

Spremembe podnebja so tu. Za vedno.

Climate change is here to stay



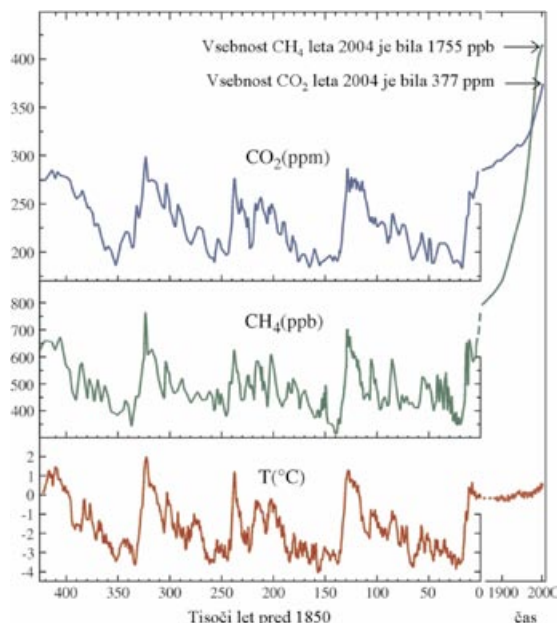
Podnebje je zelo kompleksen pojem, ki ga določa stanje podnebne sistema. Tega sestavljajo poleg ozračja še hidrosfera, kriosfera, biosfera in njihovo medsebojno delovanje. Podatki o podnebnju dandanes segajo že daleč v preteklost. Vemo, da se je podnebje spreminjalo skozi vso znano geološko in človeško zgodovino in da so prav spremembe podnebja pogojevale dramatične spremembe v razvoju življenja na Zemlji. Podnebje se je spreminjalo brez posredovanja človeka, kar je naravna spremenljivost podnebja, in te spremembe so bile relativno počasne.

The climate is a very complex phenomenon, which is defined by the state of the climate system. Besides the atmosphere, the climate system consists of hydrosphere, cryosphere, biosphere and their mutual activities.

Climate data are available for long periods in the past. We are aware, that the climate has been changing throughout the known geologic and human history and that climate changes caused dramatic changes in human development on Earth. The climate has been changing through its natural cycles, without human intervention. Those changes were slow.

Moderen razvoj civilizacije je v zadnjih 200 letih potreboval vedno več energije, ki jo še danes pretežno pridobivamo z izgorevanjem fosilnih goriv. Danes vsak Zemljan porabi povprečno sedemkrat več energije kot pred 200 leti. Zemeljsko ozračje se tako hitro spreminja, zato se spreminja vreme in s tem podnebje. Podnebni sistem se nam v zadnjih 50 letih spreminja hitreje, kot se je to dogajalo v preteklosti. Ne le ozračje, tudi kriosfera in biosfera se vse bolj spreminjajo. K današnjim spremembam pripeva tudi človekov poseg v značilnosti zemeljske površine s spremenjeno rabo tal in sekanjem gozdov. Na račun kurjenja fosilnih goriv, prometa, gnojenja, smetišč, emisij tovarn in podobnega je v ozračju vse več toplogrednih plinov (TGP: CO₂, CH₄, N_xO, O₃ ...), ter aerosolov - mikroskopskih lebdečih delcev ali kapljic, ki vplivajo zlasti na vpijanje sevanja, ki ga oddaja Zemlja.

Več TGP v atmosferi ustvarja povečan učinek tople grede in segrevanje planeta, saj ti plini vpijajo del dolgovalovnega sevanja površja. TGP tudi sami sevajo v dolgovalovnem spektru, pri čemer se del energije izseva nazaj proti površju. Tako površje prejme več energije, kot bi jo le zaradi sevanja



