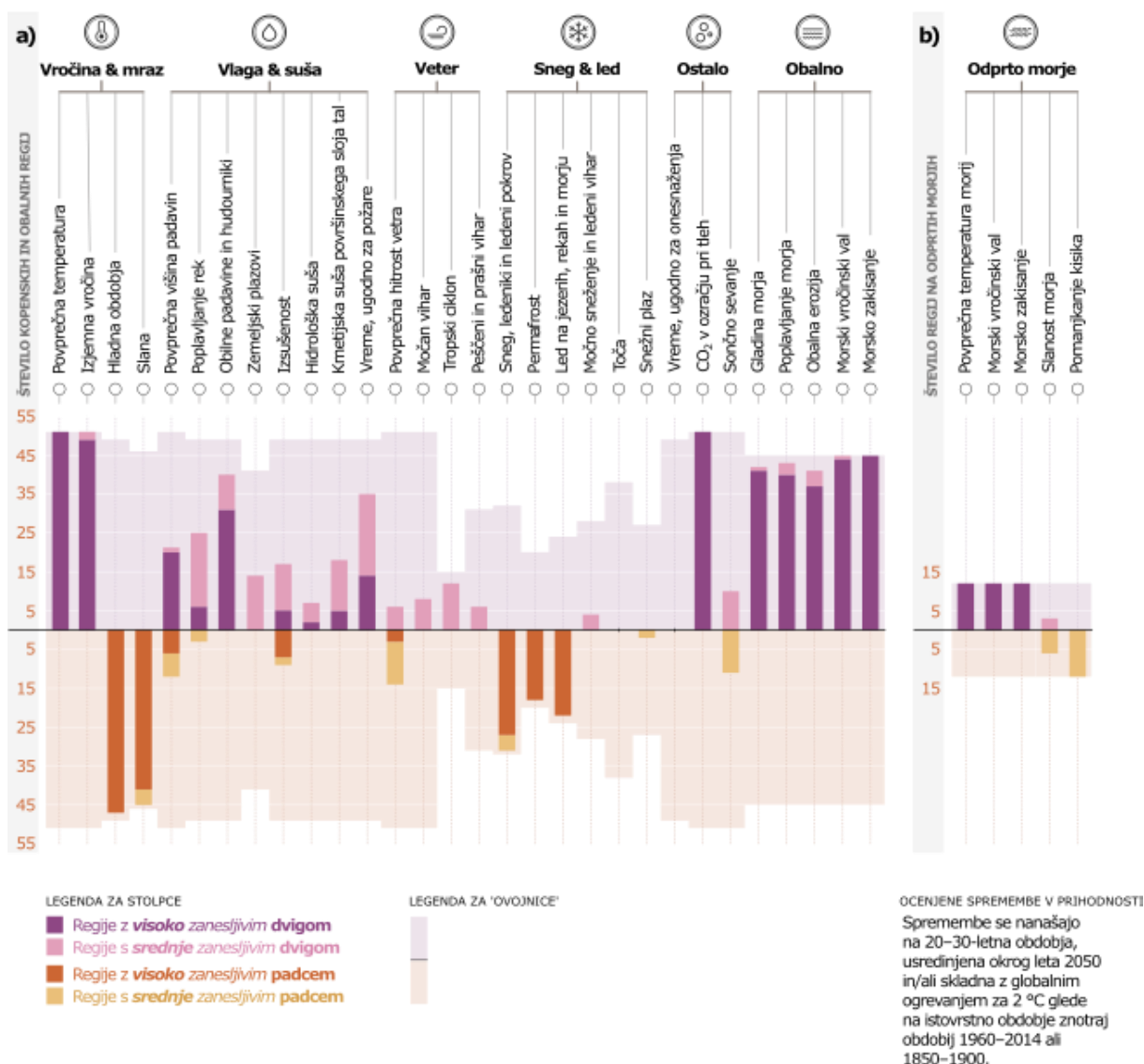
Projekcije kažejo, da bodo vse regije občutile nadaljnje povečanje vročinskih dejavnikov podnebnih posledic (DPP) in zmanjšanje hladnih DPP (visoka zanesljivost). Projekcije kažejo na nadaljnje zmanjševanje permafrosta, snega, ledenikov in ledenih pokrovov, jezerskega in arktičnega morskega ledu (srednja do visoka zanesljivost). Te spremembe bodo večje pri globalnem ogrevanju nad 2 °C kot pri ogrevanju na 1,5 °C. Pragovi ekstremne temperature, pomembni za kmetijstvo in zdravje ljudi, bodo preseženi bolj pogosto pri večjem globalnem ogrevanju (visoka zanesljivost).

Projekcije kažejo, da se bodo pri globalnem ogrevanju za 1,5 °C obilne padavine in z njimi povezane poplave okrepile in postale pogostejše v večini regij Afrike in Azije (visoka zanesljivost), Severne Amerike (srednja do visoka zanesljivost) in Evrope (srednja zanesljivost). Prav tako bodo postale pogostejše ali intenzivnejše kmetijske suše površinskega sloja tal glede na obdobje 1850–1900 v nekaterih regijah na vseh celinah, razen v Aziji (srednja zanesljivost), prav tako meteorološke suše v nekaterih regijah (srednja zanesljivost). V manjšem številu regij naj bi prišlo do zmanjšanja ali povečanja povprečne višine padavin (srednja zanesljivost).

⁶ Dejavniki podnebnih posledic: naravni ali od človeka povzročeni podnebni dogodki ali trendi, ki imajo lahko posledice (škodljive ali dobrodejne) na sestavino družbe ali ekosistemov

Več dejavnikov podnebnih posledic naj bi se spremenilo v vseh regijah sveta

Število kopenskih in obalnih regij (a) ter regij na odprtih morjih (b), kjer projekcije kažejo na **povečanje** ali **zmanjšanje** dejavnikov podnebnih posledic (DPP) z **visoko** (temnejše barve) ali **srednjo zanesljivostjo** (svetlejšje barve)



Slika 13. Večkratni dejavniki podnebnih posledic se bodo spremenili v vseh regijah sveta. Število regij, za katere se kažejo spremembe v dejavniki podnebnega vpliva, levo: kopenske in obalne regije, desno: regije na odprtih morjih. Za vsak dejavnik podnebnih posledic kažejo stolpci število referenčnih regij s projiciranimi spremembami. Barva stolpcev kaže na smer spremembe in stopnjo zanesljivosti: vijolične kažejo na povečanje, rjave na zmanjšanje; temnejši in svetlejši odtenki se nanašajo na visoko in srednjo zanesljivost. Zelo svetla barva v ozadju prikazuje največje število regij, za katere je dejavnik podnebnih posledic pomemben.

Pri globalnem ogrevanju za 2 °C in več sta zanesljivost projekcij in velikost spremembe pri sušah, povprečni višini padavin in obilnih nalivih večji kot pri ogrevanju na 1,5 °C. Projekcije kažejo, da naj bi obilne padavine in z njimi povezane poplave postale intenzivnejše in pogostejše na otokih Tihega oceana ter v veliko regijah Severne Amerike in Evrope (srednja do visoka zanesljivost), podobne spremembe pa so vidne tudi v nekaterih regijah Avstralazije, Srednje in Južne Amerike (srednja zanesljivost). Več regij v Afriki, Južni Ameriki in Evropi naj bi občutilo povečano intenzivnost ali pogostost kmetijskih suš površinskega sloja tal (srednja do visoka zanesljivost), s srednjo zanesljivostjo

se kaže povečanje še za Avstralazijo, Srednjo in Severno Ameriko ter Karibe. Manjše število regij v Afriki, Avstralaziji, Evropi in Severni Ameriki naj bi občutilo povečano ali zmanjšano število hidroloških suš, čeprav bi bilo več tistih, ki bi občutila povečanje (srednja zanesljivost). Povprečna višina padavin naj bi se povečala v vseh polarnih in severnoevropskih regijah, regijah na severu Severne Amerike, večini Azijskih regij in dveh regijah Južne Amerike (visoka zanesljivost).

Projekcije kažejo na več sprememb dejavnikov podnebnih posledic pri zvišanju globalne temperature za 2 °C kot pri zvišanju za 1,5 °C (visoka zanesljivost). Odvisno od regij se kažejo krepitev tropskih ciklonov ali ciklonov zmernih geografskih širin (srednja zanesljivost), povečanje števila rečnih poplav (srednja do visoka zanesljivost), zmanjšanje povprečne količine padavin in povečanje puščav (srednja do visoka zanesljivost) ter povečanje pogostosti vremena, ugodnega za požare (srednja do visoka zanesljivost). Zanesljivost za spremembo ostalih podnebnih dejavnikov, kot so toča, snežni, intenzivni in peščeni viharji, močno sneženje in zemeljski plazovi je nizka za večino regij.