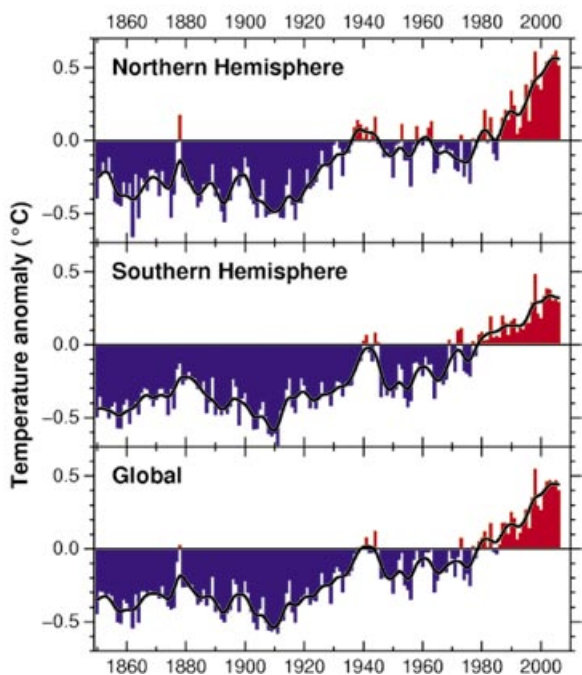
Slika 1: Naraščanje vsebnosti ogljikovega dioksida (CO₂), in metana (CH₄) v ozračju ter odstopanja globalne temperature v zadnjih 450 tisoč letih.

Sonca. Med TGP največjo pozornost namenjamo CO₂, katerega vsebnost narašča hitreje kot kadarkoli v zadnjih 2000 letih, približno 2 ppm na leto. V zadnjih letih so se antropogene emisije ogljika povečale z 6.5 na 7.2 giga ton na leto in njegova koncentracija v atmosferi se bliža 400 ppm.

Že izmerjene podnebne spremembe

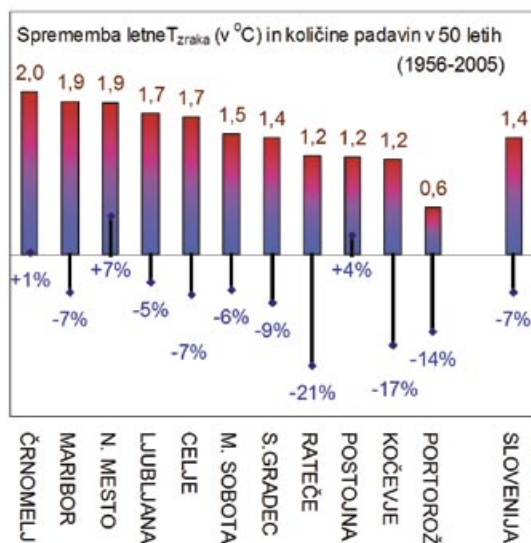
Globalno ogrevanje našega planeta je fizikalno izmerjeno dejstvo. Nekoliko bolj izrazito se ogreva severna polobla (slika 2). Temperatura v Evropi se je v zadnjih 100 letih povečala za dobro stopinjo celzija, kar je več, kot znaša globalno povprečje. Kopno se je ogrelo bolj kot oceani, najbolj pa so se ogrele najsevernejše geografske širine, torej arktični svet.

Podnebne spremembe so najbolj očitne v zadnjih tridesetih letih. Na kopnem v zmernih geografskih širinah se je izrazito zmanjšalo število hladnih dni, še zlasti so se zvišale minimalne nočne temperature zraka. V poletnem času se je povečalo število toplih noči. Spremembe količine in prostorske razporeditve padavin so bolj raznolike kot spremembe temperature. Globalno se je letna količina padavin nad kopnim v obdobju 1901 - 2004 povečala za 1 do 2 %, regionalno pa so trendi zelo različni. Navkljub globalnemu povečanju padavin se je pogostnost suš povečevala, predvsem kot posledica spremenjene splošne cirkulacije zraka. Te spremembe se odražajo v okrepljenih zahodnih



Slika 2: Naraščanje temperature zraka od leta 1851. Podano je odstopanje povprečne temperature glede na 30-letno povprečje 1961-1990.

vetrovih, ki vplivajo na prenos oceanskih zračnih mas nad kontinente. Tako lahko zahodni deli kontinentov postajajo toplejši kot vzhodnejši, kar je še posebej očitno pozimi. Z višanjem temperature zraka in temperature površine oceanov se je povečala vlažnost zraka npr.: razmerje med maso vlage in maso zraka nad oceani se je povečalo v obdobju 1988 - 2004 za 1,2 %. S tem so povezane povečane pogostnosti obilnih padavinskih dogodkov tudi tam, kjer je zabeležen trend zmanjševanja letne količine padavin. Pogostnost, intenzivnost in dolgoživost tropskih ciklonov se je v zadnjem desetletju povečala, saj narašča temperatura površine



Slika 3: Opazovane spremembe povprečne letne temperature zraka in letne količine padavin v nekaterih slovenskih krajih

oceanov. Škode zaradi poplav, suš in vremenskih neurij v svetu strmo naraščajo.