Zelo verjetno ali celo praktično gotovo je, da se bo višanje gladine morij povečevalo vso 21. stoletje, razen v nekaterih regijah, ki se geološko dvigujejo. Približno dve tretjini obalnih regij naj bi občutilo regionalni relativni dvig morske gladine v velikosti ± 20 % povprečnega globalnega dviga oceanov (srednja zanesljivost). Zaradi tega se bodo izjemni dogodki, povezani z gladino morij, ki so se v preteklosti zgodili enkrat v stoletju, pojavljali do leta 2100 najmanj enkrat letno na več kot polovici merskih postaj (visoka zanesljivost). Povečali se bosta pogostost in intenzivnost obalnih poplav v nizko ležečih območjih in erozija na večini peščenih obal (visoka zanesljivost).

Mesta krajevno še okrepijo od človeka povzročeno ogrevanje. Nadaljnja urbanizacija in pogostejši vročinski ekstremi bodo povečali vpliv vročinskih valov (zelo visoka zanesljivost). Urbanizacija prav tako poveča povprečne in obilne padavine nad mesti (srednja zanesljivost), zato se bo povečal problem z odtokom vode (srednja zanesljivost). V obalnih mestih bodo zaradi povečane pogostosti dogodkov, povezanih z gladino morja, ekstremnih padavin ali povečanega pretoka rek poplave verjetnejše (visoka zanesljivost).

Več regij lahko z višjim globalnim segrevanjem pričakuje povečano verjetnost za pojav sestavljenih dogodkov (visoka zanesljivost). Še posebej hkratni pojav vročinskih valov in suš bo verjetno pogostejši. Istočasni ekstremi na več območjih lahko postanejo pogostejši pri globalnem segrevanju nad 2 °C kot pri segrevanju na 1,5 °C (visoka zanesljivost).

Dogodkov nizke verjetnosti, kot so razpad ledenega pokrova, nenadne spremembe oceanskih tokov, nekateri sestavljeni izjemni dogodki in ogrevanje, znatno višje kot ocenjeno z zelo verjetno, ne moremo izključiti in jih je potrebno upoštevati pri oceni tveganja.

Če bi globalno ogrevanje preseglo ocenjen zelo verjeten razpon, bi globalne in regionalne spremembe več vidikov podnebnega sistema, kot so regionalne padavine in ostali dejavniki podnebnih posledic, prav tako presegli ocenjen zelo verjeten razpon (visoka zanesljivost). To velja tudi za scenarije z zelo majhnimi izpusti TGP. Takšno močnejše ogrevanje s sicer nizko verjetnostjo ima lahko potencialno zelo velik vpliv. Vročinski valovi in obilne padavine lahko postanejo pogostejši in intenzivnejši, kar predstavlja višje tveganje za človeka in ekološke sisteme, še posebej pri velikih izpustih TGP.

Malo verjetni dogodki s hudimi posledicami se lahko zgodijo v globalnem ali regionalnem merilu tudi pri globalnem segrevanju znotraj ocenjenega zelo verjetnega razpona za dan scenarij izpustov TGP. Pogostost malo verjetnih dogodkov s hudimi posledicami se veča z večjim globalnim ogrevanjem (visoka zanesljivost). Nenadnega odziva in točke preloma podnebnega sistema, kot je močno povečano taljenje ledenega pokrova na Antarktiki ali umiranje gozdov, ne moremo izključiti (visoka zanesljivost).

Če se bo globalno ogrevanje nadaljevalo, bodo nekateri sestavljeni izjemni dogodki, ki so imeli v preteklosti in imajo v sedanosti nizko verjetnost nastanka, postali pogostejši, verjetnost za dogodke z veliko jakostjo, trajanjem ali krajevnim obsegom, ki jih do sedaj še nismo zabeležili, pa se bo povečala (visoka zanesljivost).

Severnoatlantska termohalina cirkulacija (del katere je tudi Zalivski tok) bo v 21. stoletju zelo verjetno oslabela po vseh scenarijih izpustov TGP. Čeprav obstaja velika zanesljivost v oslabitev toka do konca 21. stoletja, pa je velikost njegovega trenda ocenjena z nizko zanesljivostjo. Srednje gotovo je, da se pred letom 2100 ne bo nenadno ustavil. Če bi se to vseeno zgodilo, je zelo verjetno, da bo povzročil nenadne spremembe v regionalnih vremenskih vzorcih in vodnem ciklu, kot so: pomik tropskega deževnega pasu na jug, slabljenje monsunov v Afriki in Aziji, krepitev monsunov na južni polobli in bolj sušne razmere v Evropi.

Prav tako ne moremo izključiti pojava nepričakovanih in redkih naravnih dogodkov, ki niso plod človekovega vpliva na podnebje in imajo lahko uničujoče posledice. Primer iz preteklosti je nenaden niz ognjeniških izbruhov v časovnem obdobju nekaj desetletij, ki lahko za nekaj desetletij močno spremeni globalno ali regionalna podnebja. Taki dogodki v tem poročilu niso obravnavani.

Omejevanje bodočih podnebnih sprememb

S fizikalnega stališča zahteva omejevanje človekovega vpliva na globalno ogrevanje omejevanje kumulativnih izpustov CO₂, doseganje vsaj ničelnih neto izpustov CO₂, skupaj z močnim zmanjšanjem izpustov ostalih toplogrednih plinov. Močno, hitro in vztrajno manjšanje izpustov metana bi prav tako omejilo ogrevanje zaradi omejevanja onesnaževanja z aerosoli in izboljšalo kakovost zraka (preglednica 2).

Preglednica 2. Ocena preteklih izpustov CO₂ in preostali ogljični proračun. Ocena preostalega ogljičnega proračuna je izračunana za obdobje od leta 2020 in do takrat, ko bo dosežena globalna ničelna neto vrednost izpustov CO₂.

Globalno ogrevanje med 1850–1900 in 2010–2019 (°C)		Pretekli kumulativni izpusti od 1850 do 2019 (GtCO ₂)				
1.07 (0.8–1.3; <i>verjeten razpon</i>)		2390 (± 240; <i>verjeten razpon</i>)				

Približno globalno ogrevanje glede na obdobje 1850–1900 do temperaturnega praga (°C)	Dodatno globalno ogrevanje glede na obdobje 2010–2019 do temperaturnega praga (°C)	Ocenjen preostali ogljični proračun od začetka leta 2020 (GtCO ₂)					Odklon v zmanjšanju neogljicnih izpustov
		<i>Verjetnost za omejitev ogrevanja do temperaturnega praga</i>					
		17%	33%	50%	67%	83%	
1.5	0.43	900	650	500	400	300	Višje ali nižje zmanjševanje pri spremljajočih neogljicnih izpustih lahko zviša ali zniža vrednosti na levi za 220 GtCO ₂ ali več
1.7	0.63	1450	1050	850	700	550	
2.0	0.93	2300	1700	1350	1150	900	

Poročilo z veliko zanesljivostjo pritrjuje prejšnjemu (AR5), da obstaja skoraj linearno razmerje med kumulativnim antropogenim izpustom CO₂ in globalnim ogrevanjem, ki ga ta povzroča. Ocenjujejo, da vsakih 1000 Gt kumulativnih izpustov CO₂ doprinese 0,45 °C (verjeten razpon je 0,27–0,63 °C) povišanja globalne temperature. Iz te zveze sledi, da moramo za stabilizacijo človekovega vpliva na dvig globalne temperature doseči ničelne neto človekove izpuste CO₂, za omejitev dviga globalne temperature na določen nivo pa je potrebno omejiti kumulativne izpuste CO₂ glede na ogljični proračun.

V obdobju 1850–2019 je bilo izpuščenih 2390 ± 240 Gt CO₂ (verjeten razpon). Preostali ogljični proračun za več omejitev dviga globalne temperature in verjetnosti kaže preglednica.

Antropogeno odstranjevanje CO₂ (AOC) ima potencial, da odstrani CO₂ iz ozračja in ga trajno shrani v zbiralnikih (visoka zanesljivost). Z AOC bi lahko uravnovesili preostanek izpustov in dosegli ničelno neto vrednost izpustov CO₂ ali TGP ali, če bi ga izvajali v takem obsegu, da bi antropogeno odstranjevanje preseglo antropogene izpuste, znižali temperaturo ozračja na površini.

AOC, ki bi vodilo do negativnih neto izpustov, bi znižalo koncentracijo CO₂ v ozračju in obrnilo zakisanje oceanov (visoka zanesljivost).

Če bi dosegli neto negativne izpuste CO₂, bi lahko zaradi izpustov toplogrednih plinov povzročeno segrevanje ozračja postopoma obrnili, ostale podnebne spremembe pa bi se nadaljevale in trajale še desetletja do tisočletja (visoka zanesljivost). Npr. trajalo bi nekaj stoletij ali tisočletij, da bi se zaradi negativnih izpustov CO₂ znižale globalne gladine morij (visoka zanesljivost).