Oceani se ogrevajo počasneje kot atmosfera in kopno, in dvig temperature površinske vode je približno za polovico manjši. Najverjetneje kot posledica povečane vsebnosti CO_2 v ozračju in tudi v površinskih vodah je izmerjeno tudi zakisljevanje površinskega sloja oceanov, kar pomeni tudi posledice za morske ekosisteme. Topljenje ledu in raztezanje morske vode je že povzročilo dvig morske gladine. Trenutna ocena dviga je dobre 3 mm na leto. Greje in tali se tudi permafrost, debelina trajno zamrznjenih tal se zmanjšuje s trendom 20 cm na 10 let.

Kaj pa Slovenija? Povprečna letna temperatura zraka se je pri nas v zadnjih 50 letih (od 1956 do 2005) statistično značilno povečala za $1,4 \pm 0,6^\circ C$, najbolj v mestih (Maribor, Ljubljana) in manj v ruralnih območjih (slika 4). Trendi letne količine padavin na večini območja Slovenije niso statistično značilni, z izjemo Kočevja in Rateč, kjer pa je izmerjeno statistično značilno upadanje padavin (-17 % oz. -21 %). Intenzivnost nalivov pri nas rahlo narašča. V slovenskih kotlinah se je zmanjšalo število dni z meglo, istočasno pa je opazen trend naraščanja trajanja sončnega obsevanja. Od 9 hudih suš v Sloveniji v zadnjih 40 letih (1967, 1971, 1983, 1992, 1993, 2000, 2001, 2003, 2006) so bile kar 4 v zadnjih 7 letih.

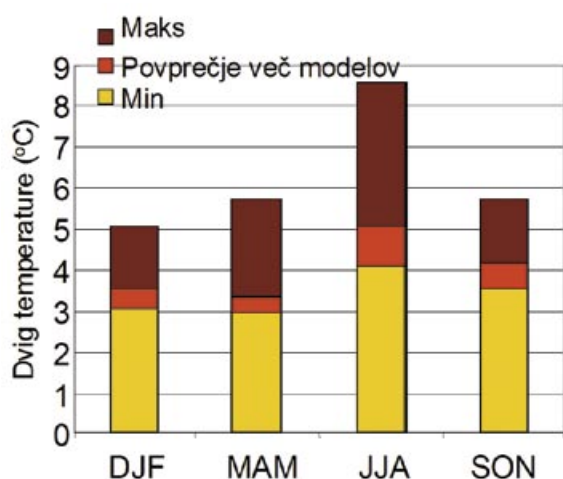
Predviden razvoj podnebja v bodoče

Kako se bo podnebni sistem odzval na različne zunanje vplive, ugotavljamo z modeli splošne cirkulacije (MSC). V njih so z enačbami zajeti glavni fizikalni, kemijski in biološki procesi v ozračju, oceanih, ledu in na zemeljskem površju ter njihova medsebojna odvisnost. Ključni vhodni podatek za MSC pri proučevanju odziva podnebnega sistema na spremenjeno sestavo ozračja so scenariji emisij in posledična vsebnost TGP in aerosolov v ozračju v prihodnosti. Različni MSC se na spremembe sestave atmosfere odzovejo različno, kar kaže na negotovost projekcij podnebnih sprememb za prihodnost (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/index.htm).

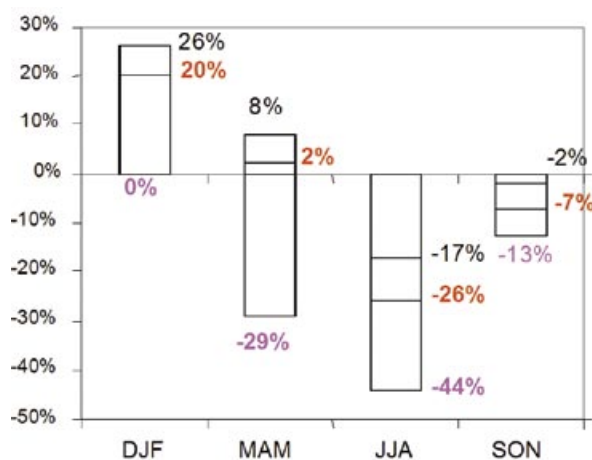
Predvidevanja za Slovenijo po naših raziskavah kažejo, da se bo ob predvidenem povečanju vsebnosti toplogrednih plinov in sulfatnih aerosolov dvignila temperatura zraka na celotnem območju Slovenije. Velikost temperaturnih sprememb je zelo odvisna od izbranega scenarija emisij. V obdobju 2001 - 2030 se bodo v Sloveniji temperature zraka predvidoma povečale za $0,5^\circ C$ do $2,5^\circ C$, v obdobju 2031 - 2060 za $1^\circ C$ do $3,5^\circ C$ in v obdobju 2061 - 2090 za $1,5^\circ C$ do $6,5^\circ C$. Projekcije sprememb temperature zraka so dokaj zanesljive, projekcije sprememb količine padavin pa še niso povsem zadovoljive in zahtevajo veliko previdnost, saj je razpon pričakovanih od +10 % do

-30 %. Količina padavin poleti se bo najverjetneje zmanjšala za 20%. Kako bo z ostalimi vremenskimi spremenljivkami, je še težje napovedati, saj predviden dvig temperature do konca stoletja presega variabilnost temperature v obdobju od začetka meritev meteoroloških spremenljivk v Sloveniji. Zato lahko podnebne razmere dosežejo tudi stanja, ki si jih na osnovi poznavanja preteklosti ne moremo predstavljati.

Tudi evropski projekt PRUDENCE daje za Slovenijo do konca stoletja podobne rezultate, ki jih predstavljata sliki 4 in 5. Zlasti problematična utegnejo postati poletja, saj bo sočasni dvig temperature zraka in upadanje količine padavin vodil v bistveno sušnejše razmere.



Slika 4 Predviden dvig povprečne temperature zraka v Sloveniji v različnih letnih časih (DJF - zima, MAM - pomlad, JJA - poletje, SON - jesen) do konca stoletja. Podana je zgornja in spodnja ocena različnih modelov ter ansambelska ocena več modelov (prirejeno po (<http://prudence.dmi.dk/>))



Slika 5 Predvideno spreminjanje količine padavin (v %) v Sloveniji v različnih letnih časih (DJF - zima, MAM - pomlad, JJA - poletje, SON - jesen) do konca stoletja. Podani sta zgornja in spodnja ocena različnih modelov ter ansambelska ocena (rdeča) več modelov (prirejeno po (<http://prudence.dmi.dk/>))

Kaj nam bodo prinesle podnebne spremembe v Sloveniji?

Slovenija je majhna in ima zelo specifično geografsko lego na stičišču alpskega, panonskega, sredozemskega in dinarskega sveta. Zato so pogosti intenzivni vremenski procesi, ki povzročajo neurja s točo in orkanski veter. Ob dolgotrajnejšem deževju se prožijo zemeljski plazovi, pestijo nas tudi suše in poplave. Podnebne spremembe bodo povečale intenzivnost in pogostnost vremenskih ujm in s tem povečale ogroženost prebivalstva in neposredno ter posredno materialno škodo.

Klimatske spremembe bodo posredno vplivale na globalne trge energije, zato bo energija postala dražja in težje dostopna. Največji vpliv bo na fosilne vire energije, katerih cena bo sčasoma obremenjena s celotnimi eksternimi stroški klimatskih sprememb. Podnebne spremembe bodo imele tudi neposreden vpliv predvsem na elektroenergetski sistem zaradi povečanja porabe električne energije in zaradi vremenskih poškodb sistema. Spremenili se bosta pridobivanje in raba energije, najverjetneje pa tudi njena cena in dostopnost. Spremenjena bo na primer poraba energije za ogrevanje in hlajenje prostorov. Zaradi klimatskih sprememb se bo močno povečala poraba električne energije v poletnem času, zlasti ob vročinskih valovih. Klimatske spremembe bodo močno vplivale na obnovljive vire energije, kot so biomasa, veter, sončna in vodna energija, ki so neposredno odvisne od vremena. Spremembe podnebnih razmer bodo občutne na hidroloških režimih vodotokov in v proizvodnji električne energije. V energetiki utegnejo globalno prevladati negativne posledice.

Spremembe podnebja bodo izrazito vplivale na naše vodne vire. Večja bo poplavna ogroženost, možno je znižanje pretokov, ranljivost vodooskrbe in ranljivosti energetskega objekta. Najranljivejša so tista območja v Sloveniji, ki so že danes problematična s stališča preskrbe s pitno vodo, izpostavljena suši, vodni in eolski eroziji, izpostavljena običajnim in katastrofalnim poplavam ali ležijo znotraj območij hudournikov. Pomanjkanje vode bo posredno prizadelo kmetijstvo, energetiko in predelovalno industrijo. Posledica bo dražje bivanje, predvsem voda, hrana in električna energija.

Posledice klimatskih sprememb na naši obali bodo dvig vodne gladine, segrevanje morske vode, povečano število vodnih ujm in njihova povečana intenzivnost ter problemi z zasoljevanjem. Najbolj bodo prizadete soline, Luka Koper, marine in kopaljšča. Tudi nižji predeli mest lahko pričakujejo ob ujmah škode, ki bodo podobne tistim, ki so se v preteklih letih že dogajale, le da bodo pogostejše in večje.

V kmetijstvu sicer lahko računamo z daljšo vegetacijsko dobo in primernejšimi temperaturnimi razmerami za gojenje toplotnozahtevnih rastlin. Pričakujemo lahko prostorske premike kmetijske proizvodnje, spremembo kakovosti pridelkov, izbora sort in ustaljene agrotehniške prakse. Rastline bodo

prej dozorevale, potrebovale bodo več vode, več bo škode zaradi toče, suše, neurij, več bo napadov škodljivcev in bolezní. V živinoreji bo večja možnost okužb z boleznimi, problem bo dostopnost, količina, kvalitete in cena živinske krme. V Sloveniji se bodo spremenili centri in težišča kmetijske pridelave. Drugačen bo način subvencioniranja in uvoz ter izvoz hrane, saj bo globalno gledano zaradi klimatskih sprememb cena kmetijske proizvodnje višja. V naslednjih desetletjih bo vse več tveganj, ki spremljajo kmetijstvo, predvsem zaradi neposrednih vremenskih stresov.

V slovenskih gozdovih bodo prizadeti iglavci, še zlasti čisti gozdni sestoji in izolirani gozdovi z revnejšimi pogoji okolja (sušni predeli, slaba tla, nagnjenost terena). Povečana bo požarna ogroženost gozdov in škode zaradi napadov insektov. Povečal se bo obseg stroškov pri varstvu, zaščiti in gospodarjenju z gozdovi. Število sušnih dni in tudi obseg območij s pomanjkanjem vode se bo poleti povečal, večja bo nevarnost gozdnih požarov. Tudi nadpovprečna biotska raznovrstnost v Sloveniji bo pod močnim vplivom klimatskih sprememb. Že danes lahko govorimo o resni ogroženosti nekaterih rastlinskih in živalskih vrst, klimatske spremembe pa utegnejo stanje poslabšati. Najbolj bodo ogrozile skrajne visokogorske habitatne tipe in rastišča, ki so zatočišče hladnoljubnih vrst. Posebej bodo ogroženi vsi manjši ostanki ekosistemov, ki ne bodo imeli genetskega, prostorskega in ekološkega potenciala za pomik na novo lokacijo. Podnebne spremembe bodo vplivale tudi na turizem, tako na izbiro kraja in časa letovanja, določale turistično infrastrukturo in ponudbo dejavnosti. Vplivale bodo tudi na šport, rekreacijo in izrabo prostega časa. Pričakujemo znatno poslabšanje razmer za poletni mestni turizem, tudi zaradi pletnega onesnaženja zraka. Zimski turizem bo najbolj občutljiv zaradi pomanjkanja snega na nižjih smučiščih.

Za zdravje in počutje ljudi v prihodnjih desetletjih

bodo pomembne tako spremembe toplotnih razmer kot spremembe padavinskega režima, spremembe kakovosti zraka in spremembe v jakosti UV sevanja. Povečalo se bo število težav in tudi smrti ob vročinskih valih, onesnaženem zraku, obremenjenosti z alergogeni ipd. Zdravje in blaginjo ljudi pa bodo ogrožale tudi vse pogostejše ujme kot so poplave, neurja in suša. Pričakovati gre tudi posredne vplive na zdravje; preko sprememb ekosistemov, hidrološkega cikla, proizvodnje hrane in prenašalcev bolezní.

Potrebujemo strategijo prilagajanja

Na podnebne spremembe se je pametno čim prej prilagoditi, kar je nujna naloga celotne družbe. To velja za vse ravni odločanja, od države do posameznika. Razlogi, zakaj se je smiselno začeti prilagajati nemudoma, so v tabeli 1. Uspešne prilagoditve naj sledijo jasnim ciljem.

Dobra prilagoditev ugodno vpliva na gospodarstvo, okolje ali družbo pri danih današnjih pogojih, torej neodvisno od podnebnih sprememb. Prilaganje mora biti praktično izvedljivo, zato dobri ukrepi niso preveč odvisni od institucionalnih, kulturnih, denarnih ali tehnoloških preprek. Čim več ukrepov naj bo naravnanih kot priložnosti npr. nakupovanje zemljišč, ponovna obravnava okoljskih akcij ali razvojnih planov ter raziskav. Visoko prednostne prilagoditve so tiste, ki bodo preprečile nepovratne vplive podnebnih sprememb (npr. izumrtje vrst), ki se tičejo dolgoročnih načrtovanja (npr. infrastrukture) in ki zaustavljajo neugodne trende (npr. onesnaževanje vodnih virov zavira prilagoditveno fleksibilnost). Ukrepi na posameznem področju gospodarstva morajo biti združljivi ali celo dopolnjujoči se med seboj glede na prilagoditvene napore v drugih sektorjih. Žal se naravni ekosistemi ne morejo vnaprej pripraviti na podnebne spremembe, v družbeno-ekonomskih sistemih pa se

RAZLOGI ZA TAKOJŠNJE PRILAGAJANJE	CILJI PRILAGODITEV
<ul style="list-style-type: none"> • klimatskim spremembam se ne moremo izogniti • morda bodo potekale hitreje in bodo izrazitejše, kot kažejo trenutne ocene • pravočasne prilagoditve so učinkovitejše, predvsem pa cenejše, kot prilagajanje v zadnjem hipu • z boljšimi prilagoditvami na že obstoječo podnebno variabilnost in ekstremne vremenske dogodke lahko dosežemo takojšne koristi • ob pravočasni prilagoditvi lahko podnebne spremembe prinašajo tudi nove možnosti in ne le nevarnost 	<ul style="list-style-type: none"> • Načrtovati čim večjo vzdržljivost in robustnost infrastrukture ter dolgoročnih vlaganj • Povečati prilagodljivost upravljanja ranljivih sistemov • Povečanje prilagodljivosti naravnih ranljivih sistemov z zmanjševanjem drugih (neklimatskih) stresnih situacij • Obrniti smer trendov, ki povečujejo ranljivost (slabo načrtovanje v preteklosti) • Izboljšati družbeno osveščenost in pripravljenost

Tabela 1: Zakaj se je potrebno začeti takoj prilagajati podnebnim spremembam in cilji prilagoditev

lahko v veliki meri izognemo dragim prilagajanjem tipa »zvoniti po toči«.

Blažitev podnebnih sprememb

Poleg strategije prilagajanja podnebnih sprememb je blažitev le-teh sprememb največji okoljski razvojni izziv, s katerim se spoprijema človeštvo. Gre za Konvencijo Združenih narodov o spremembi podnebja (Rio de Janeiro, 1992) in za Kjotski protokol, ki ga je Slovenija julija 2002 ratificirala in s katerim je prevzela obveznost osemprocentnega zmanjšanja emisij TGP v obdobju 2008-2012 glede na izhodiščno leto 1986. Stroški doseganja kjotskih ciljev pa bodo veliki, po oceni tudi do 30 milijard SIT letno. Le manjši del bo neposredno bremenil državni proračun, zato bodo stroški za izvedbo ukrepov za zmanjšanje emisij TGP razporejeni zelo široko. Kaj to pomeni za gospodarstvo in za posameznika, si pravzaprav še ne znamo povsem predstavljati, čeprav bo lahko močno vplivalo na naš vsakdan, na način življenja, predvsem pa na trošenje energije. Morda bo pri nas kjotske cilje težko uresničiti, če ne bomo temeljito spremenili življenjskega sloga. To pomeni zmanjšano rabo energije, manjše potrošništvo in žal tudi manjšo gospodarsko rast. Enako velja za ves svet. Žalostno je spoznanje, da Kjotski sporazum ne bo kaj prida omilil podnebnih sprememb, saj ga ZDA in Avstralija ne podpirata, Indija in Kitajska pa vanj sploh nista vključeni. Tudi evropska politika si pravzaprav še vedno zatiska oči pred dejstvom, da je potrebno celovito preoblikovati naš sistem proizvodnje in potrošnje, če res hočemo fizikalno gledano zmanjšati emisije toplogrednih plinov in ustaliti njihovo vsebnost v ozračju na raven, ki ni prenevarna za obstoj ekosistemov in naše civilizacije. Nihče ne omenja manjše gospodarske rasti, molči se o drastičnem varčevanju z energijo ali racionalizaciji prometnih tokov, raje se govori o prožnih mehanizmih, ponorih, trgovanju z emisijami in gradnji novih zmogljivosti za proizvodnjo elektrike. Zato se bodo podnebne spremembe še nadaljevale in stopnjevale.

Neukročene podnebne spremembe pa lahko povzročijo v prihodnosti škodo svetovnemu gospodarstvu v višini 5 do 20 % BDP letno. Toda če v naslednjih desetih do dvajsetih letih namenimo 1 % svetovnega BDP za prilagajanje podnebnim spremembam, se najhujšemu še lahko izognemo.

Zaključek

Podnebne spremembe se bodo nedvomno nadaljevale, saj je le malo verjetno, da se bo zmanjšala svetovna raba energije ali da bi se naraščanje svetovnega prebivalstva ustavilo. Podnebne spremembe bodo negativno vplivale zlasti na svetovno prehransko varnost, dostop do pitne vode in energije, kar pomeni, da bodo sprožale politične, ekonomske, energetske, migracijske, socialne in zdravstveno-epidemiološke krize, v skrajnem prime-

ru celo vojaške posege. Globalno segrevanje lahko povzroči svetovno recesijo, primerljivo z drugo svetovno vojno.

Problematika podnebnih sprememb je torej resna; po eni strani gre za ogrožanje našega načina življenja in naše varnosti, po drugi pa morda za nove priložnosti. Politika mora pretehtati tako možnosti za blaženje podnebnih sprememb kot različne možnosti za prilagajanje. Nujno je vlaganje sredstev v interdisciplinarne raziskave in pri odločitvah upoštevanje preferenc ter stroškov. Zanašanje na tradicionalne eksperimentalne znanstvene pristope v tem primeru ni dovolj, saj je potrebno predvideti povsem nove razmere in njihov kompleksni vpliv na družbo.

Zavedati pa se moramo, da podnebne spremembe niso le stvar države ali problem resornih ministrstev, so tudi in predvsem problem slehernega izmed nas. Še zlasti pri prilagajanju bo veliko odvisno prav od osveščenosti, poguma in znanja posameznikov. Potrebujemo sicer usklajeno strategijo prilagajanja podnebnim spremembam na ravni države, rešitve pa bomo morali najti sami. Prilagoditi se znamo, moramo in se tudi bomo.