Scenarija z zelo majhnimi ali majhnimi izpusti toplogrednih plinov (SSP1-1.9 in SSP1-2.6) kažeta v nekaj letih razločno razliko v koncentraciji toplogrednih plinov in aerosolov ter kvaliteti zraka glede na scenarija z velikimi ali zelo velikimi izpusti toplogrednih plinov (SSP3-7.0 in SSP5-8.5). Opazna razlika pri trendu globalne temperature bi se začela kazati glede na naravno spremenljivost v okrog 20 letih, pri veliko drugih dejavnikih podnebnih posledic pa v daljših časovnih obdobjih (visoka zanesljivost).

Zmanjšanje izpustov v letu 2020 zaradi ukrepov proti razširjanju covid-19 je vodilo do začasnega, vendar merljivega učinka pri onesnaževanju zraka (visoka zanesljivost) in s tem povezanega majhnega, začasnega zvišanja sevalnega prispevka, predvsem zaradi zmanjšanja ohlajanja zaradi od človeka povzročenih aerosolov (srednja zanesljivost). Globalni in regionalni odziv podnebja na ta začasen prispevek pa je zaradi naravne spremenljivosti neopažen (visoka zanesljivost). Koncentracija CO₂ je rasla tudi v letu 2020, opaznega zmanjšanja glede na stopnjo naraščanja CO₂ ni bilo opaziti (srednja zanesljivost).

Zmanjšanje izpustov TGP vodi do izboljšanja kakovosti zraka. Vendar v bližnji prihodnosti tudi po scenarijih z velikim zmanjšanjem izpustov TGP, kot sta scenarija SSP1-2.6 in SSP1-1.9, to ne bo dovolj, da bi v večjem številu onesnaženih regij dosegli kakovost zraka, kot ga je definirala Svetovna zdravstvena organizacija (visoka zanesljivost).

Scenarija z zelo majhnimi izpusti TGP (SSP1-1.9 in SSP1-2.6) bi imela hiter in trajen vpliv na omejevanje od človeka povzročenih podnebnih sprememb v primerjavi s scenarijema z velikimi in zelo velikimi izpusti TGP (SSP3-7.0 in SSP5-8.5). Ta hiter odziv podnebnega sistema pa lahko ostane prikrit zaradi naravne spremenljivosti. Za globalno temperaturo bi se razlike v 20-letnih trendih med scenarijem z zelo majhnimi izpusti (SSP1-1.9) glede na tiste z velikimi ali zelo velikimi (SSP3-7.0 in SSP5-8.5) verjetno pokazale v bližnji prihodnosti. Odziv večjega števila ostalih podnebnih spremenljivk bi se glede na naravno spremenljivost pokazal ob različnih poznejših obdobjih 21. stoletja (visoka zanesljivost).

Scenarija z zelo majhnimi ali majhnimi izpusti TGP (SSP1-1.9 in SSP1-2.6) bi vodila po letu 2040 do znatno manjših sprememb dejavnikov podnebnih posledic kot scenarija z velikimi ali zelo velikimi izpusti (SSP3-7.0 in SSP5-8.5). Do konca stoletja bi scenarija z zelo majhnimi ali majhnimi izpusti TGP močno omejila spremembe večjega števila dejavnikov podnebnih posledic, kot so povečanje pogostosti dogodkov z visoko morsko gladino, obilne padavine in rečne poplave, preseganje nevarnih temperaturnih pragov, in istočasno omejila število regij, kjer bi se pojavljali, kot pa pod scenarijema z velikimi ali zelo velikimi izpusti. Spremembe bi bile manjše tudi med scenarijema z zelo majhnimi izpusti glede na scenarij z majhnimi izpusti, prav tako med scenarijem s srednjimi izpusti glede na scenarije z velikimi ali zelo velikimi izpusti (visoka zanesljivost).

Viri

Dolinar (ed.) et al: Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, Sintezno poročilo – 1. del, ARSO 2018

Berkeley Earth, <https://berkeleyearth.org>

IPCC, 2021: Climate change 2021, The physical science basis, Summary for policymakers, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SPM.pdf

Pripravi: Urad za meteorologijo, hidrologijo in oceanografijo
Datum: 15. november 2021



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR
AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE