



Vetrnica

ISSN 1855-7457

0311 *glasilo Slovenskega
meteorološkega društva*

WWW.METEO-DRUSTVO.SI

Razprave:

PODNEBJE ZAPLANE

Stališče SMD o podnebnih spremembah



Vetrnica

glasilo Slovenskega
meteorološkega društva

WWW.METEO-DRUSTVO.SI

VSEBINA:

UVODNIK

3 STALIŠČE

POD DROBNOGLEDOM

4 STALIŠČE SMD O PODNEBNIH SPREMEMBAH

30 PODNEBNE NOVICE

38 10. SREČANJE EVROPSKE METEOROLOŠKE ZVEZE IN 8. EVROPSKA KONFERENCA O APLIKATIVNI KLIMATOLOGIJI

41 EVROPSKA KONFERENCA O APLIKATIVNI KLIMATOLOGIJI – POGLED UDELEŽENCA

45 CANCÚN VS. KØBENHAVN

IZ ŽIVLJENJA DRUŠTVA

48 POLETNA METEOROLOŠKA ŠOLA

49 POSVET HRVAŠKEGA METEOROLOŠKEGA DRUŠTVA

51 JESENSKI CIKEL PREDAVANJ SMD

54 PREDNOVOLETNO SREČANJE SMD

ŠTUDENSKI KOTIČEK

55 POVZETKI DIPLOMSKIH NALOG

RAZPRAVE

60 PODNEBJE ZAPLANE – METEOROLOŠKE MERITVE IN PODNEBNE ZNAČILNOSTI

NOVOSTI V MEDIJIH

69 OKOLJE SE SPREMINJA

70 PODNEBNA SPREMENLJIVOST V SLOVENIJI

70 VODE V SLOVENIJI

NAPOVEDNIK

71 POMEMBNEJŠI DOGODKI



Fotografija na naslovnici:

Janez POLAJNAR, Poplava pri Zalogu septembra 2010

Izdaja:

Slovensko meteorološko društvo
Vojkova 1b,
SI - 1000, Ljubljana
<http://www.meteo-drustvo.si>

Glavna urednica: Mojca DOLINAR

Uredniški odbor: Jožef ROŠKAR, Iztok SINJUR,
Damijana KASTELEC, Matjaž ČESEN

Tehnično urejanje: Mojca DOLINAR, Jožef ROŠKAR

Oblikovna zasnova: Sabina KOŠAK, Solos, d.o.o.

Ljubljana, MAREC 2011

ISSN 1855-7457



Slovensko
meteorološko
društvo

Od 1954

Naslov uredništva:

Vojkova 1b
SI-1000, Ljubljana
vetrnica.smd@gmail.com

 **UVODNIK**

Pred dobrima dvema letoma, 28. januarja 2009, smo se na letnem občnem zboru društva ob razpravi o programu dela dotaknili tudi ideje, da bi poskusili ponovno začeti izdajati društveno glasilo. V preteklosti smo bili namreč člani društva zelo ponosni na naš strokovni časopis Razprave-Papers. Ugotovili smo, da bi potrebovali društveno glasilo, v katerem bi člani lahko objavljali in prebirali zanimive prispevke o aktualnem vremenskem dogajanju doma in po svetu, pa o življenju društva in seveda tudi strokovne prispevke. Največ dela je bilo s pripravo vsebinske zasnove novega glasila in nenazadnje, njegovega izgleda. Pri grafičnem oblikovanju nam je pomagala strokovnjakinja s tega področja in tako smo s skromnimi sredstvi, pa zato s toliko večjim zanosom posameznih avtorjev, že pred koncem leta 2009 uspeli izdati prvo številko novega društvenega časopisa. Imenovali smo ga po zaščitnem znaku društva, Vetrnica. Ker je bila med našimi člani toplo sprejeta, smo polni navdušenja zavihali rokave in junija lani izdali drugo številko. Zaradi pomanjkanja sredstev za redno tiskanje smo obe številki najprej objavili na našem spletnem naslovu (<http://meteo-drustvo.si>), zahvaljujoč sponzorjem pa kasneje tudi natisnili.

Tretja številka je bila načrtovana za konec lanskega leta, vendar smo z njeno izdajo nekoliko počakali. Že dlje časa smo namreč v slovenskih, pa tudi svetovnih medijih, sledili razpravam in prispevkom o spreminjanju podnebja, ki so običajno dosegli višek pred in v času zasedanja COP (lani v Cancunu). Ti prispevki so bili mnogokrat pomanjkljivi, zavajajoči ali celo v nasprotju z dognanji stroke. Strokovnjaki, ki se profesionalno ukvarjajo s proučevanjem podnebja, so bili le redko vključeni v take razprave, mnogokrat so bile njihove izjave izrezane iz konteksta in uporabljene za različne manipulacije. Ker naše društvo združuje slovenske strokovnjake s področja vremenoslovja, smo prišli do zaključka, da je naša odgovornost, da slovenski javnosti predstavimo strokovno in znanstveno podprte odgovore na najbolj pogosta vprašanja v zvezi s spreminjanjem podnebja. Tako smo sklenili, da bomo v jesenskem času organizirali niz dogodkov, predavanj in okroglih miz na temo spreminjanja podnebja. Na podlagi teh srečanj smo za slovensko javnost začeli pripravljati stališče Slovenskega meteorološkega društva o podnebnih spremembah, zasnovano na strokovnih temeljih in odraz zadnjih spoznanj znanosti na tem področju. Istočasno smo sklenili, da bo tako izoblikovano stališče osrednja vsebina tretje številke Vetrnice.

Dne 9. novembra 2010 se je na uvodnem dogodku zbralo nepričakovano veliko število članov, kar je bil neposreden dokaz, da je problem zanimiv. Že na prvi okrogli mizi smo se dogovorili, da bosta razprava okrog podnebja, predvsem pa tudi končno oblikovano stali-

šče, omejena na meteorološko stroko in da bomo po najboljših močeh poskusili pojasniti, kaj se s podnebjem dogaja. Cilj je bil seznaniti javnost z znanstveno in strokovno dokazanimi dejstvi, ki pa se v različnih krogih še vedno mnogokrat prikazujejo zgolj kot teorije, o katerih je moč razpravljati brez strokovnih podlag. Na ta način smo želeli povečati zavedanje o resnosti problema podnebnih sprememb.

Poleg priprave strokovnega stališča društva smo se na prvi okrogli mizi dogovorili, da bomo prevedli čim več prispevkov na spletni strani „SkepticalScience.com“, kjer organizatorji strani s pomočjo preverjenih znanstvenih izsledkov odgovarjajo na najbolj pogoste trditve podnebnih skeptikov. Ob izidu te številke Vetrnice lahko z veseljem ugotovljamo, da je po zaslugi naših članov na omenjeni spletni strani že več kot 50 prispevkov prevedenih v slovenščino.

Po ciklusu šestih okroglih miz smo veliko napora vložili v pripravo stališča o podnebnih spremembah, s pomočjo katerega si bo, upamo, vsakdo lahko ustvaril realno sliko o stanju podnebja – neodvisno od vpliva različnih lobijev, ki zaradi svojih interesov poskušajo omiliti resnost problema podnebnih sprememb ali celo zanikati njihov obstoj. V stališču smo pokazali, da so podnebne spremembe dejstvo, s katerim se bomo morali čim prej resno soočiti. Več o tem boste lahko prebrali na naslednjih straneh.

Rezultat ciklusa okroglih miz pa ni le stališče SMD o podnebnih spremembah. Na posameznih dogodkih se je sprožila vrsta vprašanj in problemov, ki prav tako kot podnebne spremembe, potrebujejo ločeno temeljito obravnavo. Ena takih aktualnih tem je zakon o podnebnih spremembah, ki je v pripravi. Pereč problem strokovnjakov, ki delajo na področju meteoroloških znanosti, je veliko pomanjkanje sredstev za kakršnekoli raziskave. Že na prvi okrogli mizi je bilo odprto tudi vprašanje meteoroloških terminoloških izrazov v slovenskem jeziku. Torej izzivov pred nami je dovolj. Odličnih strokovnjakov v našem društvu prav tako. S pripravo stališča smo dokazali, da z zanosom, sodelovanjem in žrtvovanjem nekaj prostega časa, lahko naredimo tudi večje korake proti cilju. Velika dragočnost priprave stališča pa je tudi pot, ne samo cilj. Imeli smo odlično priložnost, da iz svojih strokovnih vrtičkov pogledamo še v sosednje, se pri tem česa naučimo in z združenim znanjem tudi nekaj naredimo.

Prva številka Vetrnice je obsegala 27 strani, druga 54, ta, ki jo pravkar prebirate, pa že 72 – prava knjiga. Že samo ta podatek kaže, da je bila odločitev o društvenem glasilu še kako pravilna. Uredniški odbor vam želi prijetno branje in pričakuje, da boste tudi v naslednjih številkah sodelovali pri ustvarjanju našega glasila v zadovoljstvo nas vseh.

Stališče SMD o podnebnih spremembah

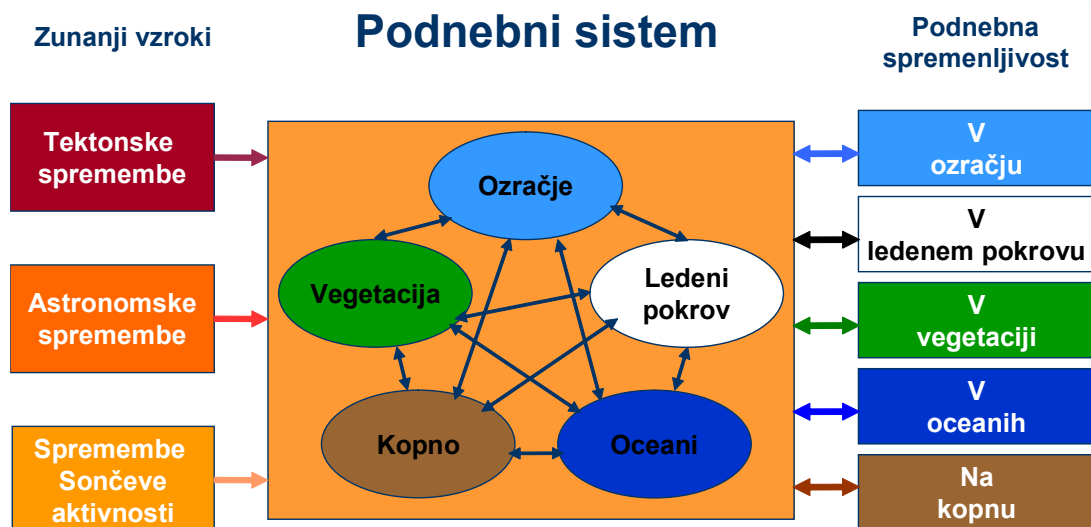
Uvod

Dne 20. januarja 2011 je Svetovna meteorološka organizacija (World Meteorological Organisation – WMO) v izjavi za javnost objavila, da je bilo leto 2010 skupaj z letoma 2005 in 1998 najbolj toplo, odkar merimo temperaturo. Globalna povprečna temperatura v letu 2010 je bila za 0,53 °C višja od 30 letnega povprečja 1961–1990. To je za 0,01 °C višje kot leta 2005 in za 0,02 °C višja kot leta 1998. Razlike globalne povprečne temperature med omenjenimi leti so manjše, kot je negotovost uporabljenih podatkov. Tudi zadnji podatki torej potrjujejo rastoči trend globalne temperature.

Problem podnebnih sprememb je vedno bolj prisoten v javnosti in medijih, kjer lahko slišimo zelo nasprotujoča si stališča o vzrokih podnebnih sprememb, resnosti stanja in verjetnih posledicah. Da bi osvežili znanje na tem področju, pregledali izsledke najnovejših analiz in strokovno preverjenih znanstvenih člankov, je Slovensko meteorološko društvo, katerega člani so večinoma meteorologi ali pa se poklicno ukvarjajo z vremenom in se zavedajo problema segrevanja Zemljinega podnebja, novembra in decembra 2010 organiziralo vrsto posvetov in predavanj o podnebnih spremembah. Na posvetih smo osvetlili najnovejša spoznanja o podnebnju in njegovi spremenljivosti v

Sloveniji in svetu. Z namenom, da slovenski javnosti prikažemo strokoven in z znanostjo podprt pogled na problem, smo pripravili Stališče Slovenskega meteorološkega društva o podnebnih spremembah. Dokument je razdeljen na dva dela: v prvem delu je predstavljenih deset ključnih dejstev, ki so v drugem delu obširneje pojasnjena in opremljena z verodostojnimi referencami, na katere smo se pri svojem delu najbolj naslonili.

Običajno razumemo pod pojmom podnebje opis značilnosti vremena čez daljše časovno obdobje. Podnebje predstavlja okvir, znotraj katerega lahko pričakujemo posamezne vremenske dogodke, nekatere bolj, druge manj pogosto. Vreme opisujemo s fizikalnimi spremenljivkami ozračja. Ozračje – atmosfera pa ni vase zaprt in od drugih »sfer« ločen sistem, ampak je del večjega, podnebnega sistema. Spodnja skica nazorno kaže prepletenost posameznih delov podnebnega sistema med seboj in z drugimi sistemi (slika 1). Zaradi tega moramo biti pri proučevanju podnebja posebej pozorni na prepletenost in zelo kompleksno soodvisnost različnih sistemov; opisovanje podnebnega sistema zato ni zgolj domena vremenoslovcev.



Slika 1. Dejavniki, prepletenost in spremenljivost podnebnega sistema

Človekov vpliv na spreminjanje podnebja je danes znanstveno dokazano dejstvo. Najbolj neposredno se ta vpliv kaže v naraščanju povprečne globalne temperature, ki je v največji meri posledica človekovih izpustov toplogrednih plinov (podrobneje o učinku tople grede v dodatku 1: »Kaj je učinek tople grede«). Zaradi naraščanja globalne temperature pa se spreminja celotni podnebni sistem: spreminjajo se padavinski vzorci, pogostost in jakost izjemnih vremenskih pojavov (nalivov, suš, vročinskih valov, itd), vse bolj se tali in krči grenlandski ledeni pokrov, zmanjšuje se obseg morskega arktičnega ledu, zmanjšuje se spomladanski obseg zasneženih površin na severni polobli, nivo morske gladine se vztrajno dviga. Antropogeni

izpusti toplogrednih plinov ne povzročajo sprememb neposredno, ampak posredno – spreminjajo energijsko bilanco površja, zaradi česar narašča globalna ravnovesna temperatura.

V besedilu, ki sledi, smo člani Slovenskega meteorološkega društva na osnovi številnih recenziranih znanstvenih člankov in študij pripravili pregled ključnih dejstev. Nekateri med nami so sodelovali tudi pri analizah podnebja v Sloveniji. Vsako od izpostavljenih dejstev so tudi pojasnili. Za nekoliko podrobnejše osvetlitve posameznih pojmov ali analiz smo v dodatkih pripravili širše opise.

Ključna dejstva

1. Meritve v svetu in tudi v Sloveniji kažejo, da se ozračje pri tleh segreva.
2. Dviga globalne temperature ozračja v zadnjem stoletju ni mogoče pojasniti samo z naravnimi vzroki (o izračunu globalne temperature glej dodatek 2).
3. Izmerjena hitrost zviševanja globalne temperature od začetka industrijske dobe do danes je izjemna v primerjavi s spremembami globalne temperature v zelo dolgi Zemljini zgodovini.
4. Poleg meritev si pri analizi podnebnih sprememb pomagamo tudi s podnebnimi modeli.
5. S podnebnimi modeli lahko ocenimo vpliv izpustov toplogrednih plinov in aerosolov na podnebje v prihodnosti, upoštevajoč negotovosti.
6. Globalno segrevanje ozračja je tesno povezano z drugimi spremembami podnebnega sistema.
7. Trend podnebnih sprememb s posledicami se bo nadaljeval še daleč v prihodnost.
8. Zaradi globalnega segrevanja se lahko v podnebnem sistemu sprožijo nenadne, nepredvidene in nepovratne spremembe velikega obsega.
9. Podnebne spremembe so pomemben, a ne edini okoljski problem.
10. Podnebne spremembe so problem nas vseh.

DODATEK 1

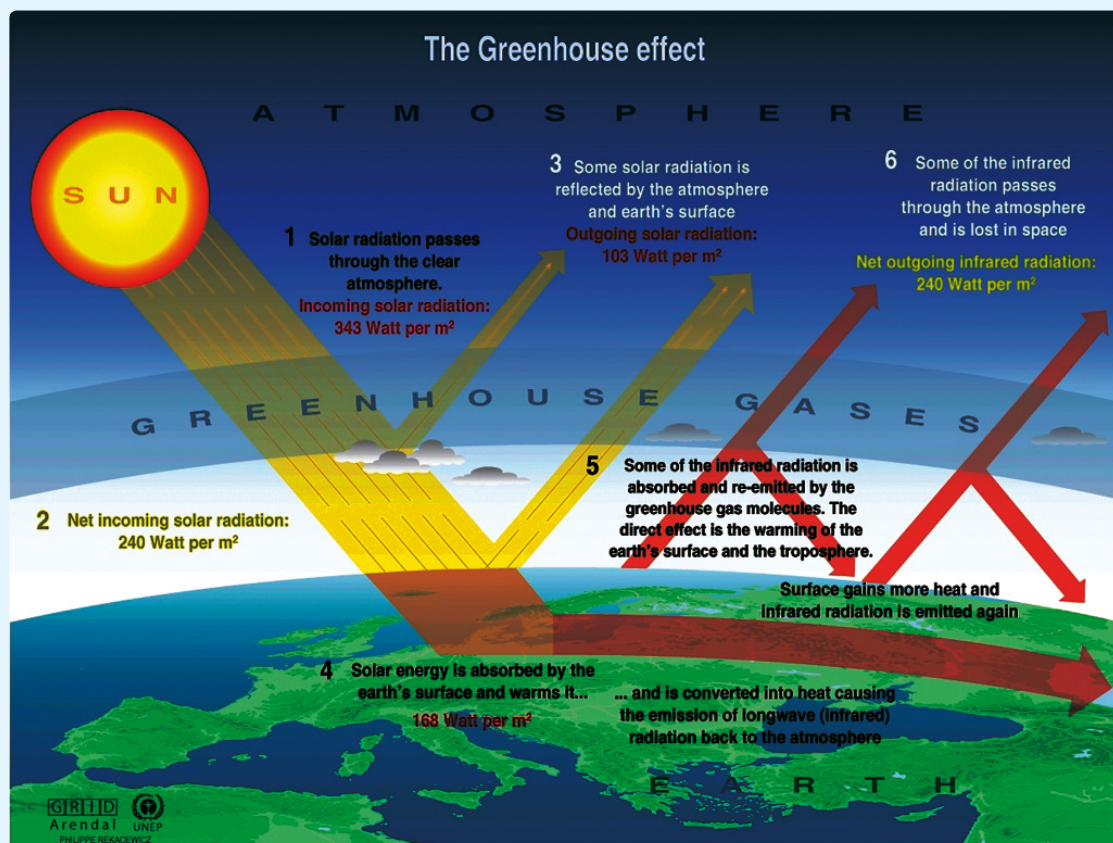
Kaj je učinek tople grede?

Sončno sevanje prehaja skozi čisto in jasno ozračje skoraj neovirano, le majhen del se ga absorbira, na primer ultravijolično sevanje v stratosferski ozonski plasti. Majhen del se ga odbije od oblakov (št. 3 na sliki 2). Ko prispe do Zemljinega površja se ga del od njega odbije, kar je odvisno od odbojnosti površja (št. 3), del pa ga površje absorbira (št. 4). Absorbiran del sončnega sevanja je kriv za segrevanje Zemljinega površja, ki nato seva nazaj v ozračje pri daljših valovnih dolžinah v infrardečem spektru. Za te valovne dolžine pa je ozračje manj prepustno. Tako imenovani toplogredni plini v ozračju del Zemljinega infrardečega sevanja absorbirajo in nato sevajo, prav tako v infrardečem delu spektra na vse strani (št. 5). Del izsevajo tudi nazaj proti Zemljini površini. Na ta način ostane del energije, ki bi se sicer izgubil v vesolje, ujet v spodnjem delu ozračja, ki ima prav zaradi tega učinka ob površju povprečno temperaturo za nekaj deset stopinj višjo kot bi bila brez učinka tople grede. Ozračje torej deluje podobno kot stene tople grede, ki prepuščajo sončno sevanje, ujamejo pa toploto površja, ki bi se si-

cer izgubila v okolico. Tako je znotraj tople grede višja temperatura kot zunaj.

Toplogredni plini

To so plini v ozračju, ki absorbirajo sevanje v območju infrardečih valovnih dolžin in pri teh valovnih dolžinah tudi sevajo. To so predvsem tri-, tudi štiri- in večatomni plini. Poglavitno vlogo pri učinku tople grede v Zemljinem ozračju ima vodna para, ostali pomembni toplogredni plini pa so še ogljikov dioksid, metan, dušikov oksid, ozon in nekateri klorofluorogljikovodiki (freoni). Učinek tople grede je pomemben pri ustvarjanju ugodnih življenskih razmer na Zemlji, saj bi bila brez tega učinka Zemlja pokrita z ledenim pokrovom. Vendar pa dodatni človekovi izpusti toplogrednih plinov rušijo ravnovesje med prejeto in izsevano energijo na Zemlji. Zaradi dodatnih izpustov toplogrednih plinov se v ozra-



Sources: Okanagan university college in Canada, Department of geography, University of Oxford, school of geography; United States Environmental Protection Agency (EPA), Washington; Climate change 1995, The science of climate change, contribution of working group 1 to the second assessment report of the intergovernmental panel on climate change, UNEP and WMO, Cambridge university press, 1996.

Slika 2. Shematski prikaz učinka tople grede (Vir: Poročilo IPCC 1995).

čju zadrži več energije in zato je ravnovesna temperatura višja. Govorimo o povečanem učinku tople grede, ki povzroča globalno ogrevanje.

Vodna para je odgovorna za približno dve tretjini učinka tople grede. Po pomembnosti ji sledi ogljikov dioksid, ki je prav tako naravni toplogredni plin. Če v ozračju ne bi bilo ogljikovega dioksida, bi bilo zaradi nižje temperature tudi vodne pare bistveno manj. Ogljikov dioksid je sicer naraven toplogredni plin,

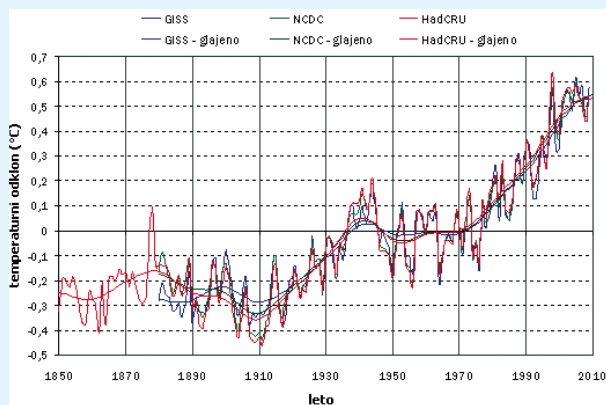
vendar njegov antropogeni dodatek prispeva kar 60 % k dodatnemu toplogrednemu učinku. Naslednji pomembnejši toplogredni plin po količini in učinku je metan, predvsem njegov antropogeni dodatek, ki se ob napovedanih podnebnih spremembah lahko še močno poveča zaradi taljenja permafrosta. Od industrijske revolucije se je vsebnost toplogrednih plinov v ozračju povečala za več kot polovico, samo koncentracija ogljikovega dioksida je iz 280 ppm zrasla na 380 ppm (delcev na milijon).

DODATEK 2

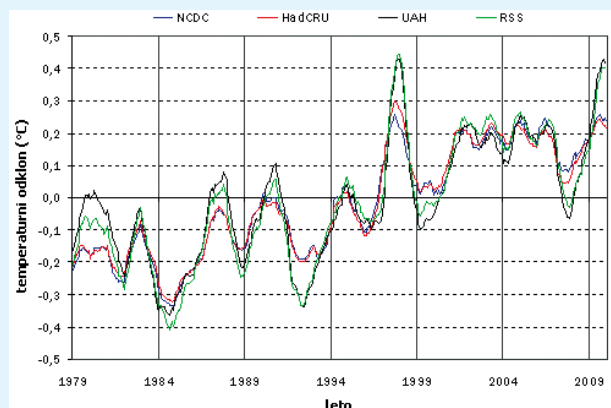
Izračun povprečne globalne temperature

Izračun povprečne globalne temperature je zapleten, saj je potrebno združiti temperaturne nize, izmerjene z različnimi merilnimi tehnikami: klasične meritve pri tleh, meritve na oceanskih bojah in potujočih ladjah, satelitske meritve itd. Zaradi različnih metodologij se izračunani nizi globalne temperature iz različnih ustanov med seboj nekoliko razlikujejo. Tanke krivulje na sliki 3 prikazujejo letne vrednosti in odebeljene glajeno povprečje (Gaussov filter). Spreminjanje temperature skozi večletna obdobja je pri vseh treh nizih na sliki zelo podobno – vsi kažejo podobno sliko globalnega segrevanja. Večje razlike med nizi so vidne le do začetka 20. stoletja, ko so bile meritve temperature nad kopnim zelo redke, nad oceani jih pa praktično ni bilo.

Slika 4 prikazuje primerjavo časovnega poteka odklona globalne temperature pri tleh na podlagi podatkov različnih centrov. Niza globalne temperature NCDC in CRU sta izračunana na podlagi meritev temperature pri tleh, niza UAH in RSS pa na podlagi



Slika 3. Časovni potek odklona povprečne globalne temperature zraka pri tleh v obdobju 1880–2010 glede na referenčno obdobje 1951–1980. Prikazani so nizi, izračunani v treh podnebnih centrih: GISS, NCDC in CRU.



Slika 4. Primerjava časovnega poteka 12-mesečnega drsečega povprečja odklona globalne temperature zraka pri tleh za obdobje 1979–2010 na podlagi analiz različnih podnebnih centrov (Vir podatkov: NCDC, CRU, RSS, UAH).

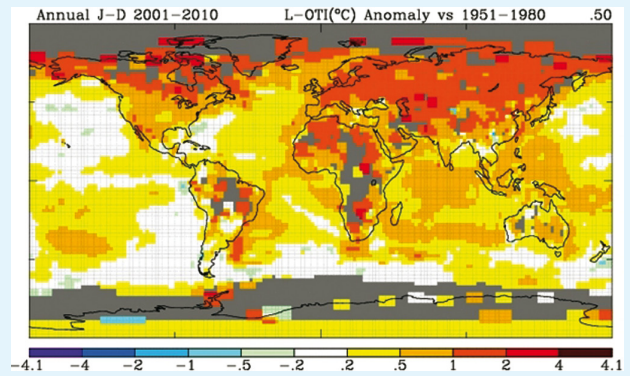
satelitskih meritev temperature ozračja. Referenčno obdobje je 1979–2010. Satelitske meritve (UAH, RSS) ne predstavljajo temperaturnih razmer tik nad tlemi, temveč relativno debele plasti v spodnji plasti ozračja¹. Nihanje temperature med posameznimi leti je pri satelitskih meritvah večje kot pri neposrednih meritvah temperature zraka tik nad tlemi. V obdobjih izrazito pozitivne (El Niño) ali negativne (La Niña) faze ENSO² pride do sistematične razlike med satelitskimi meritvami in meritvami pri tleh. Zaradi naravne podnebne spremenljivosti, ki je posledica oceanskega nihanja (ENSO ipd.) in zunanjih dejavnikov (Sončeva

1 Več o satelitskih meritvah na: http://www.remss.com/msu/msu_data_description.html

2 Kratica za angleški izraz »El Niño–Southern Oscillation«. Izraz označuje pojav v ozračju in morju na območju tropskega dela Tihega oceana. V povprečju se na vsakih nekaj let izmenjata topla faza, El Niño, in hladna faza, La Niña. V času El Niña se površje vzhodnega Tihega oceana zaradi spremembe v kroženju vode segreje za nekaj stopinj Celzija, med La Niño pa ohladi. Istočasno se nad širšim območjem spremenijo vremenske razmere. Več na: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle

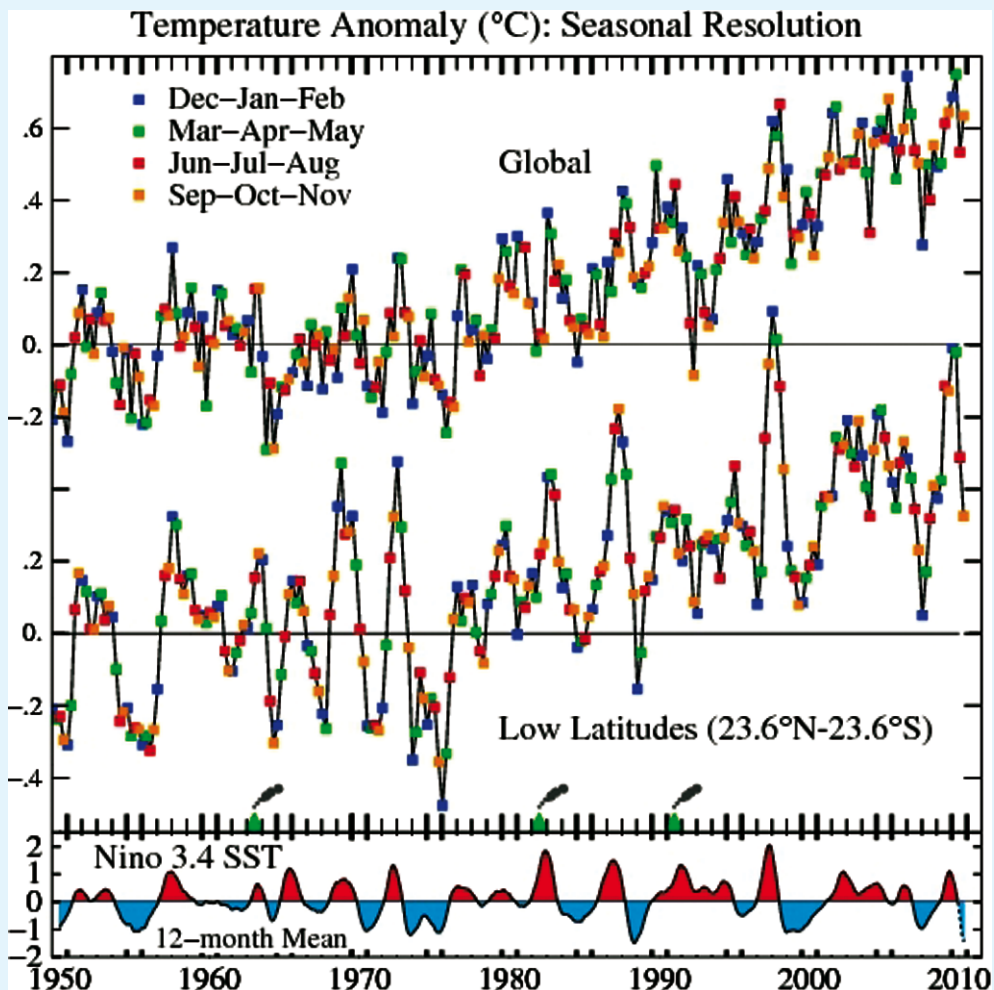
dejavnost, ognjeniški izbruhi) se temperatura zraka pri tleh iz leta v leto spreminja in ne narašča enakomerno, tako da je zanesljivost ocene o globalnem segrevanju močno odvisna od dolžine izbranega obdobja, za katero računamo temperaturni trend. Zgolj nekaj let podatkov je premalo za uporabno informacijo o hitrosti globalnega segrevanja – potrebno je gledati vsaj okoli 30 let dolgo obdobje. Ocena odstopanj je odvisna od konkretnega referenčnega obdobja. Običajno najdemo v analizah 30-letna referenčna obdobja in seveda so razlike, če primerjamo sedanje stanje z referenčnim obdobjem 1950–1980 ali pa na primer z referenčnim obdobjem 1980–2010. Trend pa je neodvisen od izbire referenčnega obdobja.

Poleg človekove dejavnosti na podnebje vplivajo številni naravni dejavniki, kot so oceansko nihanje, izbruhi ognjenikov in Sončeva aktivnost. Na sliki 6 vidimo vpliv nekaterih ognjeniških izbruhov in ENSO. Močni ognjeniški izbruhi v bližini ekvatorja za nekaj let malenkostno, a zaznavno ohladijo spodnji del ozračja. Ob



Slika 5. Odklon temperature zraka pri tleh za desetletje 2001–2010 glede na referenčno obdobje 1951–1980 (Vir: GISS).

pozitivni fazi ENSO, El Niñu, se ozračje nekoliko ogreje, v času La Niñe pa nekoliko ohladi. Na globalno temperaturo v podobni meri vpliva tudi Sončeva aktivnost, ki se periodično spreminja v približno enajstletnem ciklu.



Slika 6. Vpliv nekaterih ognjeniških izbruhov (zeleni trikotniki z dimom) in ENSO (rdeče-modre grafikon) na nihanje odklona (referenčno obdobje 1951–1980) globalne temperature (zgoraj) in temperature v tropskem pasu (na sredini) po letnih časih v obdobju 1950–2010 (Vir: GISS).

Obrazložitev posameznih ključnih dejstev

Meritve v svetu in tudi v Sloveniji kažejo, da se ozračje pri tleh segreva

Podnebje se segreva. Več kot stoletje dolga instrumentalna opazovanja kažejo na dvig povprečne globalne temperature zraka pri tleh za okoli 0,8 °C v preteklih 100 letih (slika 3), pri čemer je stopnja segrevanja regionalno precej različna (slika 5). Segrevanje tudi časovno ni enakomerno (sliki 3 in 4). V obdobju 1980–2009 je znašalo okoli 0,16 °C na desetletje. Najbolj so se segrele območja Arktike, Antarktični polotok in nekateri deli Evrazije; najmanjša temperaturna sprememba je bila zabeležena nad deli Tihega, Atlantskega in Južnega oceana (slika 5). Doslej so bila globalno najtoplejša leta 2010, 2005 in 1998 (WMO, 2010).

Kako se izračuna povprečna globalna temperatura zraka pri tleh, najdete v dodatku 2 »Izračun povprečne globalne temperature«. Razen upoštevanja različnih metodologij, ki so jih uporabili pri meritvah temperature ozračja, je pri vseh analizah potrebno upoštevati tudi zanesljivost meritev. Na kaj je potrebno biti posebno pozoren, je pojasnjeno v dodatku 3 »Kako zanesljive so meritve«.

Podobno kot v Evropi in večjem delu sveta tudi v Sloveniji meritve jasno kažejo, da se naše podnebje segreva (Dolinar in sod., 2010). Hkrati s segrevanjem ozračja se spreminjajo tudi številne druge podnebne lastnosti, ki pomembno vplivajo na človekove dejavnosti. Analiza podatkov za Slovenijo kaže na:

- dvig povprečne letne temperature zraka¹ v zadnjih štiridesetih letih v vseh slovenskih pokrajinah;
- nekoliko večji dvig temperature v mestih (0,4 °C na desetletje) kot na podeželju (0,3 °C na desetletje)²;
- na podlagi enotnih trendov na podeželskih postajah, ki so skladni s trendi, opaženimi v sosednjih državah (Italija, Hrvaška, Avstrija), in na podlagi velikostnega reda dviga temperature, ki se ujema s prstnim odtisom CO₂, sklepamo, da dvig temperature v Sloveniji ni samo odraz lokalnih vplivov ampak tudi globalnih podnebnih sprememb;
- večinoma zaznavno naraščanje temperature v

vseh letnih časih razen jeseni, ko je dvig temperature majhen ali nezaznaven;

- večje ogrevanje juter kot popoldnevov³;
- povečanje števila toplih dni⁴ in zmanjšanje števila ledenih dni⁵;
- povečanje količine padavin jeseni in večinoma zmanjšanje v ostalih letnih časih in
- zmanjšanje višine novega snega in trajanja snežne odeje.

Preglednica 1. Sprememba povprečne temperature (°C/10 let), izračunana na podlagi linearnega trenda v obdobju 1950–2009 (za Bilje od leta 1963 dalje). Znak / pomeni, da trend ni statistično značilen (Vir: Dolinar in sod., 2010)

	zima	pomlad	poletje	jesen	leto
LJUBLJANA	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4
CELJE	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4
M. SOBOTA	0,3	0,3	0,4	0,1	0,3
NOVO MESTO	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4
POSTOJNA	0,2	0,3	0,4	0,1	0,2
BILJE	/	0,3	0,5	0,3	0,3
RATEČE	0,2	0,3	0,4	/	0,2

Preglednica 2. Sprememba sezonske višine padavin (mm/10 let), izračunana na podlagi linearnega trenda v obdobju 1950–2009 (za Bilje od leta 1963 dalje). Znak / pomeni, da trend ni statistično značilen (Vir: Dolinar in sod., 2010)

	zima	pomlad	poletje	jesen	leto
LJUBLJANA	-16	-8	-7	14	-16
CELJE	-10	-10	-9	8	-20
M. SOBOTA	-4	/	-8	5	-8
NOVO MESTO	/	-4	-6	15	/
POSTOJNA	/	/	-13	23	/
BILJE	-20	-5	-7	48	/
RATEČE	-23	-12	/	/	-30

Kakor lahko vidimo, stanje podnebja spremljamo s pomočjo meritev podnebnih spremenljivk na posebej izbranih meteoroloških merilnih postajah. Da bi lahko primerjali podatke med različnimi postajami in iz različnih koncev sveta med seboj, morajo biti meritve skrbno načrtovane in izvajane v skladu s standardi. Več o tem prav tako najdete v dodatku 3 »Kako zanesljive so meritve«.

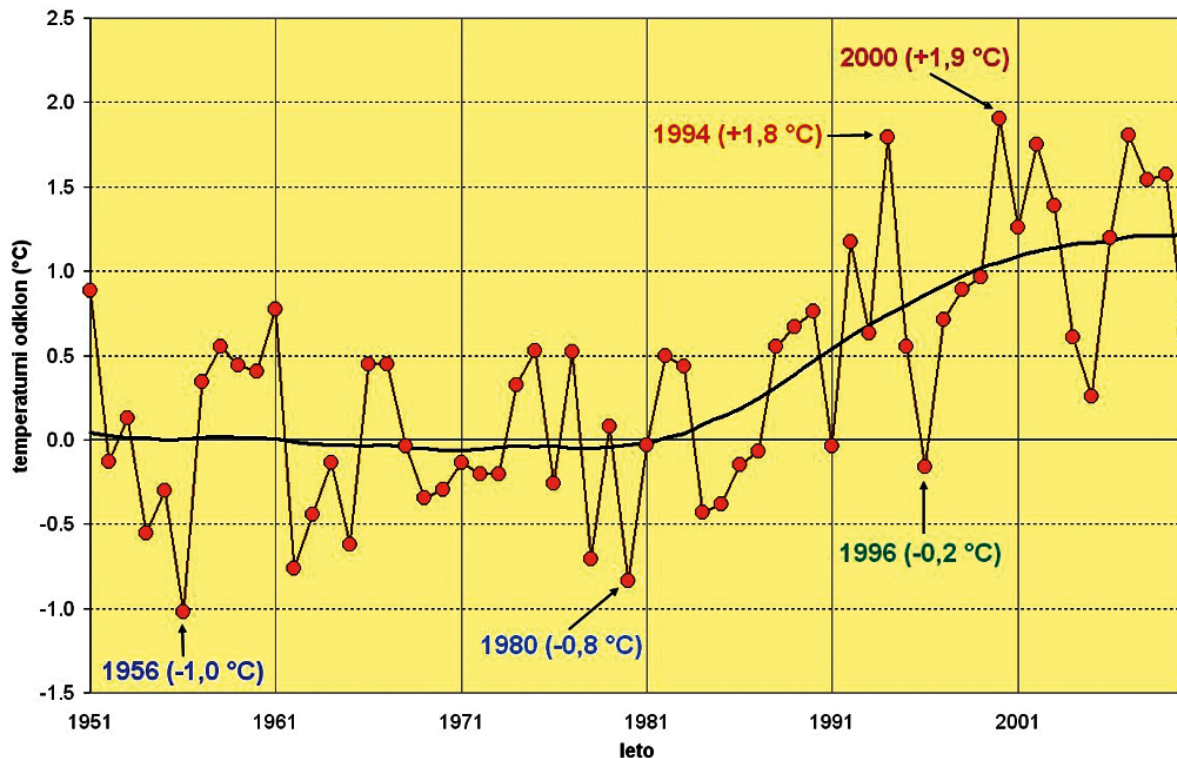
1. Temperaturo zraka pri tleh merimo v beli meteorološki hišici, dva metra nad travnato površino oziroma naravno podlago.

2. Razlika je posledica t. i. mestnega toplotnega otoka. Ta nastane zaradi spremenjene rabe tal (pozidanost) in toplote, ki se v naseljenih območjih sprošča zaradi človekove dejavnosti (promet, ogrevanje in hlajenje, raba električne energije itd.). Oba dejavnika povzročata dvig temperature v mestu glede na okoliško podeželje; še posebej opazno je to v nočnem času in ob jasnem ter mirnem vremenu.

3. Gre za močnejši dvig najnižje v primerjavi z dvigom najvišje dnevne temperature zraka.

4. Topel dan pomeni najvišjo dnevno temperaturo zraka vsaj 25 °C.

5. Leden dan beležimo takrat, ko temperatura zraka ves dan ostane pod ničlo.



Slika 7. Letni odklon v povprečni temperaturi zraka dva metra nad tlemi na območju Slovenije glede na referenčno obdobje 1961–1990. S pomočjo izbora 10 postaj (Kredarica, Rateče, Postojna, Sevno, Šmartno pri Slovenj Gradcu, Celje, Novo mesto, Murska Sobota, Bilje, Letališče Portorož), ki so geografsko dokaj homogeno razporejene, je mogoče zelo dobro oceniti povprečne razmere na ozemlju Slovenije v obdobju 1951–2010. Povprečna nadmorska višina izbranih postaj skoraj popolnoma ustreza povprečni nadmorski višini Slovenije, nobena od postaj pa ne izkazuje izrazitega trenda zaradi mestnega toplotnega otoka. V izbranem referenčnem obdobju 1961–1990 je povprečna temperatura na podlagi meritev omenjenih postaj znašala 8,2 °C. V obdobju 1951–2010 je bilo najtoplejše leto 2000 in najhladnejše 1956; razlika med obema ekstremoma znaša 2,9 °C. Pretekli dve desetletji sta v povprečju bistveno toplejši od predhodnega obdobja (1951–1990).

DODATEK 3

Kako zanesljive so meritve?

Stanje podnebja spremljamo s pomočjo meritev podnebnih spremenljivk. Meritve morajo biti skrbno načrtovane in izvajane v skladu s standardi, ki jih določa Svetovna meteorološka organizacija, s čimer zagotovimo primerljivost meritev po vsem svetu (WMO, 2008). Za znanost o podnebjju ni pomembna le trenutna prostorska primerljivost meritev, kar zadostuje za napovedovanje vremena, ampak tudi primerljivost meritev skozi celotno merilno obdobje. To pomeni, da bi morale meritve potekati vseskozi na istem mestu, z enakimi ali primerljivimi inštrumenti in da se merilna okolica ne sme spreminjati. Našteto je v praksi seveda nemogoče, če upoštevamo dejstvo, da nekatere meritve v Evropi segajo nekaj sto let nazaj, najdaljše ohranjene meritve v Sloveniji pa segajo v leto 1850. Na mestu, kjer danes stoji mestna meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad, so bili v času začetka meritev travniki in njive, meritve pa so v tem času izvajali na

različnih lokacijah. V 160 letih opazovanj so se menjali tudi načini izvajanja meritev. Tako so bili termometri na začetku postavljeni na mestih, kot so okenske police, drevesa, terase in podobno. Njihova izpostavljenost direktnemu sončnemu sevanju je bila zelo različna. Šele kasneje so merilna mesta standardizirali, termometri so dobili svoje mesto v meteorološki hišici, ki mora biti postavljena na odprti osončeni legi, dva metra od tal nad travnato podlago oziroma tlemi, ki so naravno značilni za okolico postaje.

Vsako spremembo na merilnem mestu moramo skrbno zabeležiti. Zelo je pomembno, da zabeležimo tudi čas nastanka spremembe. Če je le mogoče (npr. v primeru prestavitve lokacije ali menjave inštrumenta), daljši čas opravljamo vzporedne meritve na novi in stari lokaciji ali z novim in starim instrumentom. Tako dobimo kvantitativne ocene vpliva spremembe na

podnebne spremenljivke in to upoštevamo pri nadaljnji analizi meritev. Poleg informacij o premikih merilnih mest in menjavi inštrumentov zbiramo tudi ostale podatke o značilnostih merilnega mesta in merilnih instrumentih, okolici merilnih mest, opazovalcih in vseh spremembah, ki so kakorkoli povezane z merilno postajo. Vse te podatke imenujemo metapodatki, to so podatki o meritvah. Zelo pomembno je, da meteorološke podatke vedno analiziramo z upoštevanjem metapodatkov.

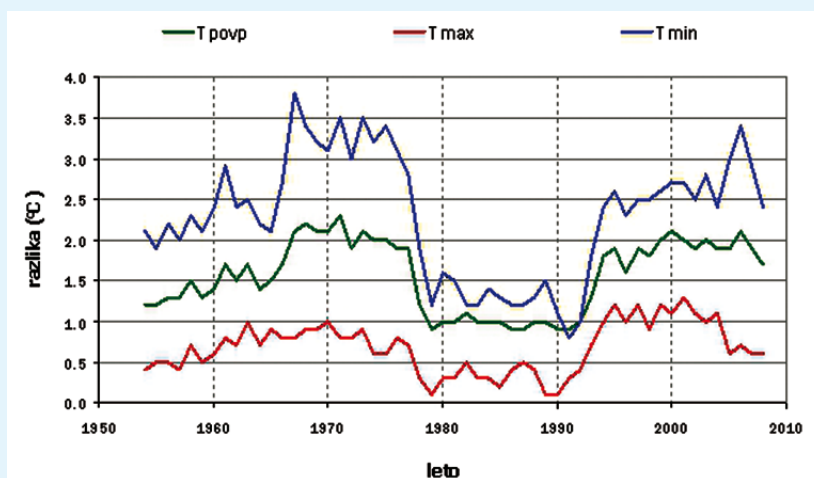
Zaradi omenjenih vplivov na meritve izmerjene podatke pred statistično analizo skrbno pregledamo. Prvi korak v postopku obdelave podatkov je kontrola izmerjenih vrednosti. Da odkrijemo napake, posamezni izmerek primerjamo z njegovimi predhodniki in nasledniki (časovna kontrola), z drugimi spremenljivkami, izmerjenimi na isti postaji (logična kontrola, kontrola z mejami) in z izmerki na sosednjih postajah (prostorska kontrola). Do napak najpogosteje pride zaradi napačnega odčitavanja meritev, okvare inštrumenta in slabega vzdrževanja inštrumentov.

Zaradi vzrokov, kot so premik postaje, menjava inštrumentov, avtomatizacija meritev in sprememba merilne okolice, pride v nizih meritev do signalov (skokov ali trendov), imenovanih nehomogenosti, ki niso posledica spremenljivosti podnebja. Zato je pred analizo podnebja na nekem časovnem nizu podatkov vedno potrebno ta niz testirati, če je primerno homogen. V primeru odkrite in z metapodatki potrjene nehomogenosti to nehomogenost odpravimo, če je le mogoče. V nasprotnem primeru niz ni primeren za časovne analize. Tipičen primer nehomogenega niza je prikazan na sliki 8. Homogeniziranje niza podatkov pomeni, da vse skoke in umetne trende v njem izravnamo s

pomočjo statističnih metod, kot če bi bile vse meritve opravljene na istem mestu ob enakih pogojih. Kadar nas zanima regionalna spremenljivost podnebja, je potrebno izločiti tudi trende zaradi spremembe okolice (npr. vpliv širjenja mesta). Homogenizacijo nizov meteoroloških podatkov razdelimo v dve fazi: fazo iskanja nehomogenosti in fazo prilagajanja nehomogenega dela homogenemu delu niza. Pri odpravljanju nehomogenosti imajo pomembno vlogo metapodatki. S pomočjo le teh potrdimo oziroma ovržemo sum na nehomogenost v nizu, natančneje določimo datum in vrsto nehomogenosti ter se na podlagi tega odločimo za vrsto popravka. Če zaradi prevelikih napak in nehomogenosti popravek ni mogoč, niza ne moremo uporabiti za analize.

Proučevanje podnebnih sprememb temelji na homogenih nizih meritev, ki so dolgi vsaj 30 let. Statistična analiza, ki ne temelji na kontroliranih in homogeniziranih podatkih lahko pripelje do napačnih zaključkov. Verodostojni rezultati podnebnih analiz morajo biti podkrepiljeni z opisom uporabljenih metod kontrole in homogenizacije meritev, ki so strokovno utemeljene.

Podrobnejši opis in priporočila glede homogenizacije in metapodatkov so objavljena v „Smernice glede metapodatkov in homogenizacije“ (Guidance on Metadata and Homogenization, Aguilar in sod. 2003), dosegljive samo na svetovnem spletu. Pester nabor homogenizacijskih metod je privedel do težnje po enotnem pristopu. V ta namen je v letu 2007 zaživel projekt COST ES0601. Več informacij o tem projektu, ki se bo zaključil v letošnjem letu, najdete na: <http://www.homogenisation.org/>.

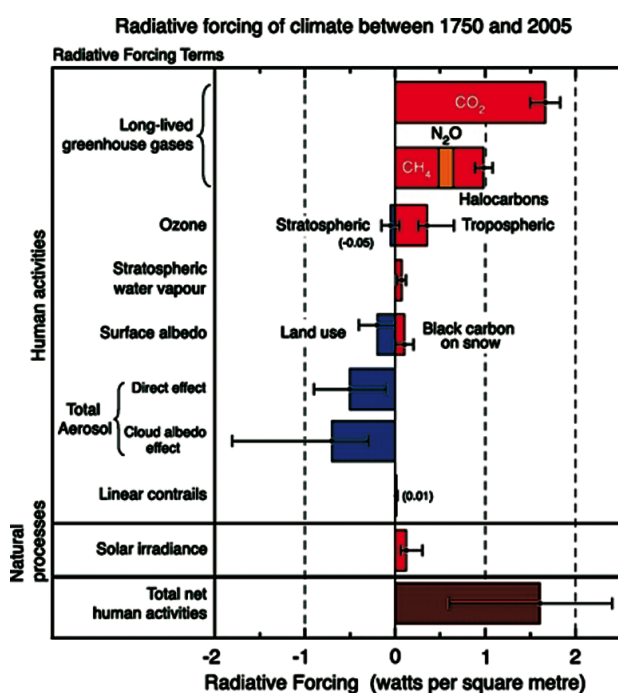


Slika 8. Primer izrazito nehomogenega niza – razlika v letnem povprečju povprečne dnevne (T_{povp}), povprečne dnevne minimalne (T_{min}) in povprečne dnevne maksimalne temperature (T_{max}) med meteorološkima postajama Ljubljana Bežigrad in Letališča JP Ljubljana. Nenadni skoki v nizih so večinoma posledica menjave lokacije meritev na letališču (večji premiki so bili 31. maja 1966, 16. novembra 1978 in 5. avgusta 1993). V tem času se lokacija postaje v Ljubljani ni spremenila. Spremembe v minimalni temperaturi so v tem primeru občutno večje kot pri povprečni in maksimalni temperaturi. Zaradi nehomogenosti je potrebno podatke pred statistično analizo za potrebe proučevanja podnebja homogenizirati, uskladiti na primerljivo raven (Vir podatkov: Meteorološki arhiv Agencije RS za okolje).

Dviga globalne temperature ozračja v zadnjem stoletju ni mogoče pojasniti samo z naravnimi vzroki

Dviga globalne temperature ozračja v zadnjem stoletju ni mogoče pojasniti z naravnimi vzroki – tektonskimi, astronomskimi ali s spremembami Sončeve aktivnosti, ampak je skoraj zanesljivo posledica človekovega delovanja, ko z uporabo fosilnih goriv ter drugimi dejavnostmi sprošča v ozračje CO₂ in druge toplogredne pline (IPCC, 2007; Copenhagen Diagnosis, 2009). S tem spreminja sestavo ozračja, ki igra pomembno vlogo pri energijski oziroma sevalni bilanci zemeljskega površja.

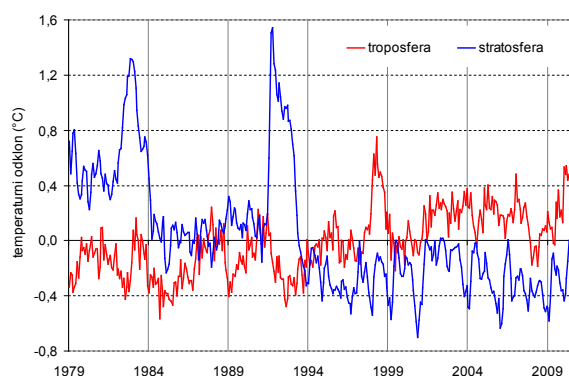
Vpliv različnih podnebnih dejavnikov na temperaturne spremembe zato lahko v grobem ovrednotimo s pomočjo spremenjene sevalne bilance, prikazane na sliki 9.



Slika 9. Sprememba sevalnega prispevka različnih dejavnikov v obdobju 1750–2005. Od leta 1750 do začetka 21. stoletja kažejo največjo spremembo v sevalnem prispevku ogljikovega dioksida, metana, troposferskega ozona in aerosolov. Vpliv vseh dejavnikov skupaj je kljub negotovosti znatno pozitiven, večina zaradi prispevka ogljikovega dioksida (Vir: IPCC, 2007).

Vpliv toplogrednih plinov in drugih posledic človekove dejavnosti na podnebje potrjujejo tudi t.i. prstni odtisi. Različni dejavniki, kot so Sončeva aktivnost, ognjeniški izbruhi, toplogredni plini itn., pustijo vsak svoj značilni vzorec oziroma prstni odtis na časovnem in prostorskem vzorcu sprememb v podnebnem sistemu (Santer in sod., 2003). Vpliv spremenjene koncentracije toplogrednih plinov v ozračju se kaže v obliki naslednjih značilnih temperaturnih vzorcev:

- troposfera¹ se je v zadnjih desetletjih ogrela, medtem ko se je stratosfera² ohladila (IPCC, 2007; slika 10);
- segrevanje je bilo v splošnem močnejše nad kopnim kot nad morjem (slika 5);
- nad kopnim so se zime v zadnjem stoletju ogrele bolj kot poletja (NCDC);
- tropopavza³ se je v preteklih desetletjih dvignila (Santer in sod., 2003);
- oceani so se v zadnjih desetletjih opazno ogreli (Barnett in sod., 2005; Pierce in sod., 2006; Copenhagen Diagnosis, 2009);



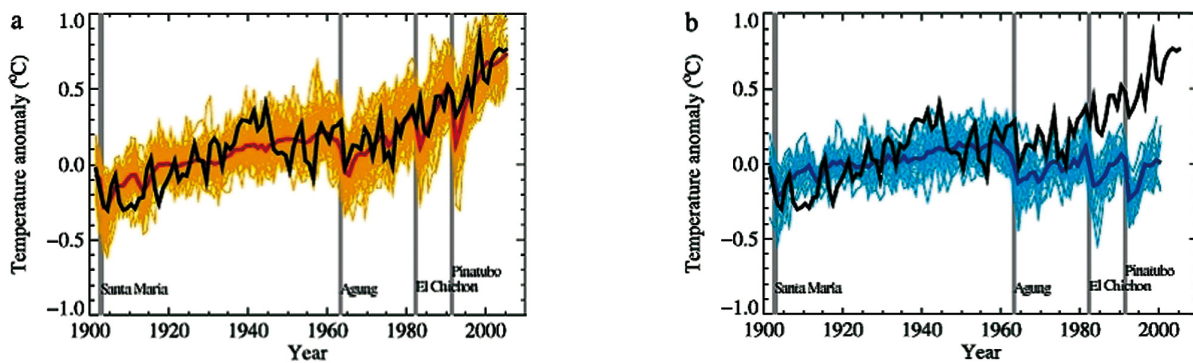
Slika 10. Časovni potek temperature v spodnji troposferi in spodnji stratosferi 1979–2010. Dva izrazita vrhova v poteku stratosferske temperature sta posledica izbruhov ognjenikov El Chichon v Mehiki (1983) in Pinatuba na Filipinih (1991). Omenjena ognjenika sta v stratosfero izbruhala veliko količino žveplovega dioksida. Ta ob stiku z vodo tvori kapljice žveplove kisline. Nastane meglica, ki nekaj Sončevega sevanja absorbira, nekaj pa odbije nazaj v vesolje. Zaradi absorpcije se stratosfera nekoliko segreje, medtem ko troposfero in površje doseže manj Sončevega sevanja in se zaradi tega nekoliko ohladi (<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/mloapt.html>). Vzroka za različni predznak trenda v stratosferi in troposferi sta spremembi v koncentraciji ogljikovega dioksida in ozona. Podrobnejšo razlago sevalnega mehanizma, ki povzroči to značilno spremembo, najdete na spletni strani http://www2.sunysuffolk.edu/mandias/global_warming/greenhouse_gases.html#stratospheric_cooling (Vir podatkov: RSS).

Ujemanje modelskih simulacij in meritev (slika 11) v navedenih točkah kaže, da je glavni vzrok za podnebne spremembe od začetka industrijske dobe naprej spremenjena koncentracija toplogrednih plinov v ozračju.

1 Troposfera - spodnja plast ozračja, v katerem se odvija večina vremenskih procesov; sega do višine 8 km nad poli oziroma, do 18 km nad ekvatorjem.

2 Stratosfera - plast ozračja nad troposfero, ki sega do višine okoli 50 km in je pomembna predvsem zaradi ozona.

3 Tropopavza je meja med troposfero in stratosfero

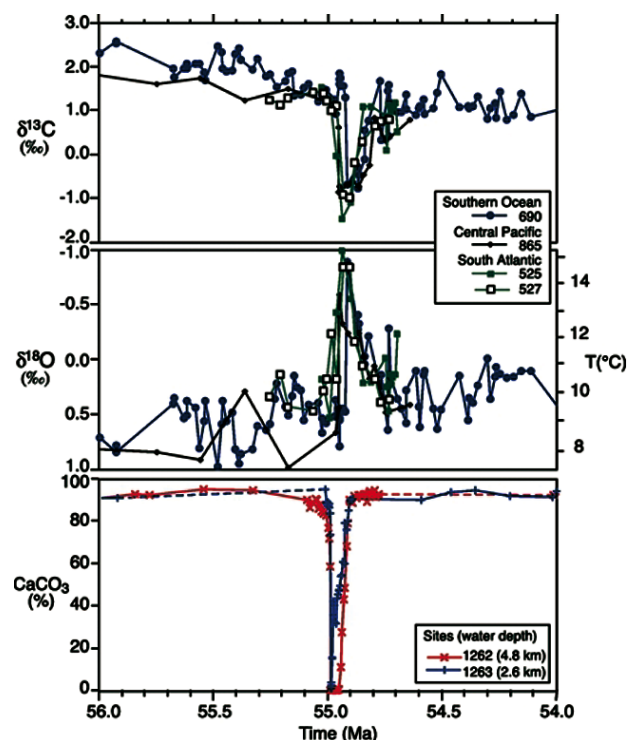


Slika 11. Primerjava modelskih in izmerjenih vrednosti globalne temperature ob upoštevanju tako naravnih kot človeških dejavnikov (levo) in samo naravnih dejavnikov (desno). Odebeljena črna krivulja predstavlja meritve, odebeljena rdeča oziroma modra pa povprečje rezultatov različnih računalniških modelskih simulacij. Tanke krivulje predstavljajo posamezne simulacije. Ujemanje je v prvem primeru zelo dobro, v drugem pa, ko so upoštevani samo naravni dejavniki, vidimo močan razkorak v zadnjih desetletjih. Modelske simulacije dokaj dobro opisujejo kratkotrajno ohladitev po močnejših ognjeniških izbruhih, ki so označeni na sliki (Vir: IPCC, 2007).

Izmerjena hitrost zviševanja globalne temperature od začetka industrijske dobe do danes je izjemna v primerjavi s spremembami globalne temperature v dolgi Zemljini zgodovini

Zemlja kot celota je v preteklosti doživela številne izraze podnebne spremembe, a so te običajno potekale sorazmerno dolgo, od nekaj tisoč do več milijonov let. Med najbolj dramatične, nenadne podnebne spremembe na globalni ravni uvrščamo t. i. paleocensko-eocenski temperaturni višek. Pred približno 55 milijoni let se je Zemljino površje v obdobju dolžine 1.000 do 10.000 let ogrelo za nekaj stopinj Celzija (za primerjavo: od začetka industrializacije se je v samo v dobrem stoletju Zemlja ogrelo za 0,8 °C). O tej veliki in hitri spremembi pričajo spremembe različnih paleoklimatskih kazalcev, prikazanih na sliki 12. Stopnja sproščanja toplogrednih plinov v tem obdobju je dosegla enak velikostni red kot človekovi izpusti v 21. stoletju. O vzrokih za izpuste toplogrednih plinov pred 55 milijoni let obstaja več hipotez (IPCC, 2007).

Spreminjanje podnebja v ciklu ledenih dob je bilo bistveno počasnejše kot ob paleocensko-eocenskem temperaturnem višku, pa se mu vseeno nekatere rastlinske in živalske vrste niso uspele prilagoditi dovolj hitro. Več o tem v Dodatku 4 „So spremembe podnebja krive za izumiranje vrst?“.

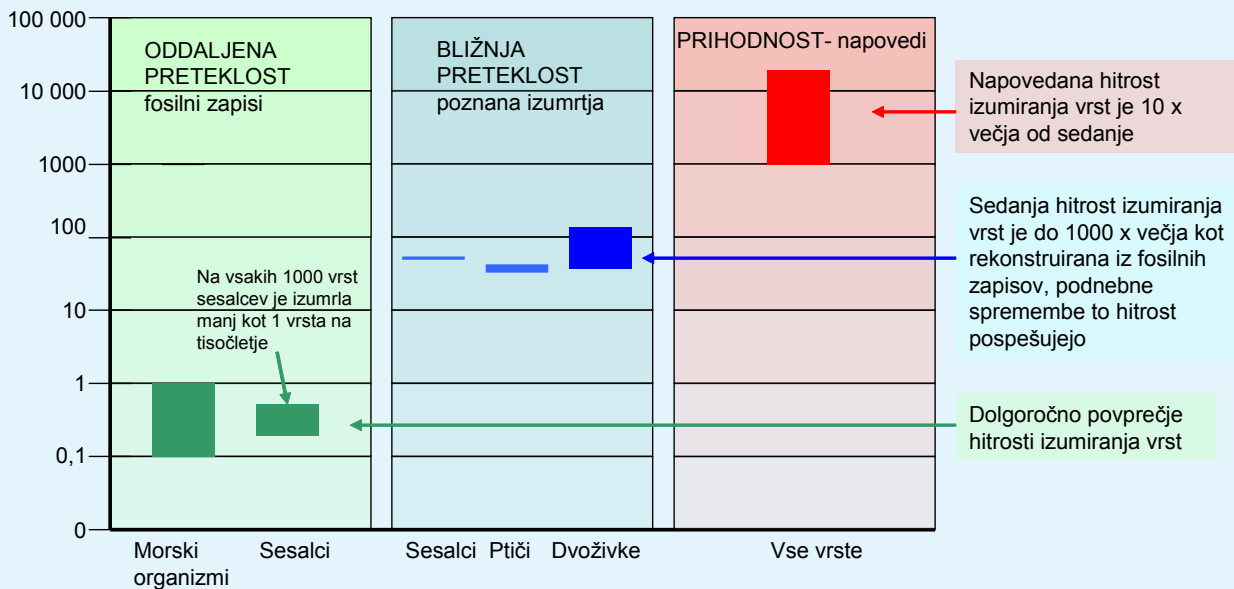


Slika 12. Sprememba paleoklimatskih kazalcev v času paleocensko-eocenskega temperaturnega viška. Zgornja dva grafa prikazujeta spremembo v koncentraciji ogljikovega izotopa 13 in kisikovega izotopa 18 v foraminiferah na območju Južnega oceana (modro), osrednjega Tihega oceana (črno) in južnega Atlantika (zeleno). Upad koncentracije ogljikovega izotopa 13 da slutiti, da se je takrat v ozračju močno povečala količina ogljikovega dioksida in metana. Na podlagi spremembe kisikovega izotopa 18 pa lahko sklepamo, da se je v istem času globalno ogrelo za okoli 5 °C. Ker je ocean vsrkal del toplogrednih plinov iz ozračja, se je raven pH znižala, kar se je odrazilo v raztapljanju kalcijevega karbonata na morskem dnu (spodnji graf) (Vir: IPCC, 2007).

DODATEK 4

So spremembe podnebja krive za izumiranje vrst?

HITROST IZUMIRANJA (na tisoč vrst v tisočletju)



Slika 13. Naravna hitrost izumiranja živalskih in rastlinskih vrst je bila v zemeljski zgodovini razmeroma nizka, danes je ta hitrost zaradi človekovega delovanja 100- do 1.000- krat večja; podnebne spremembe jo še pospešujejo.

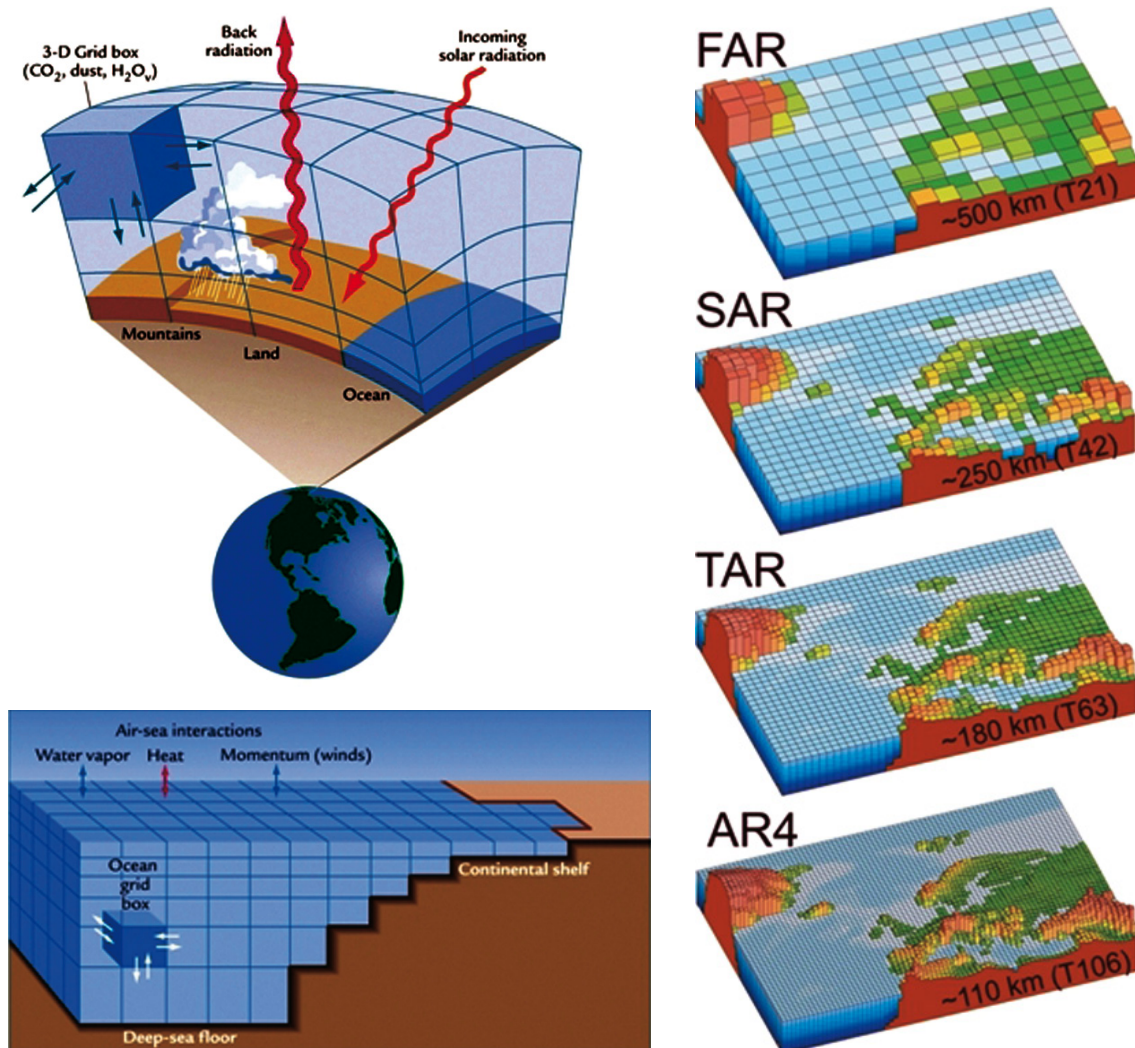
Večinoma izumiranje vrst lahko povežemo s spremembami podnebja, izjeme so pojavi množičnih izumiranja vrst. V zadnjih 550 milijonih let je bilo takšnih dogodkov pet, ko je okoli 75-95 % živečih vrst izumrlo v geološko zelo kratkem času, vendar to še vedno pomeni obdobje nekaj 100.000 let. Vzrok za izumrtje mamuta nekateri pripisujejo pretiranemu lovu, po drugih raziskavah pa naj bi bil vzrok temu izumrtju izginjanje pašnikov, saj so jih zaradi spremembe podnebja nadomestili gozdovi, mamuti pa se niso uspeli pravočasno prilagoditi novim razmeram. Danes je po ocenah Svetovne zveze za ohranitev narave (IUCN) zaradi človeka hitrost izumiranja vrst 100- do tudi 1.000- krat večja od povprečne naravne, po napovedih pa do leta 2050 grozi izumrtje okrog 20.000 vrstam ali tridesetim odstotkom vseh vrst, ki so živele pred vzponom človeka. Največ ogroženih vrst je med dvoživkami, sesalci in

pticami, od rastlin pa med iglastimi drevesi. Rezultati številnih raziskav po vsem svetu utrjujejo domnevo, da smo na pragu šestega množičnega izumiranja vrst, za katerega pa je za razliko od prejšnjih kriv človek. Poleg številnih človekovih dejavnosti izumiranje pospešuje tudi globalno segrevanje. Ker je segrevanje v bližini polov bistveno hitrejše kot v zmernejših geografskih širinah, so tudi spremembe v tamkajšnjih ekosistemi velikih razsežnosti. Prva žival, ki je uradno uvrščena na seznam ogroženih vrst zaradi podnebnih sprememb oz. segrevanja ozračja, je severni beli medved, ki so ga na ta seznam uvrstile Združene države Amerike leta 2008. Svetovna zveza za ohranitev narave na svoji spletni strani objavlja tudi vrste (npr. dvoživke, korale, ptice) in geografska območja, ki bodo zaradi podnebnih sprememb najbolj prizadeta (Vir: IUCN, 2008).

Poleg meritev si pri analizi podnebnih sprememb pomagamo tudi s podnebnimi modeli

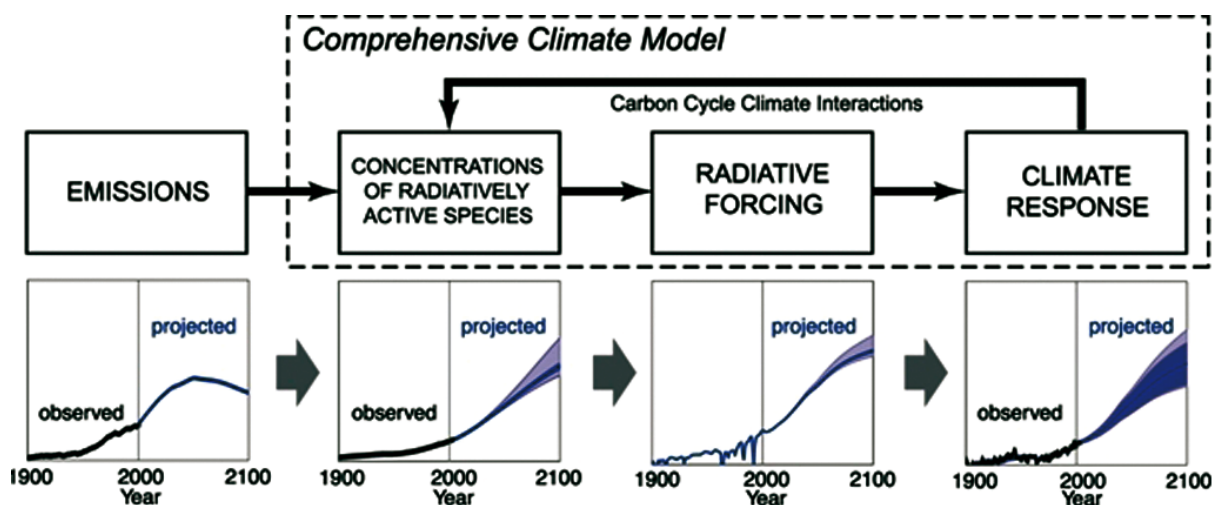
Poleg podatkov in analitično-statističnih orodij so eno izmed osnovnih orodij klimatologov za analizo podnebja numerični podnebni modeli. Spremembe podnebja v preteklih 150 letih potrjujejo poleg analize meteoroloških meritev tudi rezultati podnebnih modelov (slika 11). Podnebni modeli so računalniški programi, ki rešujejo zapleten sistem enačb, s katerimi opisujemo dogajanje v ozračju in povezave med ozračjem in drugimi deli podnebnega sistema (slika 14). Z modeli tako proučujemo vplive različnih dejavnikov na podnebje, med drugim tudi vplive sprememb sončnega sevanja, lastnosti zemeljskega površja in sestave ozračja, vključno z vsebnostmi toplogrednih plinov. So eno izmed osnovnih orodij za proučevanje preteklega in napovedovanje prihodnjega podnebja. Rezultati

podnebnih modelov so obremenjeni z negotovostmi, ki izvirajo iz nepopolnih opisov dogajanj v ozračju, oceanih, na kopnem in v ledenem pokrovu ter njihovih povezav. Kljub tem negotovostim pa se izračuni podnebnih modelov dokaj dobro ujemajo s prostorskimi in časovnimi vzorci sedanjih opaženih sprememb podnebja, ki so razvidni iz analiz meteoroloških meritev, pa tudi z ugotovitvami paleoklimatologije o podnebnih razmerah skozi geološke dobe. Omenjeno ujemanje, razvoj modelov in uspešne napovedi podnebja v prihodnosti so v zadnjih letih utrdili spoznanje, da so podnebni modeli uporabno orodje za razumevanje podnebnega sistema (Self in sod., 1996; Hansen in sod., 2006; Collins in sod., 2006; Delworth in sod., 2006; Reichler in Kim, 2008).



Slika 14. Shematičen prikaz procesov, ki jih vključuje sklopjen model splošne cirkulacije ozračja in oceanov (levo) (Vir: McGuffie in Handerson-Sellers, 1997) in največja razpoložljiva horizontalna ločljivost rezultatov takšnih modelov na območju Evrope (desno) ob pripravi prvega (FAR – 1990), drugega (SAR – 1996), tretjega (TAR – 2001) in četrtega (AR4 – 2007) IPCC poročila (IPCC, 2007).

S podnebnimi modeli lahko ocenimo vpliv izpustov toplogrednih plinov in aerosolov na podnebje v prihodnosti, upoštevajoč negotovosti

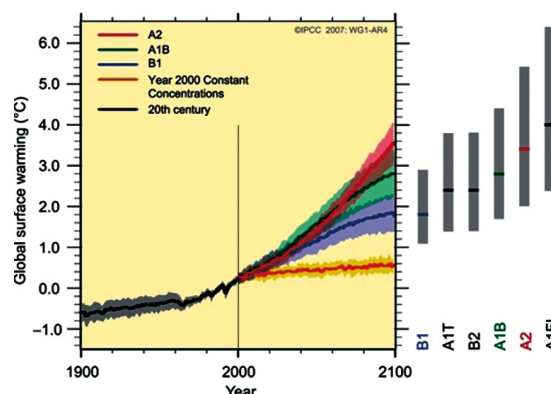


Slika 15. Koraki od začetne ocene izpustov do končnega odziva podnebne sistema nanje. Na vsakem koraku vpeljemo dodatno negotovost, ki se nato odraža v negotovosti končne ocene odziva podnebja na spremenjeno sestavo ozračja (Vir: IPCC, 2007).

Če na primeren način upoštevamo negotovosti podnebnih modelov, si lahko z njimi pomagamo pri ocenjevanju vpliva povečanih vsebnosti toplogrednih plinov in delcev v ozračju na podnebje v prihodnosti. Kaj je potrebno vedeti in upoštevati pri uporabi podnebnih modelov, si lahko preberete v dodatku 5 "Napovedljivost podnebja v prihodnosti".

Na podlagi predvidenih izpustov toplogrednih plinov in aerosolov v ozračje s podnebnimi modeli ocenimo, kako se bo zaradi tega spremenila njihova vsebnost v ozračju in kako se bo na to odzval podnebni sistem. Postopek prikazuje slika 15. Najprej na osnovi scenarijev razvoja družbe ocenimo izpuste v ozračje, ki predstavljajo osnovo za oceno spremenjenih vsebnosti sevalno aktivnih toplogrednih plinov in aerosolov v ozračju. Upoštevajoč, koliko različni plini in delci prispevajo k povečanemu učinku tople grede oziroma k hladilnemu učinku zaradi zmanjšanja prepustnosti ozračja za sončno sevanje, ocenimo, kakšen je sevalni prispevek spremenjene sestave ozračja, kar vpliva na energijsko bilanco Zemljinega površja. Na koncu sledi še ocena, kako se bo podnebni sistem odzval na spremenjeno energijsko bilanco površja (Vir: IPCC, 2007).

Zaradi negotovosti, ki spremljajo tako scenarije družbeno-gospodarskega razvoja in posledičnih sprememb sestave ozračja, kot tudi opise procesov v podnebnem sistemu, napovedi podnebnih sprememb nikdar ne podajamo kot natančne vrednosti, temveč običajno kot razpone, v okviru katerih lahko pričakujemo spremembe statistik, ki opisujejo podnebje. Na primeru globalne temperature je to prikazano na sliki 16.



Slika 16. Projekcije globalnega segrevanja površja glede na obdobje 1980-1999 upoštevajoč scenarije emisij SRES in rezultate simulacij z različnimi modeli. Polne črte predstavljajo globalna povprečja več modelov za scenarije A2, A1B in B1, osenčena območja pa razpon enega standardnega odklona od povprečja rezultatov različnih modelov. Dodani so tudi rezultati, kjer je bila v prihodnje upoštevana stalna vsebnost toplogrednih plinov, ki je enaka izmerjeni vrednosti iz leta 2000. Ob desnem robu so dodane najverjetnejše ocene za posamezne SRES skupine scenarijev ob koncu stoletja in možni razponi. Scenariji emisij SRES predstavljajo različni socialno-ekonomski razvoj družbe. Scenariji skupin A1 predstavljajo hiter globalen gospodarski razvoj, scenariji skupine A2 pa svet raznolikih sil s hitro rastjo prebivalstva. V skupini scenarijev B1 je predstavljen hiter preobrat gospodarskih struktur v smeri oskrbovalnega in informacijskega gospodarstva, manjše porabe surovin ter vpeljave novih, čistejših tehnologij. Pri skupini scenarijev B2 pa je poudarek na regionalnem razvoju za zmerno gospodarsko rast, družbeno enakost in okoljsko trajnost (Vir: IPCC, 2007).

V dodatku 6 „Podnebne projekcije za Slovenijo“ lahko najdete nekaj rezultatov modelskih simulacij za Slovenijo.

DODATEK 5

Napovedljivost podnebja v prihodnosti

Metodi napovedi vremena in napovedi podnebja sta kljub mnogim sorodnostim med uporabljenimi orodji (numeričnimi modeli) konceptualno različni. Vreme je stanje ozračja v določenem časovnem trenutku. Napovedljivost vremena, ki predstavlja prihodnje stanje ozračja v izbranem času, izhaja iz nekega opazovanega in izmerjenega vremenskega začetnega stanja v preteklosti in poznavanja procesov v atmosferi. Zaradi kaotične narave vremenskih procesov je napovedljivost vremena časovno omejena in je tesno povezana z življenjsko dobo samih vremenskih procesov. Podnebje pa se že konceptualno razlikuje od vremena. Opišemo ga s statistikami (npr. povprečjem ter spremenljivostjo) določenih meteoroloških spremenljivk v daljšem obdobju in predstavlja okvire, v katerih se lahko dogaja vreme. Zato ni odvisno od začetnega stanja ampak od dejavnikov, ki ga oblikujejo. Podnebje je v grobem vremenska statistika. Na spremembo te statistike vplivajo številni deli podnebne sistema, ki se s časom bolj ali manj hitro spreminjajo, na primer El Niño, cirkulacija oceanov, spremembe koncentracij toplogrednih plinov in aerosolov v ozračju, spremembe v vegetaciji in rabi tal itd. Vpliv teh razmeroma počasnih sprememb v podnebnem sistemu na verjetnostno porazdelitev vrednosti vremenskih spremenljivk je predvidljiv, opišemo ga s fizikalnimi zakoni in ga lahko simuliramo s podnebnimi modeli.

Podnebni modeli se ves čas izboljšujejo. Posebej pomembne so izboljšave opisov fizikalnih procesov v skali, ki je manjša od mrežne razdalje numeričnega modela, predvsem povezave med sevanjem, oblaki in aerosoli. Izboljšujejo se tudi metode numeričnega reševanja enačb in natančnosti opisa spodnjih robnih pogojev (npr. vpliva tal in vegetacije) s pomočjo višje modelske ločljivosti in boljših vhodnih podatkov.

Navkljub izboljšavam je potrebno zvišati ločljivost modelskih rezultatov, saj večina študij vpliva podnebnih sprememb zahteva veliko večjo ločljivost, kot jo ponujajo globalni podnebni modeli. Večja horizontalna ločljivost je še posebej pomembna za proces sprejemanja političnih odločitev na časovni skali desetletja. Horizontalno ločljivost izboljšamo z uporabo regionalnih podnebnih modelov, kar je še posebej koristno na geografsko raznolikih območjih kot je Slovenija. Zaradi načina delovanja regionalnih podnebnih modelov imajo njihovi rezultati dodatno negotovost v primerjavi z globalnimi modeli. Negotovost se ocenjuje s povprečenjem skupinskih napovedi, kot je prikazano na sliki 16 za globalne modele. Glede na nujno potrebo po projekcijah podnebja v visoki ločljivosti je regionalno modeliranje pomemben del podnebnih raziskav.

DODATEK 6

Podnebne projekcije za Slovenijo

Verodostojne scenarije podnebnih sprememb, ki predstavljajo ustrezno podlago za izpopolnjene strategije prilagajanja, lahko izdelamo le na podlagi rezultatov podnebnih modelov, ki dovolj natančno opišejo podnebno raznolikost Slovenije. Za območje Slovenije smo pripravili projekcije prihodnjega podnebja na podlagi izračunov dveh podnebnih modelov. RegCM3 ima ločljivost 10 km in ALADIN 15 km.

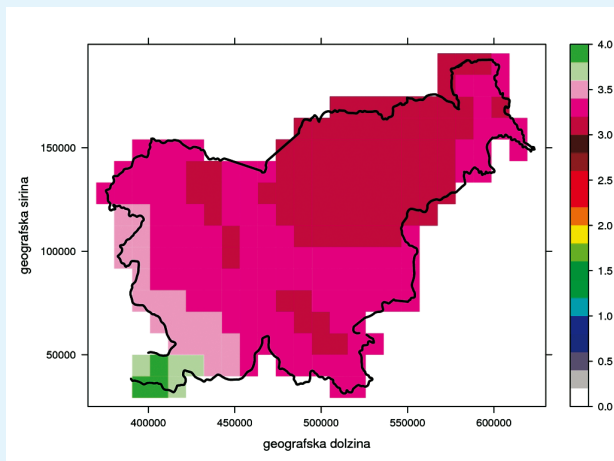
Rezultati simulacij z modelom RegCM3 kažejo na izrazite podnebne spremembe v obdobju 2071–2100 v primerjavi z referenčnim obdobjem 1961–1990 tako z vidika temperaturnih kot padavinskih razmer. Podnebne spremembe bodo v posameznih podnebnih območjih Slovenije različno izrazite, zlasti to velja za višino padavin.

Projekcije podnebnih sprememb obeh uporabljenih modelov kažejo, da naj bi se v skladu s scenarijem emisij SRES A1B temperatura zraka do koncu stoletja v primerjavi s povprečjem 1961–1990 po celotni Sloveniji dvignila za 2 do 3 °C. Najmanj naj bi se dvignila temperatura spomladi, kjer se oceni modelov za osrednjo Slovenijo gibljeta okrog 2 °C ter nekoliko manj za Primorsko in nekoliko več za vzhodni del Slovenije. Otoplitev naj bi bila najmočnejša poleti, ko bi lahko dvig temperature zraka v osrednji Sloveniji presegel 4 °C (slika 17). Po tem scenariju bi največja poletna otoplitev zajela Primorsko.

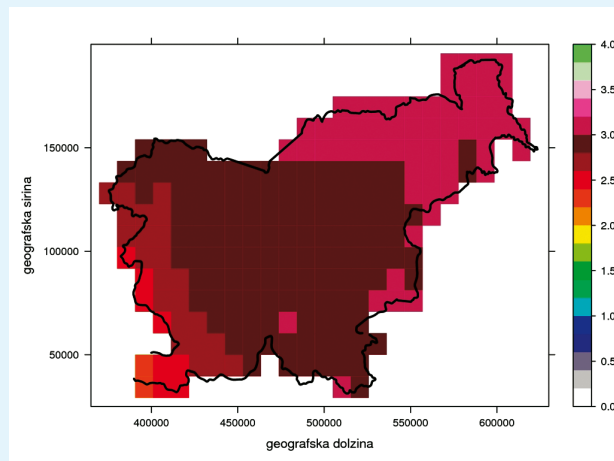
Zaradi slabše zanesljivosti modelov pri opisu padavinskih dogodkov so projekcije podnebnih sprememb, vezanih na padavine, manj zanesljive. Modela ob

koncu 21. stoletja v primerjavi s sedanjimi razmerami napovedujeta manjšo količino padavin v poletnem času skoraj po celotni Sloveniji (slika 19). Zmanjšanje količine padavin naj bi bilo še posebej izrazito na Primorskem, kjer bi ponekod doseglo tudi 40 %, v ostalih delih Slovenije pa bi bilo 10–30 % manj padavin. Pozimi bi po napovedih modelov večji del Slovenije prejel nad 10 % več padavin (slika 20). Jeseni in

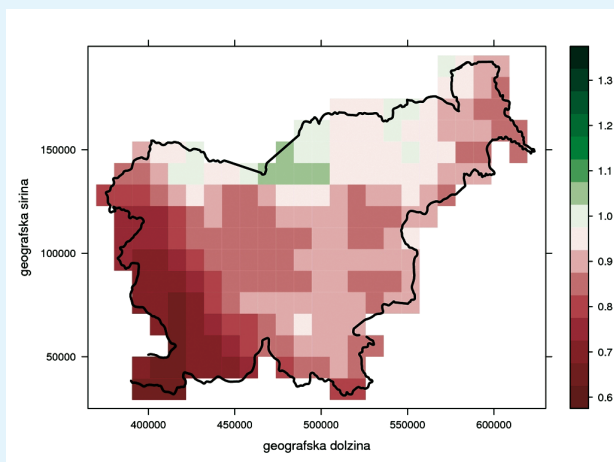
pozimi ne gre pričakovati izrazitih sprememb v dolžini obdobja brez padavin, poleti in spomladi pa gre trend v smeri vedno daljših obdobja brez padavin. V severozahodni Sloveniji, ki je najbolj izpostavljena močnim kratkotrajnim nalivom, v prihodnosti ne opazimo večjih sprememb največjih enodnevnih količin padavin. Manjši premik v smeri močnejših enodnevnih padavin opazimo spomladi in poleti.



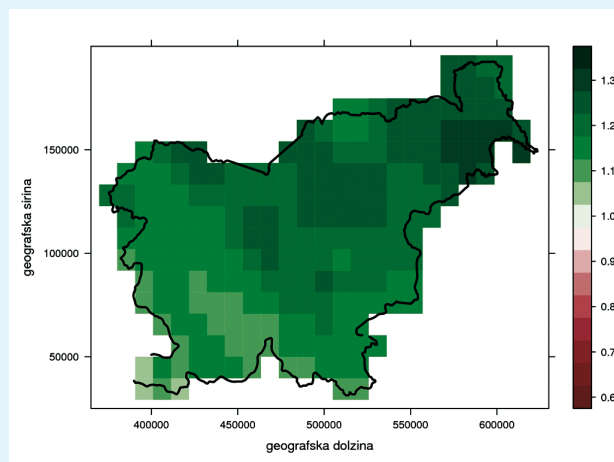
Slika 17. Sprememba poletnega povprečja temperature zraka (v °C) v Sloveniji za obdobje 2071–2100 glede na obdobje 1961–1990 v modelu RegCM3 Vir (B. Muri, K. Bergant – v pripravi).



Slika 18. Sprememba zimskega povprečja temperature zraka (v °C) v Sloveniji za obdobje 2071–2100 glede na obdobje 1961–1990 v modelu RegCM3 (Vir: B. Muri, K. Bergant – v pripravi).



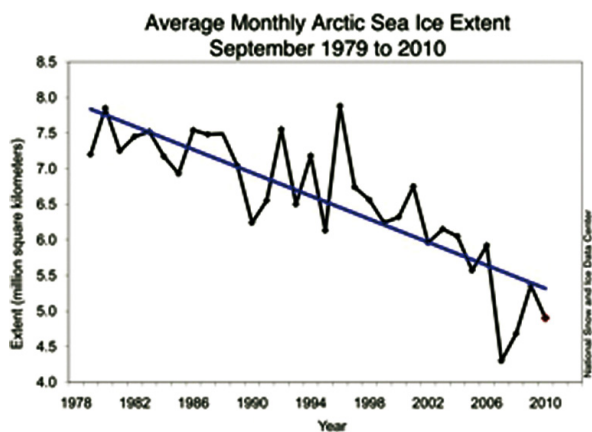
Slika 19. Sprememba povprečne poletne višine padavin v Sloveniji v modelu RegCM3. Podano je razmerje med obdobjema 2071–2100 in 1961–1990 (Vir: B. Muri, K. Bergant – v pripravi).



Slika 20. Sprememba povprečne zimske višine padavin v Sloveniji v modelu RegCM3. Podano je razmerje med obdobjema 2071–2100 in 1961–1990 (Vir: B. Muri, K. Bergant – v pripravi).

Globalno segrevanje ozračja je tesno povezano z drugimi spremembami podnebne sistema

Globalno segrevanje ozračja je tesno povezano s spremembami drugih podnebnih spremenljivk. Poleg temperature se sedanje podnebne spremembe kažejo tudi v spremenjeni pogostosti in intenziteti nevarnih vremenskih pojavov. Mednje uvrščamo zelo intenzivne padavine (nalive), suše, vročinske valove. Spremembe se kažejo tudi v drugih elementih podnebne sistema: tali in krči se grenlandski ledeni pokrov, zmanjšuje se obseg morskega arktičnega ledu (slika 21a), zmanjšuje se spomladanski obseg zasneženih površin na severni polobli, nivo morske gladine se vztrajno dviga (slika 21b) itn. (IPCC, 2007; Copenhagen Diagnosis, 2009).

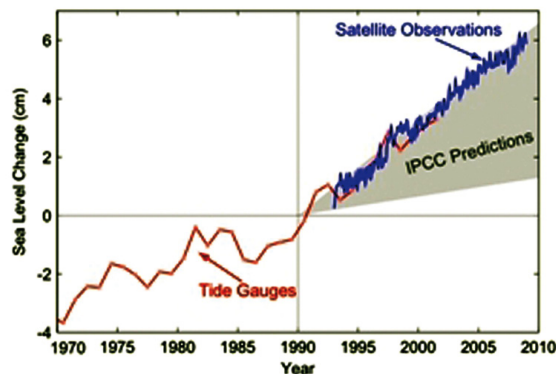


Slika 21a. Obseg arktičnega morskega ledu ob koncu talilne sezone, v septembru, se v zadnjih desetletjih hitro zmanjšuje. (Vir: NSIDC, 2010)

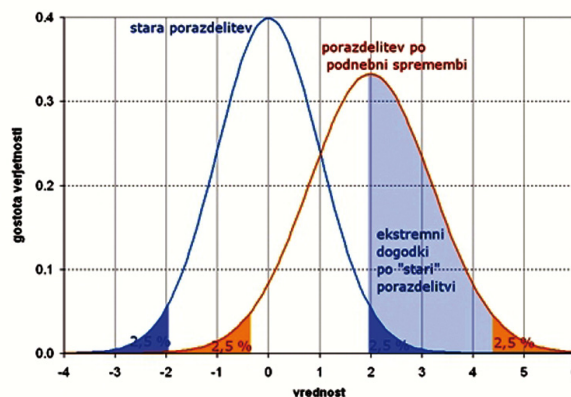
Meritve v Sloveniji in okoliških državah prav tako kažejo različne posledice podnebnih sprememb. V preteklih desetletjih smo bili priča naglemu krčenju obeh ledenikov, Zelenega snega pod Triglavom in ledenika pod Skuto. Ledeniki so še posebej občutljivi na spremembe v višini snežnih padavin, poletne temperature in sončnega obsevanja (glej dodatek 7, „Triglavski ledenik“). Posledice podnebnih sprememb, predvsem spremembe padavinskega režima, pa se že kažejo pri pretokih slovenskih rek (Kobold, 2009).

Posameznega vremenskega pojava ne moremo neposredno povezati z globalnimi spremembami podnebja. Pogosto se v javnosti pojavljajo interpretacije posameznih vremenskih dogodkov kot posledice spremembe podnebja. Posameznih izjemnih vremenskih dogodkov ne moremo neposredno pripisati podnebnim spremembam, kajti opaženi izjemni vremenski dogodki so teoretično možni tako v sedanjem kot tudi v spremenjenem podnebnju. Razlika je le v verjetnosti, da se tak dogodek zgodi (slika 25). Popolnoma razumljivo je vprašanje: »Ali je bil opažen vremenski dogodek

posledica podnebnih sprememb?«, vendar odgovorimo lahko samo na vprašanje: »Ali smo izpostavljeni večjemu tveganju, da bomo doživeli tovrsten vremenski dogodek?«. Za nekatere vrste dogodkov ob upoštevanju znanih negotovosti lahko že sedaj z veliko stopnjo statističnega zaupanja na to vprašanje odgovorimo pritrdilno. Za druge vrste dogodkov, na primer za vse tiste, katerih trendi pogostosti so močno negativni, pa lahko odgovorimo odklonilno. Tako bi bil recimo izjemen vročinski val v Rusiji poleti 2010 brez vpliva globalnega segrevanja precej manj verjeten pojav (NASA GISS, 2010).



Slika 21b. Globalna morska gladina je v preteklih 20 letih naraščala hitreje od večine projekcij v tretjem poročilu IPCC (Vir: Copenhagen Diagnosis, 2009).

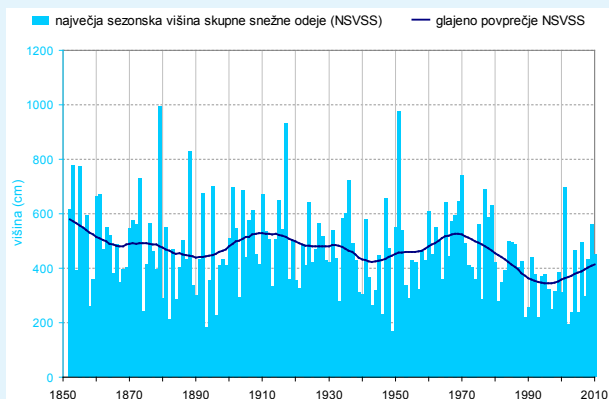


Slika 25. Shema spremembe porazdelitve vrednosti kake od meteoroloških spremenljivk. V prikazanem primeru bi se povečalo povprečje, pa tudi standardni odklon (možna je seveda tudi sprememba, ko bi se npr. povprečje ali standardni odklon ali pa oba zmanjšala). Kot je razvidno iz primerjave »nove« in »stare« porazdelitve, bi bila pri taki spremembi največja relativna sprememba v repih porazdelitve. Število zelo nizkih vrednosti, npr. pod -2, se po povečanju povprečja in standardnega odklona močno zmanjša, zato pa bi se močno povečala pogostost močno pozitivnih vrednosti. Vremenski dogodki, ki jih danes štejemo za izjemne, bodo bi pri taki spremembi v prihodnje lahko postali vsakdanji.

DODATEK 7

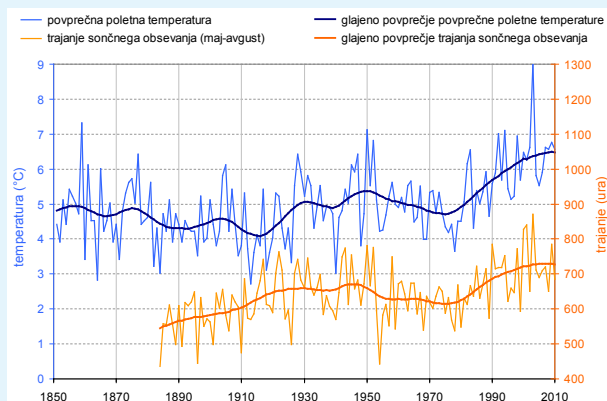
Triglavski ledenik – kazalec podnebnih sprememb

Eden najbolj očitnih znakov segrevanja podnebja v Sloveniji je zelo hitro krčenje Triglavskega ledenika. Spreminjanje spomladanske snežne odeje, poletnih temperatur in trajanja sončnega obsevanja od maja

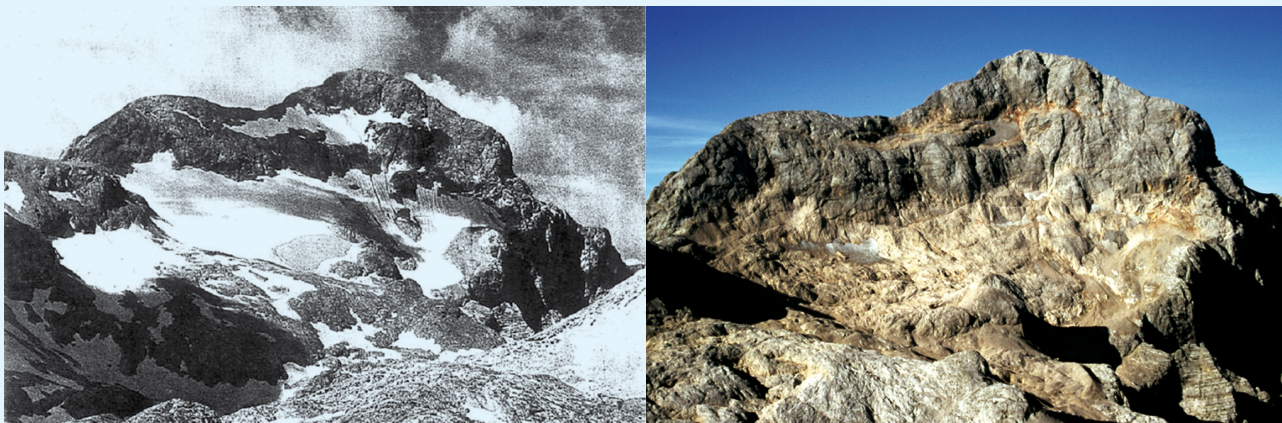


Slika 22. Podroben pregled podatkov o višini snega na Kredarici je razkril tesno povezanost med največjo sezonsko višino skupne snežne odeje (NSVSS), količino padavin in temperaturo v hladnejšem delu leta. S pomočjo podatkov s sosednjih meteoroloških postaj smo rekonstruirali potek NSVSS za obdobje 1852–2010. Graf prikazuje končni rezultat homogenizacije podatkov o snežni odeji. Glajena črta, ki predstavlja povprečne razmere v daljšem obdobju, kaže, da je NSVSS v zadnjem obdobju nekoliko nižji kot v dobrih 100 letih pred tem. Zima 2000/01, ki močno izstopa po višini snega v zadnjih treh desetletjih, ne izstopa glede na celotno obravnavano obdobje. Podatki kažejo, da je bila snežna odeja spomladi 1879, 1917 in 1951 bistveno debelejša (Vir: Dolinar in sod., 2010).

do avgusta se ujema z opaženimi spremembami Triglavskega ledenika. Ob koncu 19. in v začetku 20. stoletja je bil ledenik še precej obsežen (slika 24 levo), nato je začel kopneti in v zadnjih letih je od nekoč pravega alpskega ledenika ostala le še skromna zaplata ledu (slika 24 desno). Tanjša sezonska snežna odeja, višje poletne temperature in več sončnega vremena so spremenile razmerje med redilno in talilno sezono. Ob nadaljnjem ogrevanju kmalu pričakujemo popolno izginotje ledenika.



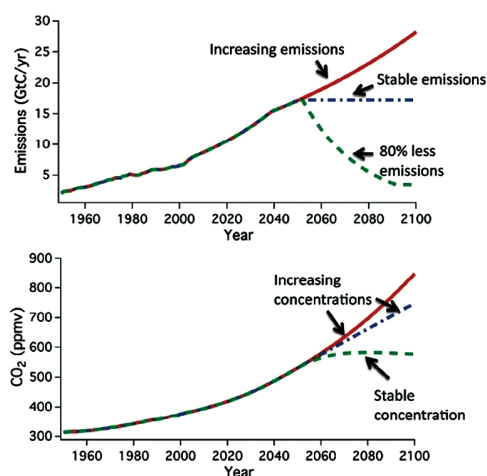
Slika 23. Povprečna poletna temperatura zraka in trajanje sončnega obsevanja od maja do avgusta na Kredarici. Obe časovni vrsti sta rekonstruirani na podlagi meritev na Kredarici in Dobraču (Vir: Dolinar in sod., 2010).



Slika 24: Triglavski ledenik leta 1934 (levo) in leta 2003 (desno) (Vir: arhiv SAZU GIAM).

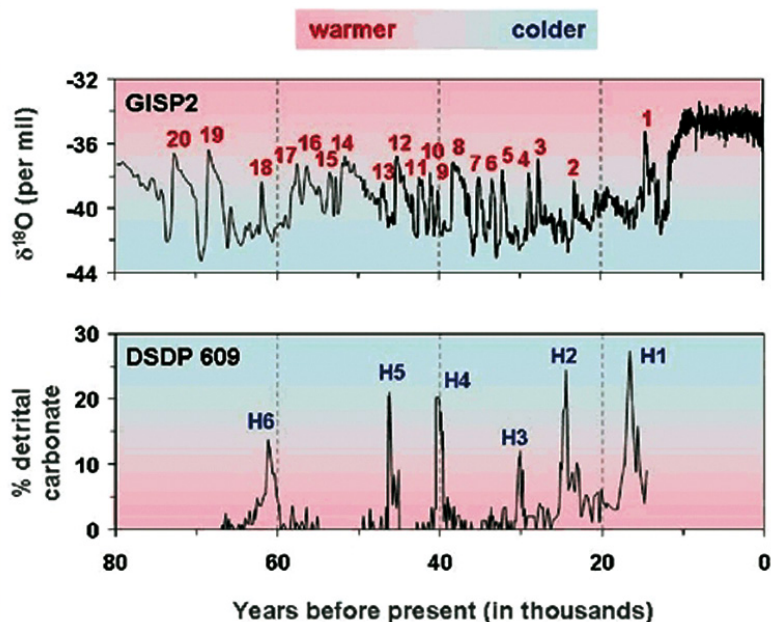
Trend podnebnih sprememb s posledicami se bo nadaljeval še daleč v prihodnost

Simulacije s podnebnimi modeli kažejo, da se bo trend podnebnih sprememb z vsemi posledicami nadaljeval še vsaj nekaj desetletij (tudi v primeru, da se takoj spremenimo v nizkoogljično družbo), v nekaterih primerih celo stoletij ali tisočletij (NRC, 2010). Intenzivnost podnebnih sprememb in resnost njihovih posledic bo v veliki meri odvisna od tega, s kakšnimi ukrepi bo celotna civilizacija zmanjšala izpuste toplogrednih plinov. V vsakem primeru so se spremembe že začele in jih kljub drastičnim ukrepom zaradi dolge življenjske dobe nekaterih toplogrednih plinov v atmosferi, velike toplotne vztrajnosti oceanov in počasnega odziva ledenih pokrovov Grenlandije in Antarktike, ne moremo ustaviti. Lahko jih le omejimo do te mere, da njihovi učinki ne bodo katastrofalni za človeštvo. Več o tem v dodatku 8 „Življenjska doba CO₂“.



Slika 26. Trije različni scenariji izpustov (zgoraj) in koncentracije CO₂ (spodaj) do konca 21. stoletja. Ker izpusti ogljikovega dioksida prekašajo sposobnost ponorov, jih bo potrebno zmanjšati vsaj za 80 %, da se bo koncentracija ogljikovega dioksida ustalila (Vir: RC, 2010).

Zaradi globalnega segrevanja se lahko v podnebnem sistemu sprožijo nenadne, nepredvidene in nepovratne spremembe velikega obsega

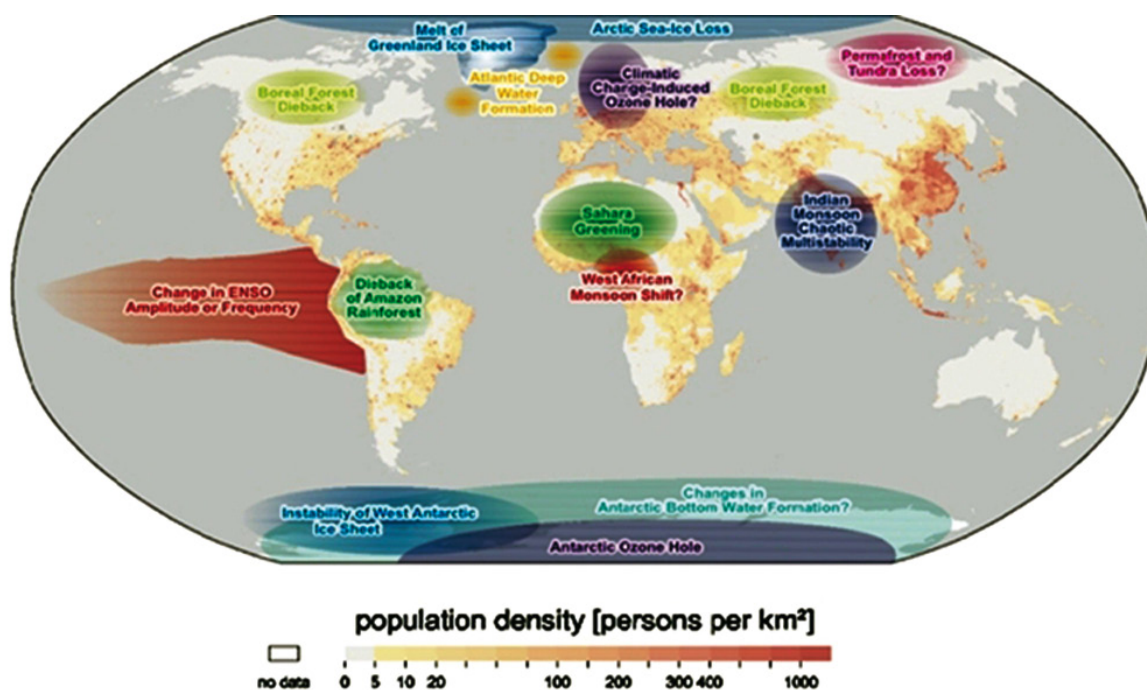


Slika 27. Časovni potek koncentracije izotopa O¹⁸ iz vzorcev »večnega« ledu na Grenlandiji (zgornji del slike), v kateri prepoznamo 20 od 25 hitrih Dansgaard-Oeschgerjevih dogodkov v času zadnje ledene dobe (Grootes in sod., 1993). Koncentracija omenjenega kisikovega izotopa je temperaturni kazalec in kaže na veliko nestabilnost severnoatlantskega toka v času zadnje ledene dobe. V času Dansgaard-Oeschgerjevih dogodkov se je podnebje v nekaj desetletjih regionalno močno ogrelo, nato je sledilo postopno ohlajanje. V holocenu, dobi razvoja človeške civilizacije, je bil severnoatlantski tok znatno bolj stabilen. Spremenljivost podnebja na območju severnega Atlantika razkrivajo tudi ledeniške naplavine. Med hitrimi Heinrichovimi dogodki se je na oceansko dno s pomočjo ledenih plošč usedla velika količina materiala (dogodki od H1 do H6 na spodnjem delu slike) (Bond in Lotti, 1995; spodnji del slike) (Vir: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/abrupt/data3.html>).

V bližnji prihodnosti se lahko nekateri deli podnebne sistema zelo hitro spremenijo (Copenhagen Diagnosis, 2009). V pretekli zgodovini, npr. med zadnjo ledeno dobo, se je to že zgodilo (slika 27). V zadnjih 10.000 letih se je človek razvijal v relativno stabilnem podnebnju (slika 27 zgoraj). Izrazito in hitro spreminjanje sestave ozračja od začetka industrijske dobe pa utegne v prihodnosti povzročiti nenadne, nepredvidene in nepovratne spremembe velikega obsega (slika 28). Med nenadne podnebne spremembe uvrščamo tiste, na katere se človek in naravni sistemi zaradi njihove hitrosti in nepredvidljivosti le stežka prilagodijo (CACC, 2002).

Med potencialno najbolj kritične dele podnebne sistema (slika 28) spadajo amplituda in frekvenca ENSO (El Niño, La Niña), izginotje amazonskega deževnega

gozda, pomik zahodno-afriškega monsuna, ozelenitev Sahare, izginotje tundre in permafrosta na severu Sibirijske, taljenje ledenih pokrovov Grenlandije in Antarktike itd. Za Evropo, zlasti njen zahodni del, je posebna pomena severnoatlantski tok. Spremembe moči tega toka bi pomembno vplivale na podnebje večjega dela Evrope, saj stalen dotok tople vode iz tropskega in subtropskega Atlantika dodatno ogreva Evropo in s tem blaži letno nihanje temperature. Podnebni modeli zaenkrat še niso sposobni zanesljivo oceniti bodočih sprememb omenjenega toka. Na podlagi podatkov iz daljne preteklosti pa vemo, da gre za občutljiv del podnebne sistema (glej sliko 27). Z vprašajem so na sliki 28 označeni sistemi, katerih status je še posebej negotov. Razen označenih na sliki so še druge kritične točke, kot na primer propad koralnih grebenov v plitvinah itd.



Slika 28. Najpomembnejši potencialno kritični deli podnebne sistema in možne nenadne spremembe. Za podlago je dodana gostota prebivalstva (rumeni in rjavi odtenki). (Vir: Copenhagen Diagnosis, 2009)

Podnebne spremembe so pomembne, a ne edini okoljski problem

Posledice podnebnih sprememb bodo odvisne tudi od tega, kako na podnebni sistem vplivajo druge spremembe v okolju (spreminjanje rabe tal, raba naravnih virov, onesnaževanje in spreminjanje okolja) in kako hitro in učinkovito bo človeštvo reševalo vse te okoljske probleme. Prav tako je pomembna povezava v obratni smeri – podnebne spremembe in njihovo reševanje bo vplivalo na druge okoljske probleme.

Okolje na Zemlji je bilo v zadnjem geološkem obdobju (holocenu) relativno stabilno. Vse od industrijske revolucije dalje pa se aktivnosti človeka vse bolj odražajo

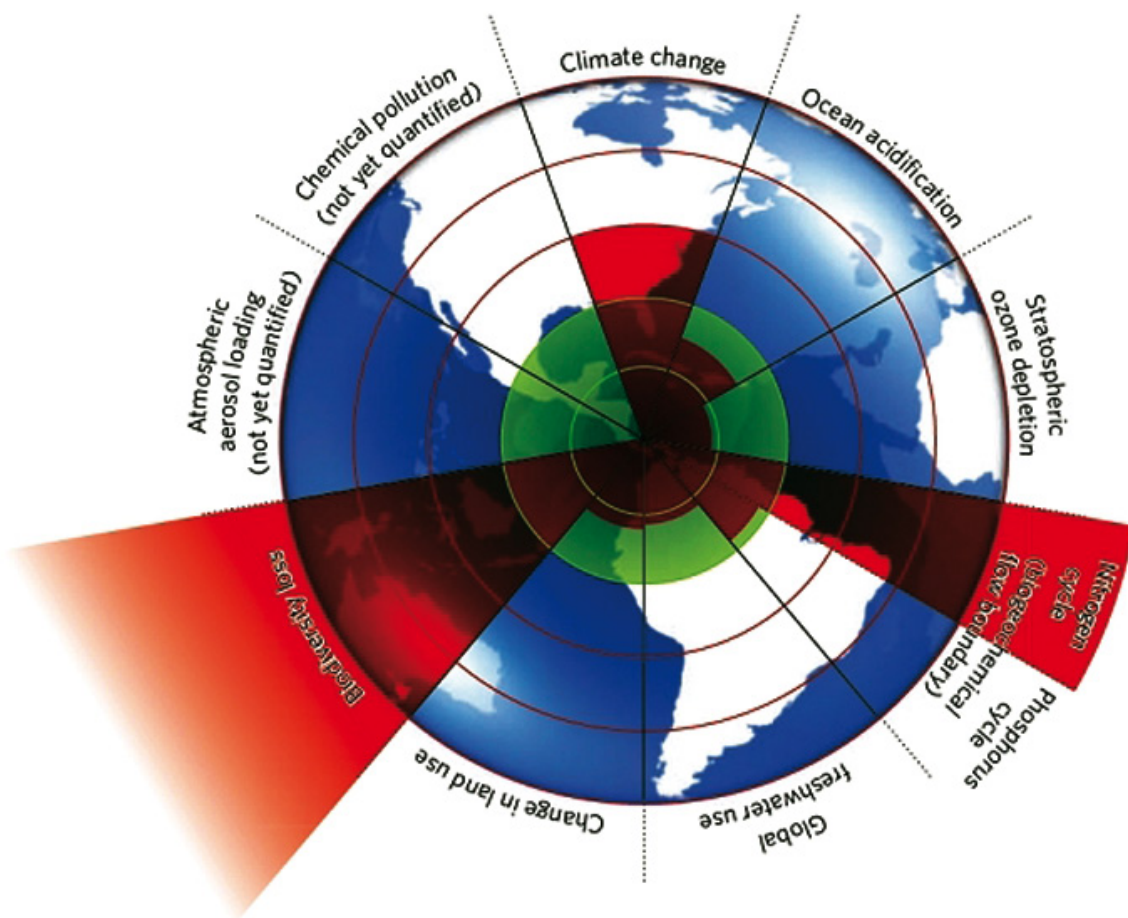
na okolju. Znanstveniki različnih okoljskih strok ugotavljajo, da so spremembe v okolju redko linearne. Zaradi povratnih zank med različnimi dejavniki in sistemi so okoljske spremembe pogosto močnejše od neposrednega odziva na dejavnik, ki sproži začetno spremembo. Na primer: že majhno povišanje koncentracije CO₂ v primerjavi z obstoječimi koncentracijami lahko dolgoročno zviša globalno temperaturo za nekaj stopinj Celzija. Najbolj pa so okoljski sistemi občutljivi v bližini mejnih vrednosti določenih ključnih spremenljivk, s katerimi opisujemo posamezen sistem. Tedaj lahko že zelo majhen zunanji pritisk na sistem sproži nena-

dno veliko spremembo, ki pripelje sistem v novo, t.i. ravnovesno stanje. To novo ravnovesno stanje je lahko popolnoma drugačno od prejšnjega. Rockström in sod. (2009) so poiskali tiste okoljske sisteme in procese, ki so najbolj v nevarnosti, da bo prekomerna človekova aktivnost njihovo stanje pripeljala preko meje »varnega območja«. Identificirali so devet takih sistemov in procesov: podnebne spremembe, zakisljevanje oceanov, tanjšanje plasti stratosferskega ozona, dušikov cikel, fosforjev cikel, globalna raba pitne vode, sprememba rabe tal, izguba biodiverzitete, kopičenje atmosferskega aerosola in kemično onesnaževanje. Za vsak Zemljin sistem ali proces so določili ključne spremenljivke in njihove mejne vrednosti, ki ločijo območje »varnega« okolja za človeško populacijo od škodljivega ali celo potencialno nevarnega okolja.

Človeštvo bo kmalu doseglo mejo varnega območja na področju rabe pitne vode, spremembe rabe tal, zakisljevanja oceanov in fosforjevega cikla. Močno pa je že preseglo mejo varnega na področju podnebnih sprememb, dušikovega cikla in zmanjšanju biodiverzitete (slika 29).

Pri reševanju opisanih problemov je potrebno imeti v mislih medsebojno povezanost omenjenih sistemov in procesov. S premišljenimi ukrepi za rešitev enega od problemov lahko sočasno omilimo še druge okoljske probleme. Izboljšanje kmetijske prakse z vidika onesnaževanja lahko ugodno vpliva na podnebne spremembe. Pri zmanjševanju izpustov toplogrednih plinov lahko sočasno omejimo tudi izpuste strupenih snovi, na primer z učinkovitejšo in smotrnejšo rabo energije. Z zmanjševanjem izpustov ogljikovega dioksida bi upočasnili tudi kisanje oceanov, ki vse bolj ogroža morsko življenje. Snovi, ki uničujejo ozonsko plast, so povečini toplogredni plini; zmanjšanje ali celo prepoved njihove uporabe bi bila blagodejna tudi s stališča podnebnih sprememb.

Po zadnjih meritvah postajajo oceani vedno bolj kisli, kar lahko odločilno vpliva na življenje v njih, s tem pa tudi na celoten podnebni sistem. Več o tem najdete v dodatku 9 „Zakisljevanje oceanov“.



Slika 29. Današnje stanje Zemljinih sistemov je zaskrbljujoče. Notranje, zeleno senčeno območje označuje varno področje za delovanje devetih Zemljinih sistemov. Rdeči klini predstavljajo ocenjeno trenutno stanje posameznega sistema. Stopnja izgube biodiverzitete, podnebne spremembe in človekov vpliv na dušikov cikel so že presegle varno mejo (Vir: Rockström in sod., 2009).

DODATEK 8

Življenjska doba toplogrednih plinov v ozračju in njihov toplogredni potencial

Ko ocenjujemo učinek toplogrednih plinov, sta poleg njihove koncentracije v ozračju pomembni dve njihovi lastnosti: jakost toplogrednega učinka ali toplogredni potencial in življenjska doba plina v ozračju. Nekateri plini so pri absorpciji bolj učinkoviti kot drugi, saj absorbirajo pri različnih valovnih dolžinah, energija dolgovalovnega sevanja pa je pri različnih valovnih dolžinah različna. Tako je toplogredni potencial metana 23-krat večji od ogljikovega dioksida, dušikov oksid pa kar 296-krat bolj učinkovito absorbira dolgovalovno sevanje kot ogljikov dioksid. Seveda pa je tudi življenjska doba teh plinov v ozračju različna. Ogljikov dioksid ostane v ozračju od 50 do 200 let, odvisno od ali se

absorbira na kopnem ali v oceanih. Metan v ozračju ima precej krajšo življenjsko dobo, približno 10 do 15 let. Podatki za ostale toplogredne pline so zbrani v preglednici 3. Glede na zelo dolgo življenjsko dobo CO₂ v ozračju bodo dosednji izpusti učinkovali na naše podnebje še najmanj stoletje. Torej tudi takojšnje drastično zmanjšanje izpustov CO₂ ne pomeni, da se bo hkrati prenehalo tudi segrevanje Zemlje, le pospeševalo se ne bo več s tolikšnim pospeškom kot zdaj. Ravno zaradi dolge življenjske dobe CO₂ v ozračju je zelo pomembno, da izpuste omejimo čim prej, saj bo vsaka dodatna tona izpustov povzročala dodatno segrevanje še mnogo desetletij v prihodnosti.

Preglednica 3. Lastnosti toplogrednih plinov v ozračju (različni viri na spletu)

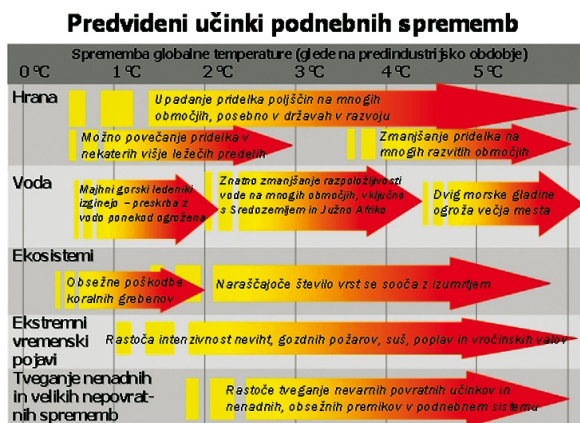
Toplogredni plin	Kemijska formula	Antropogeni vir	Življenjska doba v ozračju (leta)	Toplogredni potencial	Koncentracija pred industrijsko dobo	Trenutna koncentracija
vodna para	H ₂ O				0–4 %	nekaj % več
ogljikov dioksid	CO ₂	fosilna goriva, sprememba rabe tal, proizvodnja cementa	50–200	1	270 ppm	380 ppm ¹
metan	CH ₄	fosilna goriva, neoluščen riž, deponije odpadkov	12	23	700 ppb	1700 ppb ²
didušikov oksid	N ₂ O	gnojila, industrija, sežiganje	114	296	275 ppb	315 ppb
CFC-12	CCl ₂ F ₂	tekoča hladilna sredstva, pene	100	10.600	0	0,54 ppb
HCFC-22	CHClF ₂	hladilniki	11,9	1700	?	?
perfluoroetan	C ₂ F ₆	pridelava aluminija, izdelava polprevodnikov	10.000	11.900	?	?
žveplov heksafluorid	SF ₆	izolacijske tekočine	3200	22.200	?	?

1 delcev na milijon

2 delcev na milijardo

Podnebne spremembe so problem nas vseh

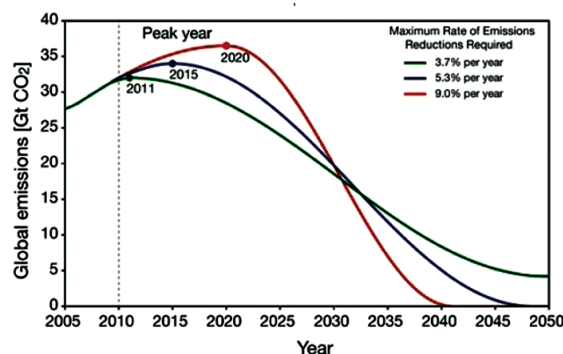
Podnebne spremembe torej niso le problem, s katerim se ukvarja meteorološka znanost. Zaradi vzrokov zanje in zaradi njihovih posledic so problem nas vseh (sliki 31 in 32). Pri razmišljanjih o predvidenih posledicah podnebnih sprememb in potrebnih ukrepih hitro trčimo v etične dileme, ki po svoji naravi presegajo strokovne debate v klimatoloških in meteoroloških krogih.



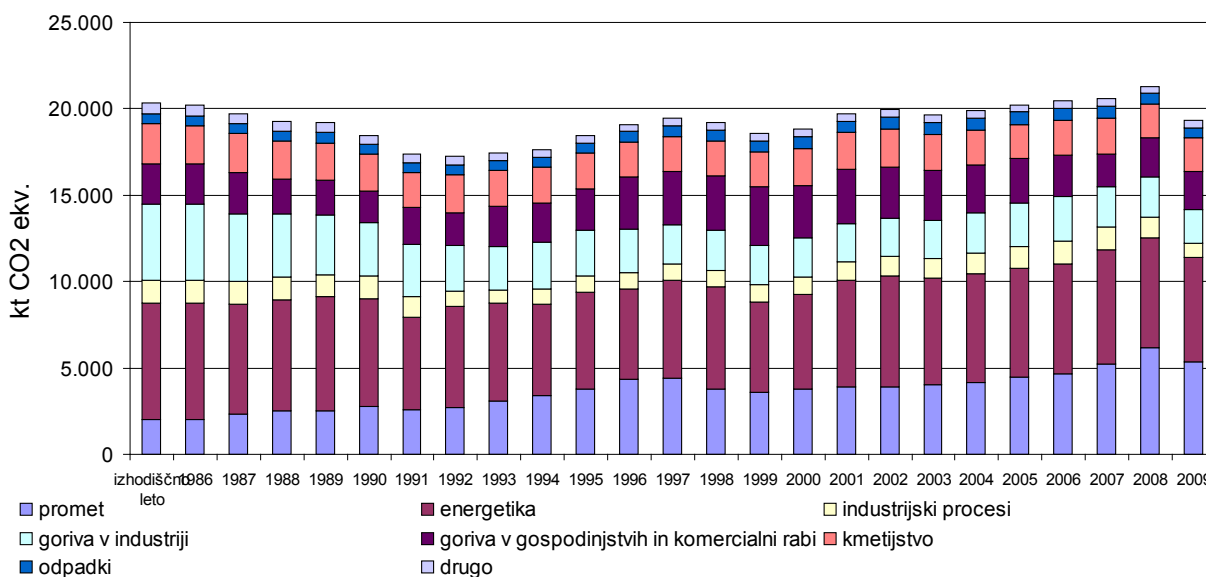
Slika 31. Predvideni učinki podnebnih sprememb glede na dvig globalne temperature v primerjavi s predindustrijsko dobo (Vir: Stern, 2006).

Za presežek ogljikovega dioksida v ozračju in oceanih so v veliki meri odgovorne razvite države (World Resources Institute, 2003). Izpust CO₂ na prebivalca je v teh državah še vedno bistveno večji kot v razvijajočih se državah. Slovenija je z letnim izpustom okoli 10 ton na prebivalca krepko nad svetovnim povprečjem, ki

znaša okoli 4 tone (World Resources Institute, 2003). Na podnebnih konferencah v Kopenhavnu in Cancunu je bil pogosto izpostavljen cilj, da dvig globalnega temperature ne preseže 2 °C glede na predindustrijsko raven (UNFCCC 2009 in UNFCCC 2010). Če želimo z veliko verjetnostjo doseči ta cilj, je potrebno v svetovnem merilu ukrepati čimprej. Kasnejše ukrepanje bo bolj drastično, sicer tega cilja ne bomo dosegli (slika 33). Čeprav se cilj 2 °C pogosto povezuje s preprečitvijo katastrofalnih podnebnih sprememb, ne moremo izključiti resnih posledic v nekaterih območjih sveta že pri manjšem temperaturnem dvigu. Torej, potrebno je ukrepati zdaj in na vseh nivojih: od vsakega posameznika pa do svetovnega merila.



Slika 33. Potek svetovnih izpustov CO₂ po treh različnih scenarijih z enako skupno količino 750 milijard ton v naslednjih desetletjih. Pri tej vrednosti je verjetnost, da globalno segrevanje glede na predindustrijsko dobo ne preseže 2 °C, 67 % (Vir: Copenhagen Diagnosis, 2009).



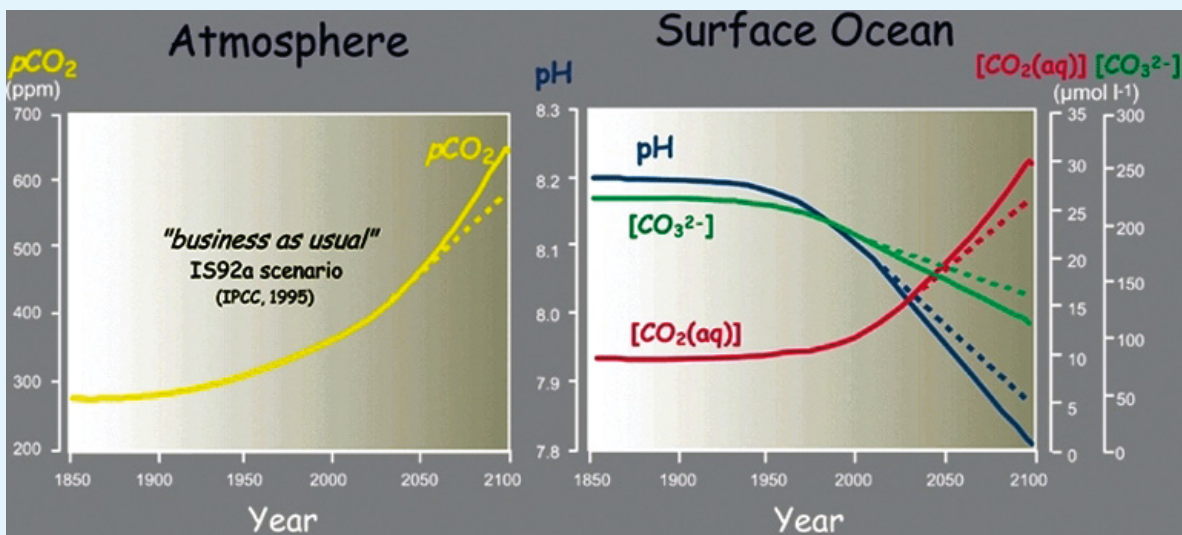
Slika 32. Letni izpusti toplogrednih plinov (ekivalent CO₂) v Sloveniji po gospodarskih sektorjih. Energetika in promet predstavljata nad polovico vseh izpustov. Zmanjšanje izpustov v letu 2009 ni posledica uspešnega izvajanja ukrepov, temveč je zgolj posledica gospodarske krize. Natančnih podatkov za leto 2010 še ni, kot kaže pa bodo zaradi gospodarske krize emisije opazno nižje tudi še v letu 2010 (Vir: ARSO, 2011).

DODATEK 9

Zakisljevanje oceanov

Koncentraciji CO_2 v ozračju in vrhni plasti oceanov sta v ravnovesju. Če se poveča koncentracija CO_2 v ozračju, se več CO_2 raztopi v oceanih. Ogljikov dioksid pri raztapljanju v vodi tvori ogljikovo kislino, ki je sicer šibka, vendar pomembno znižata pH oceanskih voda. Naravni pH oceanov je rahlo bazičen (globalno povprečje skozi geološko zgodovino je 8,16), čemur je prilagojeno življenje v njem. Od začetka industrializacije se je povprečni pH oceanov zmanjšal za 0,1 pH enot. Čeprav so spremembe kislosti (oz. pH) majhne, pa privedejo do velikih sprememb v kemičnem ravnovesju oceanov in močno vplivajo na ekosisteme v njih. Populacije koral so zaradi zakisljevanja oceanov

že precej prizadete, v veliki nevarnosti so tudi školjke in drugi morski organizmi. V bolj kislem okolju namreč začne primanjkovati karbonatnih ionov, ki so osnovni gradniki lupin in ogrodij mnogih morskih organizmov. Podobno kot pri globalnem segrevanju je tudi pri zakisljevanju oceanov zaskrbljujoča velika hitrost procesa. Če bo koncentracija CO_2 še naprej rasla eksponentno, bodo spremembe pH oceanov do konca stoletja trikrat večje in stokrat hitreje kot spremembe na prehodu iz ledene v medledeno dobo. Tako velikih sprememb v kislosti oceanov verjetno ni bilo že 21 milijonov let in verjetnost, da se številni organizmi na te spremembe ne bodo prilagodili, je velika.



Slika 30. Spremembe koncentracije CO_2 v ozračju do leta 2100 po IPCC scenariju, ki predvideva nadaljevanje intenzivnega gospodarstva in pripadajoče spremembe pH oceanov in kemijskega ravnovesja karbonatov (Vir: Wolf-Gladrow et al., 1999).

DODATEK 10

Reference

Aguilar, E., I. Auer, M. Brunet, T. C. Peterson, J. Wieringa, 2003. *Guidance on Metadata and Homogenization*. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://meteo.besse83.free.fr/Stats/GUIDANCE%20ON%20METADATA%20AND%20HOMOGENIZATION.doc>

Alexander, L. V., X. Zhang, T. C. Peterson, J. Caesar, B. Gleason, A. M. G. Klein Tank, M. Haylock, D. Collins, B. Trewin, F. Rahimzadeh, A. Tagipour, P. Ambenje,

K. Rupa Kumar, J. Revadekar in G. Griffiths, 2006. *Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation* J. Geophys. Res., 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.knmi.nl/publications/fulltexts/2005jd0062903.pdf>

Alley, R., 2009. *The biggest control knob. Carbon dioxide in Earth's climate history*. Predavanje na

letnem srečanju AGU, San Francisco, 2009. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://www.agu.org/meetings/fm09/lectures/lecture_videos/A23A.shtml

Archer, D., 2006. *Global Warming: Understanding the Forecast*. Wiley-Blackwell, 288 str.

Agencija Republike Slovenije za okolje, januar 2011. *Poročilo o emisijah toplogrednih plinov*.

Barnett, T. P., D. W. Pierce, K. M. AchutaRao, P. J. Glecker, B. D. Santer, J. M. Gregory, W. M. Washington, 2005. *Penetration of a warming signal in the world's oceans: human impacts*. *Science*, 309, str. 284–287.

Bergant, K., T. Cegnar, M. Dolinar, P. Frantar, G. Gregorič, A. Kambič, M. Klaneček, M. Kobold, S. Koren, M. Nadbath, B. Pavčič, T. Pogačar, M. Robič, P. Souvent, I. Strojan, A. Sušnik, F. Ulaga, G. Vertačnik, Z. Vičar, S. Žlebir, A. Žust, 2010. *Okolje se spreminja: Podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje*. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, 170 str. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.arso.gov.si/novice/datoteke/025928-Okolje%20se%20spreminja.pdf>

Bond, G. C. in R. Lotti, 1995. *Iceberg discharges into the North Atlantic on millennial time scales during the last glaciation*. *Science*, 267, str. 1005–1010.

CACC (Committee on Abrupt Climate Change, National Research Council), 2002. *Abrupt Climate Change: Inevitable Surprises*. National Academy Press, Washington, 244 str. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=10136

Collins, W. D., C. M. Bitz, M. L. Blackmon, G. B. Bonan, C. S. Bretherton, J. A. Carton, P. Chang, S. C. Doney, J. J. Hack, T. B. Henderson, J. T. Kiehl, W. G. Large, D. S. McKenna, B. D. Santer, R. D. Smith, 2006. *The Community Climate System Model Version 3*. *J. Climate*, 19, 2122–2143. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JCLI3761.1>

CRU (Climate Research Unit). HadCRUT3v: <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/>

Delworth, T. L., A. J. Broccoli, A. Rosati, R. J. Stouffer, V. Balaji, J. A. Beesley, W. F. Cooke, K. W. Dixon, J. Dunne, K. A. Dunne, J. W. Durachta, K. L. Findell, P. Ginoux, A. Gnanadesikan, C. T. Gordon, S. M. Griffies, R. Gudgel, M. J. Harrison, I. M. Held, R. S. Hemler, L. W. Horowitz, S. A. Klein, T. R. Knutson, P. J. Kushner, A. R. Langenhorst, H.-C. Lee, S.-J. Lin, J. Lu, S. L. Malyshev, P. C. D. Milly, V. Ramaswamy, J. Russell, M. D. Schwarzkopf, E. Shevliakova, J. J. Sirutis, M. J. Spelman, W. F. Stern, M. Winton, A. T. Wittenberg, B. Wyman, F. Zeng, R. Zhang, 2006. *GFDL's CM2 Global Coupled Climate Models*.

Part I: Formulation and Simulation Characteristics. *J. Climate*, 19, 643–674. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/JCLI3629.1>

Dolinar, M., R. Bertalanič, R. M. Demšar, D. Dvoršek, M. Nadbath, B. Pavčič, M. Roethel-Kovač, G. Vertačnik, Z. Vičar, 2010. *Spremenljivost podnebja v Sloveniji*. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, 12 str. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/publications/spremenljivost%20podnebja.pdf>

GISS (Goddard Institute for Space Studies). GISS Surface Temperature Analysis: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

Glikson, A., 2010. *Climate change as a major geological event*. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.countercurrents.org/glikson220210.htm>

Gray, L.J., J. Beer, M. Geller, J.D. Haigh, M. Lockwood, K. Matthes, U. Cubasch, D. Fleitmann, G. Harrison, L. Hood, J. Luterbacher, G. A. Meehl, D. Shindell, B. van Geel in W. White, 2010. *Solar influence on climate*. *Rev. Geophys.*, 48, RG4001, doi:10.1029/2009RG000282. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://pubs.giss.nasa.gov/cgi-bin/abstract.cgi?id=gr08900n>

Grotes, P. M., M. Stuiver, J. W. C. White, S. J. Johnsen in J. Jouzel, 1993. *Comparison of oxygen isotope records from the GISP2 and GRIP Greenland ice cores*. *Nature*, 366, str. 552–554.

Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, K. Lo, D. W. Lea, in M. Medina-Elizade, 2006. *Global temperature change*. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 103, 14288–14293, doi:10.1073/pnas.0606291103. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://pubs.giss.nasa.gov/docs/2006/2006_Hansen_etal_1.pdf

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment*. [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor in H.L. Miller (ur.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Združeno kraljestvo in New York, New York, ZDA, 996 str. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/contents.html

IUCN (International Union for Conservation of Nature), 2008. *Species susceptibility to climate change impacts*. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://cms-data.iucn.org/downloads/climate_change_and_species.pdf

Kajfež-Bogataj, L., 2006. *Podnebne spremembe in na*

cionalna varnost. *Ujma*, 20, str. 170–176. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.urszr.si/slo/tdocs/ujma/2006/bogataj.pdf>

Kajfež-Bogataj, L., 2009. *Vpliv podnebnih sprememb na zavarovalnice*. *Ujma*, 23, str. 193–199. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.urszr.si/slo/tdocs/ujma/2010/193.pdf>

Kirsty, L., 2011. *Impacts of 'high-end' climate change*. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/impacts/high-end>

Kobold, M., 2009. *Vpliv podnebnih sprememb na ekstremne hidrološke pojave*. *Ujma*, 23, str. 128–135. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.urszr.si/slo/tdocs/ujma/2009/128.pdf>

Lacis, A.A, G. A. Schmidt, D. Rind, in R.A. Ruedy, 2010. *Atmospheric CO₂: Principal control knob governing Earth's temperature*. *Science*, 330, 356–359. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://pubs.giss.nasa.gov/cgi-bin/abstract.cgi?id=la09300d>

Lyman, J. M., S. A. Good, V. V. Gouretski, M. Ishii, G. C. Johnson, M. D. Palmer, D. M. Smith, J. K. Willis, 2010. *Robust warming of the global upper ocean*. *Nature* 465: 334–337. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.nature.com/nature/journal/v465/n7296/abs/nature09043.html>

McGuffie K., A. Henderson–Sellers, 1997. *A climate modeling primer*. Chichester, John Wiley and Sons, 253 str.

NASA GISS (National Aeronautics and Space Administration, Goddard Institute for Space Studies), 2010. *How Warm Was Summer 2010?* Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.giss.nasa.gov/research/news/20100930/>

NCDC (National Climatic Data Center): <http://www.ncdc.noaa.gov/cmb-faq/anomalies.html>

NRC (National Research Council), 2010. *Climate Stabilization Targets: Emissions, Concentrations, and Impacts over Decades to Millennia Committee on Stabilization Targets for Atmospheric Greenhouse Gas Concentrations*. The National Academies Press, Washington, 190 str. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.nap.edu/catalog/12877.html>

NSIDC (National Snow and Ice Data Center), 2010. *Weather and feedbacks lead to third-lowest extent*. Dosegljivo na svetovnem spletu <http://nsidc.org/arcticseaicenews/2010/100410.html>

Pierce, D. W., T. P. Barnett, K. AchutaRao, P. Gleckler, J. Gregory in W. Washington, 2006. *Anthropogenic*

warming of the oceans: Observations and model results. *J. Climate*, 19, str. 1873–1900. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://meteora.ucsd.edu/~pierce/docs/pierce_et_al_jcli939_rev2B.pdf

Pierrehumbert, R. T., 2010. *Principles of Planetary Climate*. University of Chicago, Cambridge University Press, 680 str.

Reichler, T., in J. Kim, 2008. *How Well do Coupled Models Simulate Today's Climate?* *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 89, 303–311. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://www.inssc.utah.edu/~jkim/publications/papers/RK_2008_BAMS_Performance.pdf

Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, Å. Persson, F.S. Chapin, III, E.F. Lambin, T.M. Lenton, M. Scheffer, C. Folke, H.J. Schellnhuber, B. Nykvist, C.A. de Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörlin, P.K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Karlberg, R.W. Corell, V.J. Fabry, J. Hansen, B. Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen in J.A. Foley, 2009. *A safe operating space for humanity*. *Nature*, 461, 472–475, doi:10.1038/461472a

Santer, B. D., M. F. Wehner, T. M. L. Wigley, R. Sausen, G. A. Meehl, K. E. Taylor, C. Ammann, J. Arblaster, W. M. Washington, J. S. Boyle in W. Brüggemann, 2003. *Contributions of Anthropogenic and Natural Forcing to Recent Tropopause Height Changes*. *Science*, 301, str. 479–483. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.sciencemag.org/content/301/5632/479>

Santer, B. D., C. Mears, F. J. Wentz, K. E. Taylor, P. J. Gleckler, T. M. L. Wigley, T. P. Barnett, J. S. Boyle, W. Brüggemann, N. P. Gillett, S. A. Klein, G. A. Meehl, T. Nozawa, D. W. Pierce, P. A. Stott, W. M. Washington in M. F. Wehner, 2007. *Identification of human-induced changes in atmospheric moisture content*. *Proc. Natl. Acad. Sci., ZDA*, 104, str. 15248–15253. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.pnas.org/content/104/39/15248.full>

Santer, B. D., K. E. Taylor, P. J. Gleckler, C. Bonfils, T. P. Barnett, D. W. Pierce, T. M. L. Wigley, C. Mears, F. J. Wentz, W. Brüggemann, N. P. Gillett, S. A. Klein, S. Solomon, P. A. Stott in M. F. Wehner, 2009. *Incorporating model quality information in climate change detection and attribution studies*. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 106, 35, str. 14778–14783, doi:10.1073/pnas.0901736106. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.pnas.org/content/106/35/14778.full>

Schmidt, G. A., R. Ruedy, R.L. Miller in A.A. Lacis, 2010. *The attribution of the present-day total greenhouse effect*. *J. Geophys. Res.*, 115, D20106, doi:10.1029/2010JD014287. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://pubs.giss.nasa.gov/cgi-bin/abstract.cgi?id=sc05400j>

Self, S., J.-X. Zhao, R. E. Holasek, R. C. Torres, A. J. King, 1996. *The atmospheric impact of the Mount Pinatubo eruption. Fire and Mud: Eruptions and lahars of Mount Pinatubo, Philippines*, CG Newhall and RS Punongbayan (eds.), Philippine Institute of Volcanology and Seismology, Quezon City in University of Washington Press, Seattle, str. 1089–1115. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://pubs.usgs.gov/pinatubo/self/index.html>

Shakun, D., A. E. Carlson, 2010. *A global perspective on Last Glacial Maximum to Holocene climate change*. *Quaternary Science Reviews*, 29, 1801–1816. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://www.geology.wisc.edu/~acarlson/Other/Shakun_Carlson_QSR_2010.pdf

Skeptical Science: <http://www.skepticalscience.com/>

Stern, N., 2006. *Stern Review: The Economics of Climate Change*. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/stern_review_report.htm

The Climate Science Rapid Response Team: <http://www.climateapidresponse.org/>

The Copenhagen Diagnosis, 2009. Updating the World on the Latest Climate Science. [Allison, I., N.L. Bindoff, R.A. Bindshadler, P.M. Cox, N. de Noblet, M.H. England, J.E. Francis, N. Gruber, A.M. Haywood, D.J. Karoly, G. Kaser, C. Le Quééré, T.M. Lenton, M.E. Mann, B.I. McNeil, A.J. Pitman, S. Rahmstorf, E. Rignot, H.J. Schellnhuber, S.H. Schneider, S.C. Sherwood, R.C.J. Somerville, K. Steffen, E.J. Steig, M. Visbeck, A.J. Weaver]. The University of New South Wales Climate Change Research Centre (CCRC), Sydney, Avstralija, 60 str. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.copenhagendiagnosis.org/>

The Science of Climate Change: Questions and Answers, 2010. Australian Academy of Science, Canberra, 24 str. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://www.science.org.au/reports/climatechange2010.pdf>

Tripati, A. K., C. D. Roberts in R. A. Eagle, 2009. *Coupling of CO₂ and Ice Sheet Stability Over Major Climate Transitions of the Last 20 Million Years*. *Science*, 326, 1394–1397. Povzetek dosegljiv na

svetovnem spletu: <http://www.sciencemag.org/content/326/5958/1394.abstract?sid=c2416d31-5dfd-448e-ac14-0096da1e8774>

UAH (University of Alabama in Huntsville): <http://www.ncdc.noaa.gov/temp-and-precip/msu/index.html>

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2009. Draft decision -/CP.15, FCCC/CP/2009/L. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://unfccc.int/resource/docs/2009/cop15/eng/107.pdf>

UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change), 2010. The United Nations Climate Change Conference in Cancun, COP 16 / CMP 6, 29 November - 10 December 2010. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://unfccc.int/meetings/cop_16/items/5571.php

Unger, N., T. C. Bond, J. S. Wang, D. M. Koch, S. Menon, D. T. Shindell in S. Bauer, 2010. *Attribution of climate forcing to economic sectors*. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 107, 3382–3387. Dosegljivo na svetovnem spletu: <http://pubs.giss.nasa.gov/cgi-bin/abstract.cgi?id=un01100t>

WMO (World Meteorological Organization), 2008. *Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation*. WMO–No. 8, Ženeva, 681 str. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://www.wmo.int/pages/prog/www/IMOP/publications/CIMO-Guide/CIMO%20Guide%207th%20Edition,%202008/CIMO_Guide-7th_Edition-2008.pdf

WMO (World Meteorological Organization), 2010. *Press Release No. 906*. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://www.wmo.int/pages/mediacentre/press_releases/pr_906_en.html

Wolf-Gladrow et al. (1999) *Direct effects of CO₂ concentration on growth and isotopic composition of marine plankton*. *Tellus B*, 51, 461-476.

World Resources Institute, 2003. *Carbon Emissions from energy use and cement manufacturing, 1850 to 2000*.

Pričanja pred kongresnim odborom ZDA: <http://www.c-spanvideo.org/program/ChangePa>

Podnebne novice

Gregor Vertačnik, Agencija RS za okolje

Povzetek

V obdobju od aprila 2010 do januarja 2011 so svet pretresle številne vremenske ujme. Slovenijo je najhuje prizadela katastrofalna vodna ujma sredi septembra. Mnoga območja po svetu so prizadele še bolj katastrofalne poplave: Pakistan sredi poletja, Avstralijo okoli novega leta in Brazilijo po novem letu. Predele južne Azije je že spomladi prizadela zelo huda vročina, julija in avgusta WMO bili priča rekordni vročini in suši v Rusiji. Zima je pokazala svoje zobe zlasti na Britanskem otočju in v ZDA. Meteorologi so zabeležili nekaj nenavadnih vrtničastih tvorb različnih velikosti, ki so pustošili tu in tam po svetu. Zadnja leta ne moremo mimo dogajanja na Arktiki, zlasti morskega ledu in grenlandskega ledenega pokrova. Tokrat je tudi Antarktika postregla z zanimivim dogajanjem.

Vremenske in podnebne posebnosti v Sloveniji

Drugi in tretji mesec pomladi nista prinesla večjih vremenskih pretresov. Zato pa nam poletje spet ni prizaneslo z neurji. Nemara najhujše med njimi se je 17. junija zneslo nad Grosupljem in okolico. Toča, ki je padala 25 minut, je dosegla velikost kokošjega jajca in razbijala avtomobilska in okenska stekla ter vzela večino letine (slika 1). Točo je spremljal zelo močan naliv, ki je povzročil poplave. V 25 minutah je na meteorološki postaji v Grosuplju padlo dobrih 50 mm padavin. Po nekaj dneh je nastopilo enomesečno obdobje večinoma vročega in suhega vremena. Le tu in tam so sušo omilile nevihte z nalivi, včasih celo preveč. Tako je 13. julija popoldne dobesedno zalilo Mursko Soboto. Močno je lilo celo uro in verjetno padlo blizu 100 mm dežja, saj je postaja v Rakičanu, na obrobju dogajanja, beležila 53 mm padavin. Podobno je bilo na območju Lendave v jutranjih urah 16. julija: samodejna meteorološka postaja je beležila 48 mm dežja v 45 minutah.

Med vsemi vremenskimi dogodki v preteklem letu se bomo najdlje spominjali katastrofalne vodne ujme v sredini septembra. Prvič po letu 1926 je bila Ljubljana

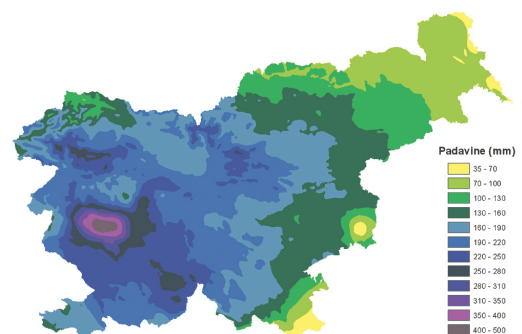


Slika 1. Toča v Grosupljem 17. junija (Foto: I. Sinjur).



Slika 2. Poplave 19. septembra 2010 v Ljubljani (Foto: S. Malovrh).

deležne velike povodnji (slika 2). Obilnejše padavine so se začele v noči s 16. na 17. september, do naslednje noči pa je ponekod že padlo prek 100 mm dežja. Padavine so se po močnem nočnem deževju nekoliko unesle, v noči z 18. na 19. september pa je ponovno močnejše deževalo. Skoraj povsod v zahodni polovici države je v štirih dneh padlo vsaj 200 mm dežja, še precej več pa na Trnovski planoti. Na padavinski postaji na Otlici je v samo 48 urah padlo 498 mm, v Zadlogu pa celo prek 600 mm (slika 3). Na severovzhodu je bilo dežja manj, a tudi okoli 120 mm v takšnem časovnem obdobju tam ni ravno pogosto pojav. Obilne



Slika 3. 48-urna vsota padavin do 19. septembra zjutraj (Vir: Agencija RS za okolje).

in dolgotrajne padavine po vsej državi lahko pripišemo vremenski fronti, ki je nad Slovenijo valovila nekaj dni zapored; svoje je prispevala tudi nestabilnost ozračja, ki se je odražala v obliki nalivov. Mnoge postaje so beležile rekordne vrednosti; 227 mm v dveh dneh na glavni postaji v Ljubljani v več kot 150-letni zgodovini meritev še ni padlo. Na ljubljanskem območju je bilo sicer podobno hudo v septembru 1926 in 1933, ko je bila štiridnevna vsota padavin le malenkost nižja od letošnje. Časovna in prostorska porazdelitev padavin pa sta bili takrat precej drugačni od tokratne.

Viri:

Meteorološki arhiv Agencije RS za okolje
 Radarski arhiv Agencije RS za okolje
http://spin.sos112.si/Pregled/GraficniPrikaz/default_neprav.asp
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/natural-hazards/>
 Jošt Laznik, osebna komunikacija

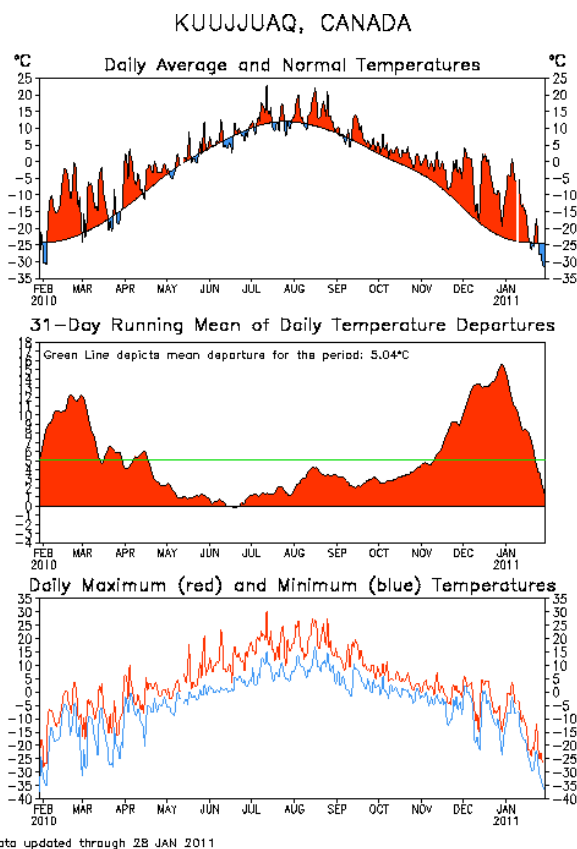
Vremenske in podnebne posebnosti v svetu

Temperaturni ekstremi

Izjemne temperaturne razmere v Kanadi, ki so nastopile septembra 2009, so se nadaljevale skozi vse naslednje leto in deloma tudi v januar 2011 (slika 4). Pomlad je bila z odklonom +4,1 °C glede na obdobje 1951–1980 daleč najtoplejša od leta 1948 dalje. Slečila sta tretje najtoplejše poletje z odklonom +1,3 °C in druga najtoplejša jesen z odklonom +2,1 °C. Leto 2010 je bilo s 3,0 °C »prebitka« zanesljivo najtoplejše doslej. Še posebno ekstremno je bilo v provinci Nunavut, kjer je letni odklon dosegel tudi +5 °C! Rekordno toplo leto so sicer beležili tudi ponekod na sosednji Grenlandiji.

Nenavadno toplo vreme so sredi leta občutili številnih prebivalci dežel v pasu od Sahare prek Bližnjega vzhoda do Kitajske. Vročinskim valovom ni bilo videti konca, rekordi so padali kot za stavo. V Pakistanu, točneje v kraju Mohenjo-Daro, se je živo srebro 26. maja povzpelo do žgočih 53,5 °C. To je ena od najvišjih doslej izmerjenih temperatur v Aziji in najvišja od leta 1942 dalje. Podobno vroče je bilo v Kuvajtu (52,6 °C), Iraku in Savdski Arabiji (52,0 °C), Katarju (50,4 °C), Sudanu (49,7 °C), Nigru (48,2 °C), Čadu (47,6 °C), Mjanmaru (47,2 °C) in Rusiji (neuradno 45,4 °C). Rekorder so beležile tudi evropske države med izjemnim vročinskim valom v juliju in avgustu: Ciper (46,6 °C), Ukrajina (42,0 °C), Belorusija (38,9 °C) in Finska (37,2 °C). Japonska je z odklonom +1,6 °C glede na referenčno obdobje 1971–2000 zabeležila najtoplejše meteorološko poletje v več kot sto letih. Na Kitajskem tako vročega poletja kot lani od leta 1961 dalje še niso zabeležili.

V prvi polovici julija je osrednji del Južne Amerike preplavila zelo hladna zračna masa z juga, robnega

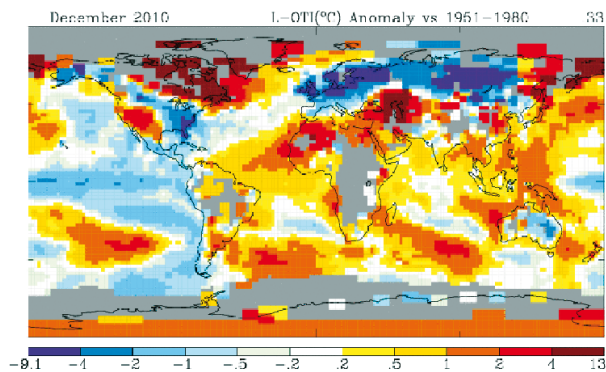


Slika 4. Časovni potek temperature zraka v Kuujuaqu v vzhodni Kanadi od februarja 2010 do januarja 2011. Zglajena krivulja prikazuje dolgoletno povprečje (Vir: Climate Prediction Center, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/global_monitoring/temperature/ecanada_1yrtemp.shtml).

območja Antarktike. Na postaji Observatorij Tarijo v Boliviji so namerili -10 °C in v Bermeju -4 °C. Že čez tri mesece so v Boliviji beležili rekordno visoke temperature, lokalno okoli 40 °C. Med antarktično zimo se je temperatura na evropski postaji Concordia spustila do rekordno nizkih -84,7 °C.

O mrazu so novembra in decembra poročali zlasti iz ZDA in britanskega otočja, nenavadno mrzlo pa je bilo tudi marsikje drugod po Evropi in v osrednjem delu Rusije (slika 5). Ob koncu novembra je po obilnem sneženju Otok zajel hud mraz. V Walesu se je 27. novembra temperatura zraka spustila 18 stopinj pod ničlo. Decembrski vdori mrzle polarne zračne mase nad Evropo so marsikje povzročili obilno sneženje. V Severni Irski so 18. v mesecu namerili rekordnih -18 °C. Združeno kraljestvo je izkusilo najhladnejši december v zadnjih 100 letih; odklon je glede na referenčno obdobje 1971–2000 dosegel -5,2 °C. Od leta 1910 dalje je bilo le pet mesecev še hladnejših.

Tudi čez Lužo so bili pogosto deležni ostrega zimskega vremena. Že 13. novembra je dele lowe, Minesote in Wisconsin prekrila 20–30 cm debela snežna odeja. Od 10. do 13. decembra je snežno neurje prizadelo Srednji zahod; območje Minneapolisa in St. Paula je



Slika 5. Odklon temperature zraka pri tleh decembra 2010 glede na referenčno obdobje 1951–1980 (Vir: NASA Goddard Institute for Space Studies, <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>).

prekrila 40 cm debela snežna odeja. V času božičnih praznikov je silovit snežni metež zajel vzhodno obalo ZDA. V mestu New York so namerili do 62 cm novega snega, ki je povzročil številne preglavice v prometu. Florida in Georgia sta beležili najhladnejši december v merilnem nizu. Od 9. do 13. januarja letos je neurje s snegom in dežjem, ki je zmrzoval, zajelo države juga in vzhoda ZDA. Celo v Teksasu, Alabami in Georgiji so namerili tudi prek 20 cm snega. Največ snega so namerili v Bakersvillu v Severni Karolini, 51 cm in kasneje v Connecticutu; na letališču v Windsor Locku je padlo rekordnih 61 cm snega. Predele Georgije in Južne Karoline je ovil do 4 cm debel ledeni oklep. Čez dva tedna je divjalo novo zimsko neurje, snežilo je v pasu od Arkansasa do Maina. V Centralnem parku v New Yorku je padlo 48 cm snega. Na Floridi so opazili pet tornadov.

Po milem novembru je velik del Sibirije tako kot leto poprej v decembru »pošteno« zmrzoval. V številnih krajih so v drugi polovici meseca namerili pod $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na »polu mraza«, v vasi Ojmjakon, se je 23. decembra temperatura spustila do $-59,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. December kot celota je bil večinoma vsaj $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ hladnejši od dolgotrajnega povprečja; medtem pa je bil skrajni severovzhod Rusije hudega mraza deležen šele v zadnjih dneh leta 2010. V začetku letošnjega leta je v Ojmjakonu pritisnil še hujši mraz; šestega januarja je bilo $-61,2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Mrz je v prvi polovici januarja prizadel tudi Indijo in Bangladeš. V New Delhiju so 9. januarja namerili maksimalno temperaturo zgolj $11,4\text{ }^{\circ}\text{C}$, več juter za-pored se je ohladilo pod $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Na povprečen januarski dan temperaturni razpon seže od $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $18\text{ }^{\circ}\text{C}$. V prestolnici Bangladeša se je 13. januarja živo srebro povzpelo samo do $14,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, medtem ko je bilo še štiri dni prej poletnih $26,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Običajna maksimalna dnevna temperatura v januarju je sicer $25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Velike težave z ostro zimo so imeli v januarju tudi na jugu Kitajske. Preseliti se je moralo več kot 60.000 ljudi, zaradi preobremenjenosti s snegom in ledom se je podrlo več kot 1200 streh. Nenavadno mrzlo vreme

je močno prizadelo kmetijstvo. Pridelki, med njimi riž in zelje, so bili uničeni na površini velikosti 1400 km^2 .

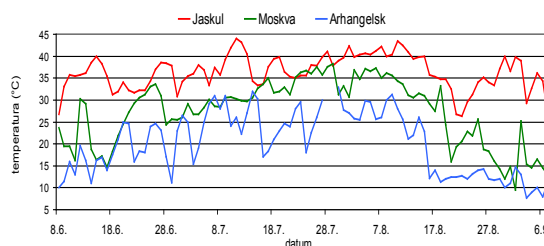
Viri:

<http://www.ec.gc.ca/adsc-cmda/default.asp?lang=En&n=4A21B114-1><http://www.mherrera.org/temp.htm>
<http://www.metoffice.gov.uk/news/releases/archive/2011/cold-dec>
<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/national/2010/12>
http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/news/press_20100910.pdf
<http://en.wikipedia.org/wiki/Dhaka>
http://en.wikipedia.org/wiki/New_Delhi
<http://www.ogimet.com>
<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/hazards/>

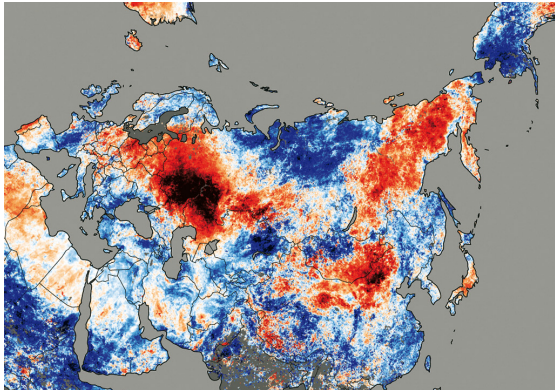
Vročinski val v Rusiji

Poleg ekstremnega monsunskega deževja v Pakistanu je leto 2010 vremensko najbolj zaznamoval dolgotrajni vročinski val v zahodni Rusiji.

V začetku junija je na sprednji strani odcepljenega višinskega jedra nad Balkanom potisnilo vroč zrak iznad Turčije prek Črnega morja proti Rusiji. Kratek vročinski val je v naslednjih dneh potoval proti vzhodu in se ustalil v Kazahstanu. Okoli 10. junija je vročina zajela srednjo Evropo in Balkan, nato še jugozahod Rusije in ponovno Kazahstan – tam se je še okrepila. Po prehodni osvežitvi je ob koncu meseca tudi severno od Moskve postopoma pritisnila vročina, a takrat še ni kazalo, da je to le uvod v pravo vročinsko kalvarijo. Dne 25. in 26. junija so v Moskvi že beležili več kot $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. V Aleksandrovu-Gaju ob kazahstanski meji, severno od Kaspijskega morja, se je naslednje tri dni živo srebro dvignilo malce prek $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Istočasno so tudi ponekod na vzhodu Rusije beležili temperature prek $40\text{ }^{\circ}\text{C}$! Prvi teden julija se je vročina bolj ali manj držala Kazahstana in Kavkaza, nato pa se je postopno začela več kot mesec dni trajajoča agonija v zahodni Rusiji (sliki 6). Že 11. julija so v Jaskulu, južno od Volgograda, namerili afriško vročih $44\text{ }^{\circ}\text{C}$! V severozahodnem delu Rusije je vročina julija večkrat popustila, južno od Moskve pa je vročina nemoteno kraljevala večino



Slika 6. Časovni potek najvišje dnevne temperature zraka v Jaskulu ($46^{\circ}11' \text{ N}$), Moskvi ($55^{\circ}50' \text{ N}$) in Arhangelsku ($64^{\circ}30' \text{ N}$) od 8. junija do 7. septembra 2010. Podatka za Arhangelsk 28. in 29. julija manjkata (Vir: http://www.ogimet.com/gsoc.phtml.en#indic_gistemp/maps/).



Slika 7. Odklon temperature tal v Rusiji in okolici od 20. do 27. julija 2010 glede na obdobje 2000–2008 (Vir: NASA Earth Observatory, <http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=45069>).

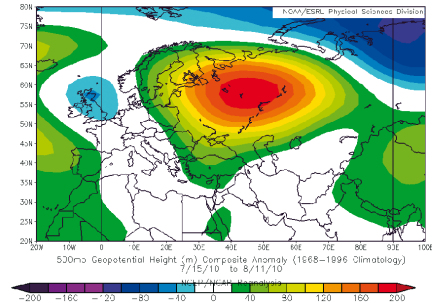
meseca. Od nekako 23. junija naprej je postalo nezno, huda vročina je občasno segla celo do Belega morja in Finske na severu. V Moskvi je osem dni zapored maksimalna dnevna temperatura prebila mejo 35 °C, zgodovinsko vroč je bil zlasti 29. julij. Po jutru z minimalno temperaturo kar 26 °C je sledil peklensko vroč dan, temperaturni dvig se je ustavil šele pri 38,2 °C. Isto popoldne je bilo rekordno vroče tudi na Finskem – v Joensuuju je s 37,2 °C padel državni rekord. Povprečna julijska temperatura zraka je v Moskvi dosegla 26 °C, skoraj 7 °C nad povprečjem obdobja 1981–2010.

V začetku avgusta je izjemna vročina zajela tudi druge dele vzhodne Evrope, zlasti Ukrajino – tudi tam so beležili prek 40 °C. Sredi meseca se je na severozahodu Rusije končno osvežilo, čez nekaj dni je vročina postopoma popustila tudi na jugozahodu in 21. avgusta je bilo pravzaprav precej hladno za ta čas. Prav ob koncu meseca pa je na skrajnem jugu Rusije in v Kazahstanu vročina zopet vzela vajeti v svoje roke. Začetek meteorološke jeseni tam ni bil prav nič jesenski, saj so namerili celo okoli 40 °C! Kmalu se je vendarle ohladilo in tudi ta del zemeljske oble je obiskala jesen. Dnevi vročine, suše, visoke smrtnosti, vsakodnevne izgube pridelka, požarov in onesnaženega zraka so bili končno mimo (slika 8).



Slika 8. Požari pri Nižnjem Novgorodu v zahodni Rusiji 15. avgusta 2010 (Vir: NASA Earth Observatory, <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=45269>).

Izjemen vročinski val lahko pripišemo dolgotrajni sinoptični situaciji s t. i. blokirajočim in stacionarnim anticiklonom. Tako močne poletne blokade nad zahodno Rusijo meteorologi še niso zabeležili (slika 9). Izrazit anticiklon z jasnim vremenom in izjemno močna suša



Slika 9. Povprečni odklon višine 500 hPa ploskve nad Evropo, severno Afriko in zahodno Azijo od 15. julija do 11. avgusta 2010. V jedru blokade nad zahodno Rusijo je bila povprečna višina 500 hPa ploskve v tem obdobju do 200 m nad normalno (Vir: Earth System Research Laboratory, <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/composites/day/>).

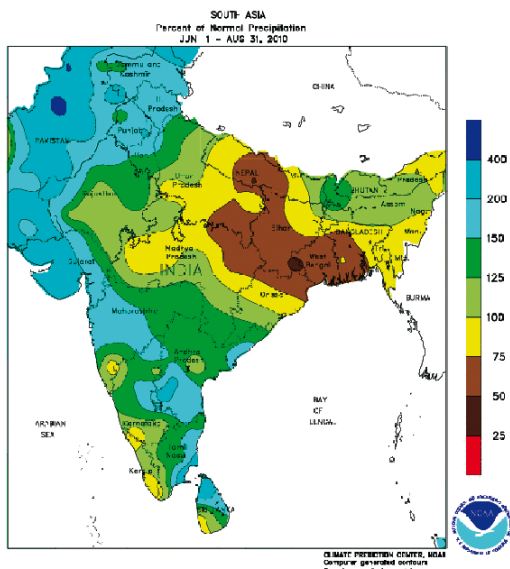
sta skupaj v tandemu igrala pozitivno povratno zanko. Sončno sevanje je okrepilo sušo, suša je zvišala temperaturo, slednja pa je omogočila vztrajanje anticiklona – »lepega« vremenja. Kot kažejo prve študije, je prispevek podnebnih sprememb k opisanemu peklenskemu poletju stranskega pomena, saj število dni z blokado v poletnih mesecih ne kaže opaznega trenda v zadnjih desetletjih. Seveda pa bi lahko Rusija ob izrazitem nadaljnjem globalnem segrevanju v naslednjih desetletjih doživela še precej hujšo vročino.

Viri:

- <http://www.wetterzentrale.de/topkarten/fsrea2eur.html>
- <http://www.esrl.noaa.gov/psd/csi/moscow2010/>
- <http://www.ogimet.com>
- <http://www.giss.nasa.gov/research/news/20100930/>
- http://data.giss.nasa.gov/gistemp/station_data/

Poplave

Vsakoletni indijski monsun zaradi silovitih nalinov vzame precejšnje število življenj. V letu 2010 je monsun v kombinaciji z nenavadno sinoptično situacijo najhujše prizadel Pakistan (slika 10). V mestu Pešavar so 29. julija zjutraj namerili kar 274 mm dežja v 24 urah – dve tretjini običajne letne vrednosti. Izjemno obilnemu deževju ob koncu julija in v začetku avgusta je sledil potop bibličnih razsežnosti. Poplavni val je potoval proti jugu in šele ob koncu avgusta dosegel Arabsko morje. Obsežna območja so bila poplavljenjena, kar petina državnega ozemlja je bila pod vodo, od tega 70.000 km² obdelovalnih površin (slika 11). Smrtni davek je bil izjemen: v Pakistanu prek 1600 in v Afganistanu 64 mrtvih. Skupno je bilo posredno ali neposredno prizadetih kar 20 milijonov ljudi! Celotna



Slika 10. Indeks padavin v meteorološkem poletju 2010 v delu južne Azije (Vir: Climate Prediction Center, NOAA, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/regional_monitoring/asia.shtml).

škoda naj bi dosegla 15 milijard ameriških dolarjev. Predstavnik pakistanske vlade je izjavil, da je šlo za najhujše poplave od leta 1929 dalje. Časovno sovpadanje z vročino v Rusiji je znanstvenikom namignilo, da sta pojava povezana. Izjemno močan polarni vetrni stržen je v tem času valovil severno od Moskve in se proti vzhodu spustil na jug proti Pakistanu. Cikloni, ki so potovali vzdolž stržena so nad Pakistanom skupaj z običajnim poletnim monsunom povzročili rekordno obilno deževje. Za nastalo, gromozansko škodo naj bi bila deloma kriva tudi sečnja gozdov in spremenjena raba tal v zadnjih desetletjih.

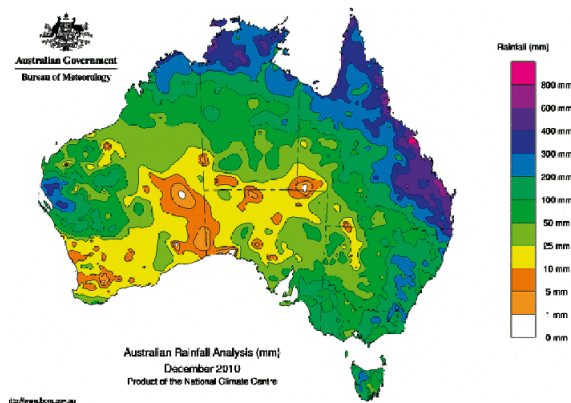
Izjemno pestremu vremenskemu dogajanju so bili od začetka leta 2010 priča na najmanjši celini. Poletje



Slika 11. Poplave na sotočju rek Ind in Kabul 5. avgusta 2010 (Vir: NASA Earth Observatory, <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=45081>).

2009/10 je bilo v Zahodni Avstraliji najbolj vroče v dobi meritev, marca so Queensland in Novi Južni Wales prizadele obsežne poplave. Zima je bila marsikje v notranjosti precej namočena, na skrajnem jugozahodu pa rekordno suha. Sledila je na državni ravni rekordno mokra in večinoma sveža pomlad. Marsikje v notranjosti države so bili popoldnevi v povprečju najhladnejši od začetka meritev. S kar 125 % presežkom padavin je bila to daleč najbolj namočena pomlad, medtem pa je na skrajnem jugozahodu padavin še naprej močno primanjkovalo. Številna območja v notranjosti so prejela več kot 400 % povprečne pomladne višine padavin, na orografskih pregradah tudi okoli 1000 mm.

Prava katastrofa pa je vzhod Avstralije prizadela po rekordni decembrski moči in obilnemu dežju v januarju. Na državni ravni je padla dvojna običajna količina dežja, največ v obalnem pasu Queenslanda – prek 400, lokalno čez 800 mm (slika 12). Od konca novembra do sredine januarja so meteorologi na vzhodu Avstralije našli šest velikih padavinskih dogodkov: od 28. novembra do 4. decembra, od 7. do 13. decembra, 19. in 20. decembra, od 23. do 28. decembra, od 10. do 12. januarja in od 12. do 15. januarja. Dnevni padavinski ekstremi so marsikje presegle višino 100 mm. Dne 25. decembra je postaja Corsis beležila 304 mm, dva dni kasneje pa Carnarvon 274 mm dežja. V Peachestru so 10. januarja beležili 298 mm; tridnevna vsota padavin pa je na postaji Mount Glorious dosegla kar 648 mm! Blizu Brisbana, v Toowoombi, je polurni naliv prinesel kar 152 mm dežja! Sledile so silovite hudourniške poplave, v katerih je umrlo nekaj ljudi, de-roča voda pa je odnesla številna vozila. Mnoge reke so močno poplavljale, najhujše v Queenslandu, nekoliko manj v Južnem Novem Walesu in Viktoriji. Poplave so bile med najhujšimi v avstralski zgodovini. Med krivice za rekordno spomladansko-poletno deževje lahko štejemo močno La ninjo v Tihem oceanu in zelo toplo morje v okolici Avstralije. Nad Avstralijo je z vzhodnim zračnim tokom pogosto dotekal razmeroma topel in



Slika 12. Decembrska višina padavin v Avstraliji. Medtem ko je na obalah severne in vzhodne Avstralije večinoma padlo prek 200 mm padavin, je ponekod na jugozahodu in v notranjosti padlo le za vzorec dežja (Vir: Bureau of Meteorology, <http://www.bom.gov.au/jsp/awap/rain/index.jsp>).

vlažen zrak, kar je zlasti na orografskih pregradah povzročilo izjemno obilne padavine. Med vsemi žalostnimi novicami, od več deset mrtvih do gromozanske škode v višini vsaj 20 milijard evrov, pa lahko najdemo tudi pozitivno – obilno deževje je prekinilo večletno katastrofalno sušo v povodju rek Murray in Darling.

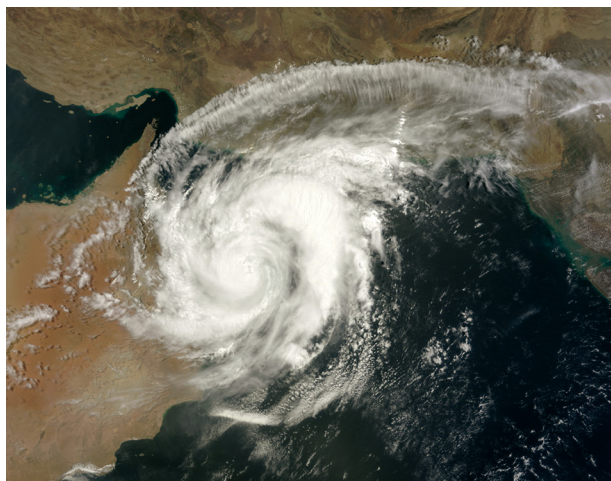
V začetku aprila so nalivi prizadeli območje Ria de Janeira; v 24 urah so namerili 279 mm dežja. V začetku januarja 2011 pa so jugovzhod Brazilije prizadele katastrofalne poplave – najhujša naravna nesreča v Braziliji v zadnjih desetletjih. Zaradi naraslih voda in plazov je umrlo okoli 1000 ljudi. V goratem območju severno od Ria de Janeira je v 11. in 12. januarja v le nekaj urah padlo kar 305 mm dežja. Med prizadetimi kraji sta bili tudi velemesti Sao Paulo in Rio de Janeiro.

Viri:

<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/>
<http://www.bom.gov.au/climate/current/statements/scs24b.pdf>
<http://www.bom.gov.au/climate/current/index.shtml>
<http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-pacific-12149921>
<http://www.bom.gov.au/climate/drought/drought.shtml>
<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/>

Nevihтна in vetrna neurja

V letu 2010 so meteorologi zabeležili nekaj nenavadnih neurij. Od 22. do 24. aprila je ameriški jug pretresla serija 136 tornadov. Močan in uničujoč tornado stopnje EF-4 je na triurni poti skozi Lousiano in Misisipi uničil na stotine domov in terjal 10 človeških življenj. Na svoji kar 240 km dolgi poti je dosegel največji premer skoraj 3 km! Silovito nevihtno neurje je 2. maja prizadelo Bangladeš. Strele so ubile vsaj 17 in poškodovale več kot 50 oseb. Na začetku avstralske zime, 3. junija, je šibek tornado prizadel obalno mesto Lennox Head na severu zvezne države Novi južni Wales. Veter s hitrostjo nad 150 km/h je podrl nekaj domov. Dne 17. junija se je v štirih urah nad ozemlje Severni Dakote in Minesote zneslo kar 20 tornadov. Trije so dosegli stopnjo EF-4, s hitrostjo vetra blizu 300 km/h. Umrli so štirje ljudje. Mestece Vivian v Južni Dakoti je bilo 23. junija priča pravemu bombardiranju z neba. Največja zrna toče so bila izjemna, dosegla so velikost več kot 20 cm in maso okoli kilograma. Dne 16. septembra je mesto New York prizadel silovit nevihtni piš (ang. »macroburst«). Na območju 13 x 8 kilometrov so močni sunki vetra, tudi z 200 km/h, povzročili znatno gmotno škodo. Poleg tega sta Brooklyn in Queens prizadela dva tornada. Konec oktobra je rekordno globok ciklon potoval prek severnega dela ZDA in južne Kanade; na postaji Big Fork v Minesoti je zračni pritisk, preračunan na morsk nivo, 26. oktobra padel na zgolj 955 hPa. Južno stran ciklona so spremljali tudi močni vetrovi, prijavljenih je bilo 75 tornadov.



Slika 13. Tropski ciklon Phet nad obalo Omana 4. junija 2010 (Vir: NASA Earth Observatory, <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=44189>).

Zadnji majski dan je nad Arabskim morjem nastal ciklon Phet in se do drugega junija okrepil na četrto stopnjo (slika 13). Drugi najmočnejši zabeleženi ciklon v Arabskem morju je kopno Omana dosegel oslabljen, 4. junija kot ciklon druge stopnje. Vseeno so nalivi, v katerih so skupno izmerili tudi prek 300 mm dežja, in veter povzročili veliko škodo. Ciklon je za seboj pustil 15 mrtvih, nato se je usmeril proti Pakistanu. V Gawardaru so 5. in 6. junija skupaj beležili 370 mm dežja. V Pakistanu je umrlo vsaj 16, v Indiji vsaj štirje ljudje. Indijski ocean je bil jeseni priča še enemu izjemnemu tropskemu ciklonu. Dne 21. oktobra zjutraj se je zahodno od Mjanmara razvil tropski vihar Giri. Na poti proti kopnemu na severovzhodu je doživel eksploziven razvoj; v okoli 18 urah s prve na peto orkansko stopnjo. Povprečna hitrost vetra je tik pred udarom očesa na kopno dosegla 250 km/h, orkan pa je nad kopnim v zgolj nekaj urah padel po mejo orkana.

Ob koncu junija je močan orkan Alex začel uvod v atlantsko sezono orkanov. Najmočnejši junijski orkan po letu 1966 je prizadel zlasti severovzhod Mehike in del Teksasa. V Monterreyu je v treh dneh padlo nad 800 mm dežja, kar je več kot v običajnem letu skupaj.

Dne 15. septembra je Atlantik istočasno gostil dva orkana četrte stopnje, Igorja in Julijo, kar je prvič po letu 1926 (slika 14).

Dne 14. oktobra je nad vzhodnim delom Tihega oceana nastal tajfun Megi. V naslednjih dneh se je vse močnejši pomikal proti Filipinom in jih 17. dosegel kot izjemno močan tajfun pete stopnje z vetrovi, ki so v sunkih dosegali hitrosti 350 km/h. Pritisk v očesu je ob dotiku kopnega znašal 885 hPa, kar je najmanj v zgodovini meritev na zemeljski obli. Kljub izjemni moči je prehod ciklona prek severnega Luzona povzročil »le« nekaj deset žrtev. Vnovična pot po morju je tajfun



Slika 14. Oko orkana Igor z Mednarodne vesoljske postaje 14. septembra 2010 (Vir: <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/view.php?id=45837>).

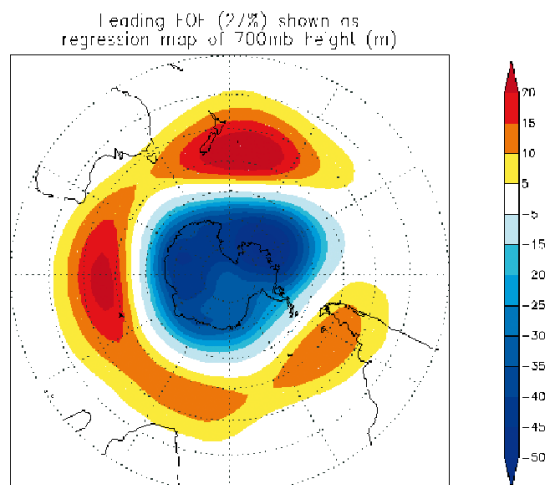
znova okreplila do četrte stopnje. Na poti proti severu, zahodno od Tajvana, je nato počasi oslabil in dosegel kitajsko kopno kot tajfun najnižje stopnje.

Viri:

<http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/>

Arktika in Antarktika

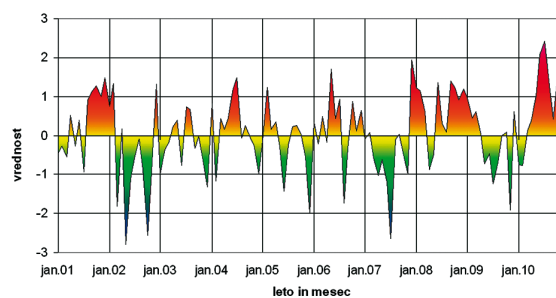
Velike pozornosti meteorologov sta bili v obdobju, ki ga zajema pričujoči prispevek, deležni tudi obe polarni območji. Deloma zaradi nenavadnega gibanja zračnih mas, deloma zaradi vse bolj vidnih posledic podnebnih sprememb. Rekordno nizki vrednosti indeksa arktičnega nihanja v zimi 2009/10 je sledil podobno nenavaden odklon indeksa antarktičnega nihanja (AAO), a v pozitivno smer. AAO indeks je bil od maja do avgusta močno pozitiven, vetrni stržen na 700 hPa pa močnejši kot običajno (sliki 15 in 16). Ena od vidnejših posledic povečane ciklonalne dejavnosti v Južnem oceanu je divergenca morskemu ledu. Med AAO indeksom in površino oziroma obsegom morskemu ledu obstaja znatna povezava, saj se zaradi divergence morski led širi proti severu, proč od celinske Antarktike. Od konca maja do sredine avgusta je površina morskemu ledu presegala povprečje obdobja 1979–2008 za okoli milijon km². Ko je vetrni stržen v avgustu in septembru močno oslabil, se je površina ledu za krajši čas spustila pod povprečje referenčnega obdobja in kasneje kolebala okoli dolgoletnega povprečja. V začetku južnega poletja pa je obseg nenavado hitro zmanjšal in konec januarja dosegel eno od najnižjih vrednosti doslej (slika 17). Površina antarktičnega morskemu ledu od začetka satelitskih meritev sicer rahlo narašča, za kar je verjetno kriva ravno spremenjena cirkulacija kot posledica ozonske luknje. V naslednjih desetletjih pa gre v skladu s splošnim segrevanjem pričakovati vse manjši obseg morskemu ledu na južni polobli.



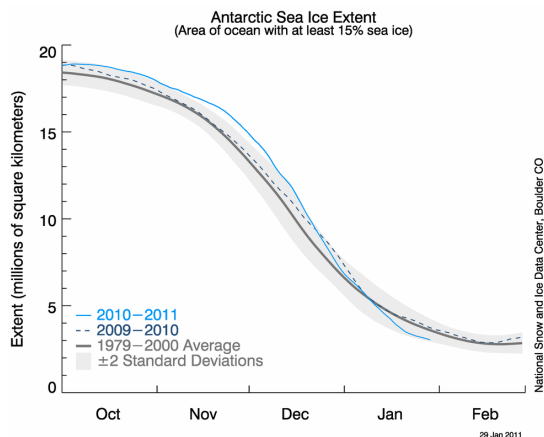
Slika 15. Prvo lastno stanje antarktičnega nihanja – odklon višine 700 hPa ploskve. Območje podpovprečne višine 700 hPa ploskve nad Antarktično celino obkroža kolobar nadpovprečne višine omenjene ploskve. Neposredna posledica takšnega prostorskega vzorca so okrepljeni zahodni vetrovi nad Antarktičnimi morji (Vir: Climate Prediction Center, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/aao/aao.loading.shtml).

Spomladi se je morski led na Arktiko spričo »ugodnih« vremenskih razmer razširil na največji obseg v zadnjih letih. Temu je sledilo naglo taljenje in večji del junija je bil obseg rekordno nizek. V drugem delu talilne sezone je obseg nihala okoli vrednosti prejšnjih treh let in ob septembrskem minimumu dosegel tretjo najnižjo vrednost doslej. Model PIOMAS, ki je namenjen študiji dinamike morskemu ledu, kaže na rekordno nizko prostornino arktičnega morskemu ledu (slika 18). Satelitske slike razkrivajo, da je večina ledu mlada in dokaj tanka, tako da lahko tudi v letošnji talilni sezoni pričakujemo razmere, podobne zadnjim letom.

Meritve in modelski rezultati kažejo, da je bila talilna sezona na Grenlandiji v letu 2010 najizrazitejša v zadnjih desetletjih. Suha in mila zima je pripomogla k zgodnjemu nastopu pomladanskega taljenja. Slednji je botroval hitrejši preobrazbi »sveže« snežne odeje, razkritju ledeniškega ledu in naglemu zmanjšanju



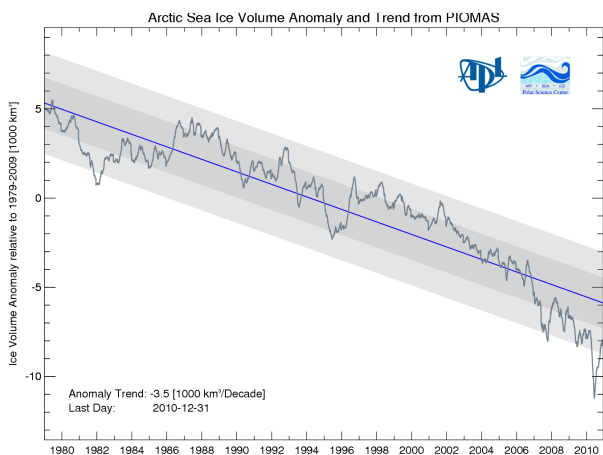
Slika 16. Potek mesečne vrednosti AAO indeksa v obdobju 2001–2010 (Vir podatkov: Climate Prediction Center, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/aao/aao_index.html).



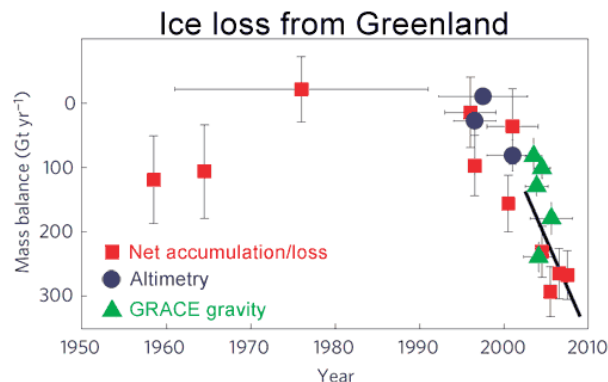
Slika 17. Obseg antarktičnega morskega ledu od oktobra 2010 do januarja 2011, primerjava s sezono 2009/10 in dolgoletnim povprečjem (Vir: National Snow and Ice Data Center, http://nsidc.org/data/seaice_index/images/daily_images/S_stddev_timeseries.png).

površinskega albeda. Toplo poletje, podpovprečne snežne padavine in nizek albedo so v obliki pozitivne povratne zanke povzročili nenavadno obsežno površinsko taljenje. Tališna sezona se je zaključila kasneje kot običajno. Celotna dolžina tališne sezone je na jugu ledenega pokrova do 50 dni preseglja dolgoletno povprečje. Tako je bila površinska masna bilanca v obdobju od oktobra 2009 do septembra 2010 z okoli -310 Gt najmanjša doslej. Meritve satelitskega para GRACE kažejo, da je v poletnem času grenlandski ledeni pokrov izgubil približno 600 Gt mase, razlika glede na poletje 2002 pa je jeseni 2010 znašala približno -1800 Gt (slika 19). Če zadnjo od vrednosti prevedemo v dvig morske gladine na svetovni ravni, dobimo 5 mm.

V zadnjih letih smo bili priča številnim dramatičnim procesom na Antarktiki, zlasti nepričakovanemu razpadanju ledenih polic ob Antarktičnem polotoku. Dne



Slika 18. Ocena modela PIOMAS za odklon v prostornini arktičnega morskega ledu glede na referenčno obdobje 1979-2009 z upoštevanjem letnega hoda (Vir: Polar Science Center, <http://psc.apl.washington.edu/ArcticSeaIceVolume/IceVolume.php>).



Slika 19. Letna masna bilanca grenlandskega ledenega pokrova – zbirka različnih ocen. V zadnjih desetletjih postaja masna bilanca vse bolj negativna, Grenlandija v zadnjih letih izgublja okoli 300 Gt ledu letno (Vir: Jiang in sod., 2010; <http://www.skepticalscience.com/Latest-GRACE-data-record-ice-loss-in-2010.html>).

5. avgusta 2010 pa se je od velikega ledenika Petermann na severni grenlandski obali odlomil čelni del v velikosti 250 km², kar predstavlja četrtno površine plavajočega dela ledenika. Ledena gora si je v naslednjih dneh počasi, a zanesljivo utirala pot izven fjorda in med tem razpadala. Večji ostanki, debeli nekaj deset metrov, bodo naslednje leto pripluli v Baffinov zaliv in naprej čez Davisova vrata v širjave Atlantika. Zadnja večja ledena gora se je na Arktiki pojavila leta 1961 ali 1962. Takrat se je z ledene police Ward Hunt na severni obali kanadskega otoka Ellesmere odlomilo skoraj 600 km² ledu.

Viri:

- http://nsidc.org/data/seaice_index/images/daily_images/S_stddev_timeseries.png
- http://www.cpc.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao/ao_index.html
- <http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/>
- <http://www.ncdc.noaa.gov/sotc/?report=hazards&year=2010&month=8>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Ice_calving
- <http://psc.apl.washington.edu/ArcticSeaIceVolume/IceVolume.php>
- <http://www.skepticalscience.com/Latest-GRACE-data-record-ice-loss-in-2010.html>
- <http://www.skepticalscience.com/translation.php?a=21&l=22>

Tedesco, M., X. Fettweis, M. R. van den Broeke, R. S. W. van de Wal, C. J. P. P. Smeets, W. J. van de Berg, M. C. Serreze in J. E. Box, 2011. The role of albedo and accumulation in the 2010 melting record in Greenland. *Environ. Res. Lett.* 6 (2011) 014005, str. 1-6. Dosegljivo na svetovnem spletu: http://iopscience.iop.org/1748-9326/6/1/014005/pdf/1748-9326_6_1_014005.pdf

Jiang, Y., T., H. Dixon in S. Wdowinski, 2010. Accelerating uplift in the North Atlantic region as an indicator of ice loss. *Nature Geoscience* 3, 404 -407 (2010).

10. srečanje Evropske meteorološke zveze in 8. Evropska konferenca o aplikativni klimatologiji

Tanja Cegnar, Agencija RS za okolje

Letna konferenca Evropske meteorološke zveze in Evropska konferenca o aplikacijah na področju podnebnih znanosti sta potekali v Zürichu v konferenčnem centru ETH, od 13. do 17. septembra 2010. Udeležilo se ju je 630 meteorologov in drugih strokovnjakov s področja ozračja in okolja iz 44 držav. Po uradni statistiki je bilo na konferenci 5 Slovencev. K uspehu konference so bistveno prispevali domačini, saj jih je bilo na konferenci kar 119, sledilo pa je nemško zastopstvo s 101 udeležencem. Uradni jezik konference je angleščina. Čeprav gre formalno za dve sočasni konferenci v istem konferenčnem centru, običajno govorimo kar o eni konferenci, saj se obe med seboj povsem prepletata, organizacija in izvedba pa potekata skupno. Dogodek so soorganizirali Evropska meteorološka zveza, European Climate Support Network, Schweizerische Gesellschaft für Meteorologie, MeteoSwiss in Institute for Atmospheric and Climate Science ETH. Že od leta 2006 sem kot predstavnica Agencije RS za okolje članica organizacijskega odbora konferenc EMS, zadolžena sem za sklop sekcij pod naslovom Komunikacija in izobraževanje.

Z letošnjim motom »Podnebni izdelki visoke ločljivosti – pot k storitvam za podnebne spremembe« smo izpostavili naraščajočo potrebo po izboljšanih storitvah, ki nadgrajujejo že uveljavljene in splošno uporabljane napovedi ter sisteme opozarjanja. Gospodarski sektorji, kot so kmetijstvo, energetika, upravljanje z vodami, promet, zavarovalništvo in turizem, so zelo občutljivi na vremenske in podnebne ekstreme ter na predvidene spremembe. Samo tesnejše sodelovanje med razvijalci, ponudniki in uporabniki storitev bo

zagotovilo, da bo podnebna informacija optimalno vključena v načrtovanje politike na vseh nivojih in v vseh razsežnostih.

Konferenca je bila zasnovana kot platforma za oblikovalce politik, operativne izvajalce in raziskovalce. Omogočila naj bi izmenjavo izkušenj in pogledov ter olajšala poti za izboljšanje izdelave, dosegljivosti, posredovanja in aplikacije znanstveno utemeljenih podnebnih storitev v podporo uporabnikom pri prilagajanju na sedanje in bodoče podnebne razmere. Osnovna področja, ki smo jih na konferenci obravnavali, so bila:

- priprava in posredovanje relevantnih podatkov;
- razvoj podnebne znanosti;
- razvoj storitev na področju podnebnih sprememb;
- dialog med ponudniki in uporabniki;
- doseg informacij in storitev.

Konferenco je odprl predsednik EMS Fritz Neuwirth, prisotne pa so pozdravili tudi županja Züricha Corine Mauch, direktor MeteoSwiss Gerhard Müller, Christoph Appenzeller (v imenu ECSN), Christoph Schär (IACETH), predsednik SGM Markus Fuger in Ben Dieterink (v imenu HMEI). Udeležence je v imenu Kitajskega meteorološkega društva nagovoril tudi Ning Ying.

Pozdravnim govorom je sledila podelitev nagrad mladim raziskovalcem za njihove dosežke. Prejemniki nagrad za mlade znanstvenike so bili: Damyán Barantiev, Stephanie Singla, Zornitsa Spasova, Rafiq Hamdi,



Izročitev nagrad (Foto: ETH konferenčna spletna stran).



Predavanja o podnebnih storitvah v visoki ločljivosti (Foto: ETH konferenčna spletna stran).

Laura Trapero Bague, Gabriella Szepszo, Matthieu Chevallier, Matthias Demuzere, Elena Maksimovich in Erika Miklos. Nagrajenci prejmejo plaketo, poleg tega pa jim finančno omogočimo udeležbo na konferenci. EMS je podelila še dve nagradi za najboljša plakata; prejemniki nagrad so bili Svetlana Reneva za plakat z naslovom Effect of wetland types on methane emission from Russian frozen wetlands under conditions of climate change (sekcija AW11) in avtorji Marie Berthelot, Laurant Dubus, and J. Gailhard za plakat Improvement of ECMWF monthly forecasts of precipitation over France with an analog method (sekcija AW9). Poleg plakete so avtorji prejeli bonus za kotizacijo na naslednji konferenci, ki bo od 12. do 16. septembra 2011 potekala v konferenčnem centru Dahlem Cube v Berlinu.

Otvoritveni slovesnosti so sledila strateška predavanja z naslovom »K podnebnim storitvam v visoki ločljivosti«. Prvi predavatelj je bil generalni sekretar Svetovne meteorološke organizacije Michel Jarraud, ki je predstavil Globalni okvir za podnebne storitve, sledil je Johannes Schmetz iz EUMETSAT, ki je izpostavil vlogo podnebnih opazovanj iz vesolja za podnebne storitve. Dick Dee je zastopal ECMWF in govoril o vlogi reanaliz za bodoče podnebne storitve. Steve Noyes je predstavil izzive in priložnosti ob uvajanju podnebnih storitev visoke ločljivosti. Najširši pogled na podnebne storitve in po splošni oceni najbolje podano predavanje je bilo zaključno: Guy Brasseur iz Centra za podnebne storitve v Hamburgu je govoril o poti od globalne podnebne znanosti do sistema upravljanja Zemlje.

Z izjemo plenarnih predavanj je delo sočasno potekalo v 4 dvoranah, veliko pa je bilo tudi plakatov. Že tradicionalno konferenco spremlja tudi razstava podjetij, ki ponujajo meteorološko opremo in storitve ter literaturo; tokrat je bilo prisotnih 13 razstavljalcev.

Naslednji plenarni dogodek je bil popoldne tretjega dne konference namenjen komuniciranju o podnebnih spremembah. Ta dogodek sem organizirala skupaj s kolegom Robom van Dorlandom in Rasmusom Benestadom. Najbolj zanimivo je bilo predavanje Roberta Dijkgraafa, predsednika Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, ki je podal ugotovitve in zaključke preiskave dela IPCC. Nanizal je priporočila za nadaljnje delo, s katerimi bi preprečili ponovitev napak in pomanjkljivosti, ki so ob izidu zadnjega poročila IPCC sprožile toliko debat in tudi dvomov v preglednost postopkov tega mednarodnega odbora. Sledila je okrogla miza, kjer pa je bilo žal največ časa namenjenega preteklim napakam v komuniciranju strokovne javnosti o podnebnih spremembah; razpravljavci so se vedno znova vračali k vprašanju časovnega okvira taljenja himalajskih ledenikov in razpitih elektronskih sporočil znanstvenikov iz University of East England.

Kot stranski dogodek konference je bilo organizirano neformalno srečanje ženskih udeleženek konference na pobudo EWSN – International network for women in earth sciences. Udeležilo se ga je okoli 40 žensk, ki so predlagale, da bi podoben dogodek organizirali tudi v sklopu konference v Berlinu septembra 2011.

Srebrno medaljo (to je najvišje odlikovanje, ki ga vsako leto podeljuje Evropska meteorološka zveza) je letos prejel David Burridge za svoje izjemno vodenje in znanstven prispevek na področju numeričnega napovedovanja vremena. Za vse, ki vam ime ni poznano, naj omenimo, da je bil v obdobju 1991–2004 direktor ECMWF, od upokojitve leta 2004 sodeluje pri upravljanju in vodenju programa THORPEX, v obdobju 2005–2008 pa je bil tudi predsednik Evropske meteorološke zveze.

V konferenčnem centru je potekalo še več vzporednih strokovnih dogodkov, prav tako pa niso manjkali niti



Govorniki na okrogli mizi – komunikacija o podnebnih spremembah (Foto: ETH konferenčna spletna stran).



Predsednik EMS Fritz Neuwirth izroča priznanje EMS nagrajencu Davidu Burridgu (Foto: ETH konferenčna spletna stran).

družabni dogodki, ki so bili dragocena priložnost za navezavo stikov in oblikovanje novih strokovnih projektov.

Naj omenimo tudi letno skupščino EMS in sestanek upravnega odbora EMS, ki sta bila že dan pred začetkom konference. Med konferenco pa smo že imeli pripravljani sestanek za naslednjo konferenco, ki bo septembra 2011 potekala v Berlinu.

Medijska sekcija si je z leti pridobila poseben status, tako da smo letos vse prispevke v tej sekciji snemali in so dosegljivi na svetovnem spletu. Sekcijo smo začeli s kodeksom, ki smo ga v okviru smo v razpravo ponudili vsem državnim meteorološkim društvom. Z njim bi želeli vzpodbuditi zanimanje za korektno in razumljivo posredovanje znanstvenih spoznanj in podatkov na področju podnebja ter podnebnih sprememb. Za zdaj smo dobili tri odzive, in sicer od meteorološkega društva v Franciji, Veliki Britaniji in Švici. Z razpravo želimo nadaljevati ter naslednje leto ugotovitve in zaključke ponuditi na spletnih straneh društva; s tem bi olajšali podoben proces v društvih, ki takega kodeksa še nimajo, bi si ga pa želela.

V okviru medijske sekcije že tradicionalno podelimo tri nagrade; prvo podelimo za življenjsko delo meteorologu, ki je glavino svoje poklicne kariere posvetil posredovanju meteoroloških informacij javnosti. Temu nagrajencu krijemo stroške udeležbe na konferenci, poleg tega prejme nagrajenec tudi pokal in plaketo. Tokrat smo nagradili švedskega kolega Bengta Lindstroema. Nagrado za najboljšo TV vremensko napoved smo podelili Florinu Busuiocu iz romunske PRO TV, nagrajenec je prejel plaketo in pokal.

Najprestižnejša nagrada pa je tista, ki jo dobi najboljši projekt za ozaveščanje javnosti; tokrat so nagrado prejeli kolegi iz MeteoFrance in SMF za projekt približevanja meteorologije šolarjem z naslovom Météo-Jeunes Regional Meetings.

Tako kot minula leta bomo tudi tokrat iz vseh prispevkov, ki so bili podani na medijski sekciji, pripravili zgoščenko, da bo vsebina dosegljiva tudi tistim, ki se sekcije niso mogli udeležiti, a bi se radi seznanili z vsebino.

Organizirala sem tudi zelo uspešno sekcijo na temo strategij prilagajanja na podnebne spremembe. V osmih predavanjih in na enem plakatu je bilo predstavljenih nekaj državnih strategij za prilagajanje na podnebne spremembe, prav tako pa tudi delovanje Evropske agencije za okolje na področju prilagajanja na podnebne spremembe; opisan je bil EU projekt CIRCLE2, delovanje interesne skupine za ranljivost na podnebne spremembe in nekaj projektov, ki so zelo pomembni s stališča priprave strokovnih podlag za učinkovito prilagajanje.

Več o konferenci najdete na spletnem naslovu: http://www.emetsoc.org/annual_meetings/annual_meetings_2010.php



Prejemniki medijskih nagrad EMS v letu 2010 (Foto: ETH konferenčna spletna stran)



Evropska konferenca o aplikativni klimatologiji – pogled udeleženca

Gregor Vertačnik, Agencija RS za okolje

Povzetek

V zadnjih letih Evropska meteorološka zveza (EMS) skupaj s soorganizatorji prireja letno srečanje društva in Evropsko konferenco o aplikativni klimatologiji (ECAC). Letošnja, osma konferenca, se je odvijala sredi septembra v švicarskem Zürichu. Petdnevnega dogodka se je udeležilo prek 600 poslušalcev, ki so z zanimanjem spremljali kakovostna predavanja.

Uvod

Večina konferenčnih dejavnosti se je odvijala v glavni stavbi ETH (Švicarska državna tehniška visoka šola), nad mestnim jedrom Zürichu. Vsak dan so zaznavali številni dogodki: nepreštevna predavanja, predstavitve plakatov, strokovna srečanja, podelitev nagrad in priznanj. V glavni avli so razstavljala podjetja z meteorološko opremo, tam je potekalo tudi druženje med odmori. Organizacija je tekla brezhibno, točno kot švicarske ure. V luči podnebnih sprememb so organizatorji svetovali prevoz z vlakom, saj je Zürich eno od železniških središč srednje Evrope. Namesto letalskega prevoza z ljubljanskega letališča sem tako izbral približno dvanajsturno nočno potovanje z vlakom, v spalniku. Prijetno me je presenetil prometni režim v Zürichu, kjer je poudarek na pešcih, kolesarjih in javnem prometu znatno večji kot v slovenskih mestih.



8. Evropska konferenca o aplikativni klimatologiji je bila v Zürichu, ki je udeležence navdušil z izredno učinkovitim in uporabniku prijaznim javnim prometom (Foto: G. Vertačnik).

Predavanja

Jedro konference so predstavljali sklopi predavanj, ki so vzporedno potekali v različnih predavalnicah. Temaatika je bil raznovrstna, od paleoklimatoloških raziskav prek sinoptične klimatologije in numeričnega modeliranja vremena do fenologije in posredovanja podnebne znanosti v medijih. Vedoželjnemu poslušalcu je seveda žal, da ne more biti prisoten pri vseh zanimivih temah, a vendarle sem z lastnim izkupičkom okoli 70 predavanj povsem zadovoljen.

Ponedeljek in torek

Ponedeljkovih in torkovih dopoldanskih predavanj se žal zaradi sestanka v projektu COST HOME nisem mogel udeležiti. Po končanih obveznostih in kosilu sem odkorakal v predavalnico, kjer se je odvijal sklop predavanj na temo Vpliv vesoljskih dejavnikov na podnebje Zemlje in planetov. Rdeča nit je bila



Konferenčni center ETH (Foto: G. Vertačnik).

Sončeva dejavnost in njen vpliv na Zemljino podnebje. Po lanski mrzli zimi je marsikaterega poslušalca zanimala povezanost hladnih evropskih zim in nizke Sončeve dejavnosti. V predavanju T. Woollingsa je bil jasno razviden vzorec – topla Grenlandija in hladna vzhodna Evropa; občutnega vpliva na zimske temperature v naših krajih ni videti. Da gre v tem primeru za spremembo cirkulacije jasno kaže povezanost indeksa severnoatlantskega nihanja in Sončeve dejavnosti. Kmalu je sledilo nekoliko provokativno predavanje o tem, kaj nam o neposrednem Sončevem vplivu na Zemljino ozračje povesta sosednja planeta. Predavatelj R. Lundin trdi, da je sestava planetarnega ozračja, zlasti količina vodne pare, pomembnejša od oddaljenosti od Sonca. Na primeru Venere je skušal dokazati, da lahko njeno peklensko vroče površje v veliki meri pripišemo visokemu pritisku; to trditev je nekdo iz občinstva spodbijal z zelo hladnim morjem v globinah Zemljinih oceanov. Sklop predavanj se je končal z razpravo, med drugim o tem ali je zadnji Sončev minimum uvod v daljše obdobje manjše dejavnosti, podobno kot v 19. stoletju. Mnenja o tem ostajajo deljena, saj so napovedi jakosti bodočih minimumov in maksimumov v enajstletnem ciklu Sončeve dejavnosti še vedno nezanesljive.

Sreda

V sredo zjutraj sem se udeležil predavanj o kartiranju, prostorski interpolaciji, GIS modeliranju in referenčni klimatološki statistiki. Klimatologinja R. Erdin je predstavila uspešen projekt združitve radarskih in prizemnih meritev padavin. Švicarji se soočajo z enakim problemom kot mi – kako na razgibanem

reliefu združiti sicer dobro ločljive, a absolutno slabo natančne radarske meritve in redko posejane kvalitativne prizemne meritve. S pomočjo zapletene obdelave podatkov je mogoče izluščiti pozitivne lastnosti obeh merilnih sistemov. Izkaže se, da je v Švici radar zaradi svoje ločljivosti pomembnejši partner v poletnem času, sicer h kvaliteti karte padavin levji delež prispevajo prizemne postaje.

Po dopoldanskem odmoru sem preselil v drugo predavalnico, kjer so tekla predavanja na temo razumevanja procesov v luči podnebnih sprememb. Vsekakor je bilo predavanje o vplivu aerosolov na Zemljino sevalno bilanco med bolj poučnimi. Simulacije s priljubljenim hamburškim podnebnim modelom ECHAM5 kažejo regionalno veliko vlogo nečistoč v ozračju. Vpliv žveplovega dioksida je približno enakovreden vplivu saj in dima. Modelske simulacije v prehodnem režimu omogočajo oceniti vpliv aerosolov na vzhodu Kitajske. Tam zaradi močno onesnaženega ozračja tla doseže manj Sončevega sevanja, kar se v zadnjih desetletjih odraža v zmanjšani rasti temperature in vse večji sušnosti. Naslednje od predavanj je razkrilo povezavo med dolgoročnim spominom in podnebno napovedljivostjo. Modelske simulacije in meritve kažejo, da so območja z dolgotrajnim spominom oziroma izrazito avtokorelacijo hkrati manj občutljiva na zunanje dejavnike, ki povzročajo podnebne spremembe. Najlepša primera sta del severnega Atlantika in Južnega oceana, ki se v zadnjem stoletju nista občutno segrela. Uporabna posledica dolgotrajnega spomina so lahko uporabne napovedi na desetletni časovni skali. Tri predavanja na temo monsuna so osvetlila šibke točke podnebnih modelov. V splošnem ostaja simulacija monsunskega režima kar trd oreh za podnebne modele današnje



V avli med odmorom (Foto: G. Vertačnik).

generacije. V zadnjem predavanju prej omenjenega sklopa smo izvedeli, kakšen vzorec podnebnih sprememb nas, Evropejce, čaka glede na geografsko lego in nadmorsko višino. V alpskem prostoru gre pričakovati hitrejša ogrevanja v višjih legah, pri čemer so med sezonami velike razlike. Poletna višina padavin se bo najizraziteje zmanjšala v nižinskem svetu. Pomembna bo povratna zanka med snegom, temperaturo in albedom, zaradi česar bo trend ogrevanja še nekoliko večji. Šele po letu 2020 pa naj bi višinski vzorci sprememb postali očitni.

Četrtek

Četrtkovo jutro in dopoldne sem prisostvoval predavanjem na temo vrednotenja trendov, spremenljivosti in ekstremov podnebnih sprememb. Na ARSO trenutno poteka projekt Podnebna spremenljivost v Sloveniji, zato je bilo predavanje P. Ceppija z naslovom Lokalni in sinoptični vplivi na temperaturni trend v Švici v obdobju 1959–2008 vsekakor poučno. Švica se je v omenjenem obdobju segrevala s povprečno hitrostjo okoli 0,35 °C/desetletje, najmanjši je bil jesenski dvig. Zaznaven je močnejši jesenski in zimski trend v nižinah, kar bi lahko pojasnili z vse redkejšo meglo. Sprememba pogostosti sinoptičnih situacij lahko razloži le manjši del segrevanja, lokalno pa je pomemben vpliv zgodnejšega pomladanskega taljenja snega – tam je temperaturni dvig nekoliko večji. Klimatologi se morajo pri izračunu trendov spopasti z motnjami v izmerjenem nizu podatkov, kar je lepo prikazalo tudi predavanje o hitrem ogrevanju ozračja nad Japonsko v mestnih območjih. Meritve v krajih s hitro urbanizacijo odsevajo ne samo temperaturni trend širšega območja, temveč deloma vse močnejši toplotni otok. S pomočjo kategorizacije merilnih mest in primerjavo z meritvami temperature bližnjega morja so ugotovili, da je vpliv urbanizacije na Japonskem očiten. Na mnogih merilnih mestih se kaže kot dodaten dvig temperature za okoli 1 °C v zadnjih 110 letih.

V predavalnici D1.1. so medtem potekala predavanja o rekonstrukciji podnebja v preteklosti na podlagi različnih virov. U. Büntgen je predstavil obsežen projekt rekonstrukcije podnebnih sprememb preteklih 2500 let v srednji Evropi. S pomočjo dovršene metodologije so uspeli iz drevesnih vzorcev, zlasti hrasta, rekonstruirati preteklo podnebno spremenljivost. Pri tem so izkoristili številne vire, poleg dreves v gozdu tudi arheološke najdbe in naplavine. Glavni rezultat obdelave podatkov je močnejše nihanje padavin v daljših časovnih obdobjih kot temperature. V luči rekonstrukcije je sedanje ogrevanje ozračja nad srednjo Evropo izstopajoče, prvovrstno. Še pred kosilom sem ujel zanimivo predavanje o stabilnosti glavnih vzorcev nihanja ozračja na severni polobli. Skupek analiz ERA-40, podatkov Ameriške državne uprave za ozračje in oceane (NOAA) in skupinskih simulacij podnebnih modelov za obdobje 1000–2100 kaže notranjo

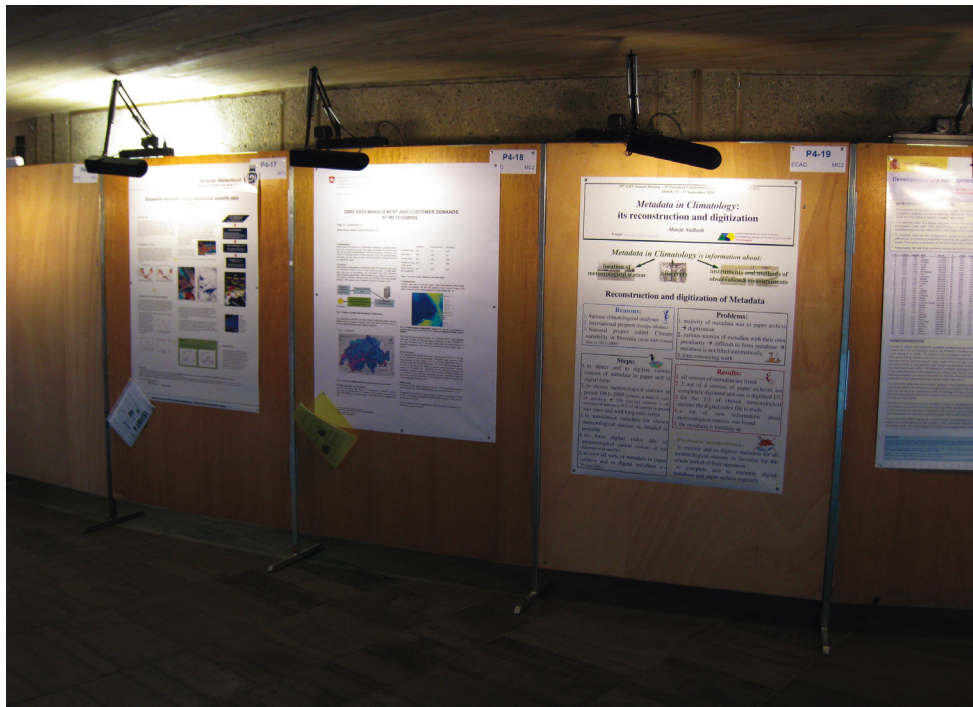
nestabilnost sistema severnoatlantskega in pacifiško-severnoameriškega nihanja. Jedra vremenskih tvorb, kot sta azorski anticiklon in islandski ciklon, namreč skozi čas spreminjajo svojo lego. Iz tega sledi, da določanje podnebnih razmer na podlagi NAO indeksa ni tako zanesljivo kot bi to sklepali na podlagi podatkov preteklih desetletij.

V popoldanskem delu so bila na vrsti predavanja o digitalizaciji in upravljanju podatkov, kontroli in homogenizaciji. Predstavniki ameriškega Središča za raziskave ozračja (NCAR), Švicarske meteorološke službe (MeteoSwiss), avstrijske Službe za meteorologijo in geodinamiko (ZAMG) in Nemške meteorološke službe (DWD) so predstavili novosti in izkušnje s tega področja. Ingeborg Auer je predstavila uspešen projekt HISTALP, s katerim so raziskovalci na voljo zelo dolgi homogenizirani nizi podnebnih spremenljivk v alpskem prostoru. Glede na pomembnost poznavanja preteklih podnebnih sprememb in uspeh projekta je predavateljica izrazila željo in upanje na podoben projekt v evropskem merilu. Večina evropskih držav na žalost še vedno ni izkoristila podatkovnega potenciala, ki že desetletja ždi v papirnatih arhivih in čaka, da ga kdo pregleda in digitalizira. V Nemčiji, Švici in Avstriji so, kot smo slišali na predavanjih, resno zagrizli v to kislno jabolko, pri nas pa je po zaključku projekta FORALPS tovrstna dejavnost zamrla. Slovenija ima kot naslednica Habsburške monarhije, ki je prva na svetu ustanovila meteorološko službo, zavidljiv položaj glede obsega in kakovosti klimatoloških meritev pred drugo svetovno vojno. Kljub temu nič ne kaže, da bi to znali ceniti in izkoristiti.

Petek

Sklop predavanj iz četrtkovega popoldneva se je nadaljeval v petkovo dopoldne. Prvi je nastopil G. Flury s predstavitevjo kontrole klimatoloških podatkov v švicarski meteorološki službi z različnimi pripomočki, načini. V MeteoSwiss so se odločili za prehod na nov sistem šifriranja kakovosti podatkov, ki je preglednejši in uporabnikom bolj prijazen. Uporabniki imajo oziroma bodo imeli možnost izbire med originalno in interpolirano vrednostjo. Peter Stepanek je nadaljeval s primerjalno analizo metod homogenizacije dnevniških nizov podatkov, ki sodi med relativno novo področje klimatologije. Na žalost številni poskusi homogenizacije dnevniških ali urnih izmerkov niso privedli do najbolj uporabnih rezultatov.

V drugi predavalnici so potekala predavanja o vrednotenju trendov, spremenljivosti in vremenskih ekstremov zaradi podnebnih sprememb. Izpostavljena je bila sprememba porazdelitvene funkcije v spreminjajočem se evropskem podnebnju, saj nas ekstremni vremenski dogodki najbolj zanimajo. Pomembna je kvaliteta meritev najbolj ekstremnih dogodkov, saj ti najbolj vplivajo na nadaljnjo analizo. Vprašanje porazdelitve



Veliko zanimivih tem je bilo predstavljeno tudi na plakatih (Foto: G. Vertačnik).

ekstremnih vrednosti je ključno tudi v projektu MeteorAlarm, evropskem sistemu opozarjanja pred nevarnimi vremenskimi dogodki. Marsikdo je ob daljšem spremljanju opozoril ugotovil, da nekatere države članice rade posegajo po oranžni in rdeči barvi, kakšne druge pa so precej bolj zmerne. Zato bo slej ko prej nujen enoten pristop k določitvi pragov za objavo določene stopnje nevarnosti. I. L. Wijnant je predstavila možno rešitev za ekstremno močne sunke vetra s pomočjo izračunane povratne dobe. Kljub še nekaterim odprtim vprašanjem je predavanje nakazalo smer, kateri bo potrebno slediti za sistemsko poenotenje. Naslednje predavanje je ponudilo grobo oceno o bodočem trendu nevihtne aktivnosti nad Evropo. Potencialno moč nevihtnega neurja lahko opišemo s produktom največje navpične hitrosti v nevihtnem oblaku in vetrovnem striženju v spodnjih šestih kilometrih ozračja. Vrednost tega indeksa se bo v prihodnosti povečevala nad vso Evropo, a bo v Sredozemlju proženje neviht zaradi stabilnejših razmer pri tleh vse težje. To bo najverjetneje pomenilo redkejša, a močnejša neurja.

Plakati

Dosežke moderne podnebne znanosti so na konferenci prikazovali tudi številni plakati. Med množico so se znašli tudi štirje slovenski plakati: o rekonstrukciji in digitalizaciji metapodatkov v klimatologiji (Mateja Nadbath), o izzivih prostorske interpolacije na mejnih območjih s primerom padavinske študije na slovensko-avstrijski meji (Mojca Dolinar in Maruša Mole), o posodobljeni kontroli podatkov v slovenski

klimatološki bazi (Gregor Vertačnik) in zvišanju ločljivosti podnebne modela za Slovenijo (Nedjeljka Žagar, Gregor Skok, Jože Rakovec). V torek in četrtek proti večeru so imeli udeleženci konference možnost poklepetati z avtorji plakatov.

Sklepna misel

Udeležba na konferenci ECAC/EMS klimatologa ne more pustiti ravnodušnega, saj v zelo pestrem programu vsak najde kaj zase. Druženje s kolegi in predstavitev znanja s številnih evropskih in svetovnih ustanov nedvomno pripomoreta k razširitvi obzorja in sledenju napredka podnebne znanosti. Današnja doba znanosti in tehnologije je vzcvetela na izmenjavi idej – tovrstni dogodki so eden od načinov kako priti do te izmenjave. Pogrešam le še ustrezno sklopitev zajetnega znanja s podnebne področja in politike ter vsakdanjega načina življenja. O podnebnih spremembah in drugih perečih okoljskih problemih se sicer v medijih rado piše in govori, stori pa bore malo. Pravijo, da papir prenese vse ...

Viri:

<http://www.ems2010.ch/>

http://www.emetsoc.org/annual_meetings/annual_meetings.php

T. Cegnar, 2010. 10. srečanje EMS / 8. evropska konferenca o aplikativni klimatologiji. Bilten Naše okolje, september 2010, str. 48–53

Cancún vs. København

mag. Andrej Kranjc, Služba vlade RS za podnebne spremembe

Uvod

Od 29. novembra do 10. decembra lani je v mehiškem Cancúnu potekalo skupno zasedanje Konference pogodbenic Okvirne konvencije ZN o spremembi podnebja in Konference pogodbenic Kyotskega protokola (COP16/CMP6). Z blizu 12.000 udeleženci je bilo to zasedanje drugo največje doslej; največje je bilo COP15/CMP5 decembra 2009 v Københavnu s 24.000 udeleženci. Posebnost slednjega je bila, da je bil to eden največjih svetovnih vrhov doslej, saj se ga je, v pričakovanju globalnega dogovora, udeležilo okoli 120 predsednikov držav in vlad, med njimi voditelji vseh največjih držav.

Ko analiziramo zasedanje v Cancúnu, se težko upremo skušnjavi, da bi ga primerjali s predhodnim zasedanjem v Københavnu. Prvi vtis po Cancúnu je bil, da je bilo to zasedanje uspešno, tako, kot je bil prvi vtis po Københavnu, da je bilo tisto zasedanje neuspešno oziroma kar pravi polom. Po bolj temeljitem premisleku pa se razlika med ocenama uspešnosti obeh zasedanj nekoliko zmanjša. Vzroka za to sta dva.

Najprej, pričakovanja od Københavna so bila izredno visoka (sprejem celovitega, globalnega sporazuma za spoprijemanje s podnebnimi spremembami po letu 2012), in ker se niso izpolnila, je bil ocenjen za neuspeh. Nasprotno so bila pričakovanja od Cancúna namenoma, na osnovi izkušnje iz Københavna, postavljena precej nizko, tako, da bi bil že skromen rezultat dovolj za pozitivno oceno.

Drugič, izkazalo se je, da zasedanje v Københavnu le ni bilo tako neuspešno, saj je postal Københavnski dogovor osnova za glavne sklepe v Cancúnu. Kot je znano, dokumenta, ki je dobil ime Københavnski dogovor, COP15 ni sprejel, ker je temu nasprotovalo nekaj srednjeameriških držav, češ, da je bil pripravljen netransparentno, v zaprtem krogu voditeljev največjih držav, kamor manjše države niso imele dostopa. Priznati moramo, da je bil ta ugovor upravičen, in mehiška vlada se je zelo potrudila, da se podobna napaka v Cancúnu ne bi ponovila.

Dogajanje v Cancúnu

Večina držav je na pogajanjih nastopala konstruktivno, z željo, da bi dosegli rezultat, ki bi pomenil napredek na poti k celovitemu, globalnemu sporazumu. Države v razvoju so se poleg tega močno zavemale tudi za sprejetje sklepa o drugem ciljnem obdobju Kyotskega protokola. Seveda je bilo tudi nekaj držav, ki so si prizadevale, da proces ne bi šel (prehitro) naprej, vendar jih je bilo malo in pri tem niso bile preveč uspešne.

V prvem tednu zasedanja je bilo stanje še zelo negotovo, napovedi so bile prej pesimistične kot optimistične. Razlike med državami so ostajale, kompromisa ni bilo videti. Da se utegnejo stvari obrniti v pozitivno smer, se je pokazalo v torek drugi teden, ko se je začel t.i. »visoki del« (High level segment), in sicer ob govoru predstavnice Venezuele. Na presenečenje (skoraj) vseh v polni dvorani govor ni bil bojevit, kritičen,



Slovenska delegacija na zasedanju v Cancúnu.

odklonilen (kot smo bili vajeni Venezuele pred tem), ampak spravljiv, optimističen, izražajoč pripravljenost na sodelovanje in zagotavljajoč vso podporo predsedujoči Mehiki. Ta preobrat je bil še bolj pomemben, ker predstavnica Venezuele ni govorila v imenu svoje države, ampak v imenu cele regije – Latinske Amerike in Karibov. Tudi govori drugih držav, z izjemo Bolivije, so bili pozitivni, spravljivi, zagotavljali so pripravljenost na kompromise. To seveda ne pomeni, da so bila od tega trenutka dalje pogajanja lahka, le upanje, da bo doseženo soglasje, je postalo bolj realno.

Zelo pomembno je bilo to, da so mnoge države v Cancún prišle z namenom doseči pozitiven rezultat na podlagi Københavnskega dogovora, vsaj deloma tudi na podlagi izboljšane razumevanja gospodarskega pomena zelenih investicij. Mogoče so nekateri tudi resno vzeli opozorilo bivšega izvršnega sekretarja konvencije, Yva de Boera, ki je pred enim letom dejal, da je København mogoče odložil sprejem globalnega sporazuma vsaj za eno leto, ni pa odložil učinkov podnebnih sprememb. Tudi Bolivija, ki je skušala preprečiti končni konsenz, ni nasprotovala nujnosti ukrepanja proti podnebnim spremembam, pač pa si je prizadevala za bolj ambiciozno vsebino Cancúnskih sporazumov. Sicer pa je poziv k večji ambicioznosti glede ciljev zmanjšanja emisij zapisan tudi v sklepkih zasedanja in upajmo, da bo do tega pred sklenitvijo končnega sporazuma tudi prišlo.

K uspehu konference je odločilno pripomogla tudi pripravljenost EU, da sprejme, sicer pod določenimi pogoji, drugo ciljno obdobje Kyotskega protokola. Hkrati pa se je na primeru Rusije in Japonske pokazalo, da bi morali bistveno več naporov vložiti v razumevanje stališč in sodelovanje z drugimi državami. Pogajanja so postala resnično multipolarna in naučiti se bo treba, kako graditi konsenz z vsemi udeleženi stranmi.

Skoraj vsi govorniki na zaključnem plenarnem zasedanju so poudarili, da smo dobili uravnotežen nabor sklepov, s katerim so vsi približno enako zadovoljni in enako nezadovoljni, kar je pač normalna usoda kompromisov. Zgodilo se je to, kar smo prej na pogajanjih pogrešali vsaj dve leti: države so se odrekle nekaterim svojim ozkim nacionalnim interesom in sprejele sklepe, ki so v interesu vseh skupaj. Mnogi so poudarjali potrebo po ohranitvi sedanjega konstruktivnega vzdušja, da bi lahko na zasedanju decembra letos v Durbanu naredili nove korake naprej in postopoma usmerili svet na pot nizkoemisijske, trajnostne prihodnosti.

Poleg pripravljenosti in želje večine držav, da dosežejo pozitiven rezultat, je izjemno pomembno vlogo odigralo mehiško predsedstvo konference z vključujočo diplomacijo, ki je na vsakem koraku poskrbela za transparentnost in legitimnost procesa. Pri tem je bila seveda najbolj opazna predsednica COP16/CMP6 Patricia Espinosa, ki je z neverjetno energijo, znanjem in spretnostjo polna dva tedna, skoraj noč in dan, vodila množico sestankov, od plenarnih in neformalnih zasedanj do bilateralnih sestankov s pogajalci, ministri in predsedniki držav in vlad, ter sestankov Biroja COP. Svoj doprinos je brez dvoma dal tudi mehiški predsednik Felipe Calderón, ki se je osebno angažiral pri tem delu.

Ministrica Patricia Espinosa je bila za svoje uspešno delo v nabito polni dvorani na zaključnem zasedanju nagrajena z večkratnimi stoječimi ovacijami. Te so bile seveda tudi izraz zadovoljstva z rezultati zasedanja, saj sprejeti sklepi predstavljajo tisti uravnotežen sveženj, ki so ga države pred začetkom zasedanja zahtevale oziroma želele.



Izvršna sekretarka UNFCCC (Okvirna konvencija ZN o spremembi podnebja) Christiana Figueres in predsednica COP Patricia Espinosa tik pred koncem zasedanja.

Rezultati zasedanja

Na zasedanju v Cancúnu so bili doseženi glavni, realno postavljeni, etapni cilji:

- vsebina Kopenhavnskega dogovora je zasidrana v uradne dokumente konvencije;
- cilji zmanjšanja emisij toplogrednih plinov razvitih držav so uradno priznani (s pričakovanjem, da bodo v bližnji prihodnosti postali bolj ambiciozni), prav tako cilji omejitve emisij nekaterih držav v razvoju (predvsem največjih);
- zagotovljena je večja preglednost in odgovornost v zvezi s cilji zmanjšanja emisij, aktivnostmi za zmanjšanje emisij in finančno pomočjo razvitih držav državam v razvoju (t.i. MRV – meritve, poročanje, verifikacija);
- z ustanovitvijo Zelenega podnebne sklada je vzpostavljena osnova za dolgoročno financiranje spoprijemanja s podnebnimi spremembami v državah v razvoju;
- dosežen je bil napredek pri prizadevanjih za zmanjšanje emisij iz krčenja in degradacije tropskih gozdov v državah v razvoju, prenosu čistih tehnologij v države v razvoju in pomoči državam v razvoju pri prilagajanju podnebnim spremembam;
- na področju konvencijskega tira je dosežen napredek na vseh osnovnih gradnikih, ki so: skupna vizija, blaženje, prilagajanje, finance in tehnologije;
- zagotovljeno je nadaljevanje pogajanj v okviru multilateralnega procesa;
- kažejo se prvi obrisi poti, po kateri bi lahko prišli do končnega cilja, ki je celovit, globalni, pravno zavezujoči sporazum.

Glavni formalni sklepi, ki so bili na zasedanju sprejeti, so naslednji:

- Nadaljevala se bodo pogajanja po obeh obstoječih tirih – konvencijskem in kyotskem, kar je bila ena osnovnih zahtev držav v razvoju. Ni bilo

sicer potrjeno, da se bo po letu 2012 začelo drugo ciljno obdobje Kyotskega protokola, vendar pa sprejeti dokumenti to posredno zagotavljajo.

- Potrjeno je bilo, da moramo omejiti naraščanje povprečne globalne temperature pod 2 °C glede na predindustrijsko obdobje, z možnostjo znižanja tega praga na 1,5 °C na osnovi novih znanstvenih ugotovitev.
- Ustanovljen je bil Zeleni podnebni sklad, ki bo upravljal z denarjem, ki ga bodo razvite države namenile za pomoč državam v razvoju za spoprijemanje s podnebnimi spremembami. V letu 2020 naj bi ta vsota dosegla 100 milijard USD letno. (To je eden najpomembnejših dosežkov zasedanja. Omenjeno financiranje bo nadaljevanje t.i. Hitrega financiranja, ki je bilo vzpostavljeno s Kopenhavnskim dogovorom, obsega 30 milijard USD za triletno obdobje 2010-2010 in njegova realizacija že poteka.)
- Ustanovljen je bil Prehodni odbor (Transitional Committee), ki bo oblikoval Zeleni podnebni sklad. V njem bo 40 članov, 15 iz razvitih držav in 25 iz držav v razvoju.
- Ustanovljen je bil Stalni odbor (Standing Committee) pod okriljem COP, ki bo pomagal pri financiranju držav v razvoju v okviru konvencije.
- Ustanovljen je bil Tehnološki mehanizem, ki bo skrbel za razvoj in prenos tehnologij v države v razvoju. V okviru tega mehanizma bo deloval Tehnološki izvršni odbor (Technology Executive Committee) za ugotavljanje potreb držav v razvoju po novih, čistejših tehnologijah.
- Razvite države bodo razvile nizko-ogljicne razvojne strategije ali programe, države v razvoju pa so k izdelavi tovrstnih strategij ali programov povabljene.
- Ustanovljen je bil Cancúnski okvir za prilagajanje podnebnim spremembam.

Navedeni sklepi so dokaz uspešnosti zasedanja in dajejo dobre obete za nadaljevanje pogajanj in za dosego glavnega cilja – celovitega, globalnega sporazuma o spoprijemanju s podnebnimi spremembami.

Poletna meteorološka šola

Iztok Sinjur, Gozdarski inštitut Slovenije

Vreme že od nekdaj vpliva na človekov vsakdan. Medtem ko je v preteklosti vreme bolj ali manj pogojevalo preživetje, danes na človekov obstoj ne vpliva več v tako veliki meri. Kljub napredku, ki ga je človeštvo v 19. stoletju doseglo zlasti po industrijski revoluciji, je naš vsakdan še vedno močno povezan z vremenom. Tako kot so nekoč posamezniki beležili vremenske dogodke v domačih krajih, tudi dandanes v marsikaterem kraju lahko naletimo na kronista tovrstnih dogodkov.

Z razvojem svetovnega spleta in njegovo vse večjo dostopnostjo je prišlo do mreženja ljudi, ki jih vremenski pojavi navdušujejo. Doma in na tujem je nastalo veliko združenj vremenskih navdušencev, ki si preko spleta izmenjujejo izkušnje, znanje ter v javnost posredujejo vrednosti vremenskih spremenljivk, zabeleženih z najrazličnejšimi merilnimi napravami. Ker tovrstni podatki mnogokrat predstavljajo pomemben dejavnik pri najrazličnejših odločitvah, je kljub neuradnemu značaju njihova pravilnost neobhodno potrebna. Da bi posamezniki mogli po svojih močeh kar najbolje slediti standardom opazovanj vremenskih pojavov in meritev vremenskih spremenljivk, je Slovensko meteorološko društvo pripravilo Poletno meteorološko šolo.

Dvanajstega junija 2010 je v prostorih Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) na Vojkovi ulici v Ljubljani potekalo prvo tovrstno neformalno izobraževanje, namenjeno ljubiteljem spremljanja in opazovanja vremena. Poleg prenosa znanja je predstavljajo tudi spoznavanje meteorologov amaterjev in uradnih meteorologov ARSO. Celodnevnega izobraževanja, na katerem so predavatelji – zaposleni na ARSO predstavili delo in strokovne vsebine, se je udeležilo okoli štirideset ljubiteljskih meteorologov iz vse Slovenije. Večina slednjih se druži na spletnih forumih in o vremenu poroča javnosti prek svetovnega spleta. Glavni



V umerjevalnem laboratoriju (Foto: I. Sinjur).

cilj meteorološke šole je bil predstavitev strokovnih podlag spremljanja vremenskih razmer, da bi se kakovost meritev in skrb za objektivno poročanje čimbolj približali profesionalnemu nivoju. Skrbne in točne meritve niso pomembne zgolj z vidika obveščanja o trenutnih razmerah, temveč tudi podlaga za analizo podnebnih razmer in sprememb.

Pred predavanji sta udeležencem spregovorila predsednik Slovenskega meteorološkega društva Jožef Roškar in generalni direktor Agencije Republike Slovenije za okolje dr. Silvo Žlebir. Poudarila sta pomembnost srečanja in izrazila željo po nadaljnjem uspešnem sodelovanju, ki se kaže zlasti v pridobivanju podatkov ob izrednih vremenskih pojavih ter nenazadnje pri lažjem iskanju meteoroloških opazovalcev za uradne meteorološke postaje.

Zahvaljujoč predavateljem je bila vsebina prve meteorološke šole raznolika, zanimiva in strokovna. Poleg teoretičnih osnov so udeleženci dobili podrobnejši vpogled v delo državne meteorološke službe in



V predavalnici (Foto: I. Sinjur).



Na opazovalnem prostoru (Foto: I. Sinjur).

Naslovi predavanj z vsebinami in predavatelji na poletni meteorološki šoli

Umerjanje instrumentov

Drago Groselj

- postopki umerjanj, instrumenti za umerjanje;
- ogled laboratorija za umerjanje.

Kontrola in priprava podatkov

Gregor Vertačnik

- prenos podatkov z opazovalnih postaj na ARSO;
- polnjenje računalniške baze iz dnevnikov in avtomatskih postaj;
- kontrola podatkov.

Analiza podatkov za potrebe proučevanja vremena

Gregor Vertačnik

- metapodatki
- homogenizacija
- predstavitev projekta Podnebna spremenljivost Slovenije.

Napovedovanje vremena

Andrej Hrabar

- nastanek vremenske napovedi;
- opozarjanje pred nevarnimi vremenskimi pojavi;
- Meteoalarm;
- uporaba radarskih in satelitskih slik pri kratkoročni vremenski napovedi (poletna neurja).

Oprema in izbira prostora meteorološke postaje

Filip Štucin

- spoznavanje naprav na meteorološki postaji Ljubljana Bežigrad in prikaz njihovega delovanja;
- kako umestiti meteorološke meritve v prostor?
- opazovanje pojavov in oblakov;
- sestavljanje dnevnikov s podatki;
- izmenjava podatkov, kodiranje podatkov.

Meteorološki modeli

Jure Cedilnik

- kaj je meteorološki model;
- problemi numeričnega napovedovanja vremena;
- ločljivost modelov;
- globalni in lokalni modeli
- skupinska napoved
- Viri napak v napovedih.

Meteorološke meritve in opazovanja

Gregor Gregorič

- namen meteoroloških meritev (meteorološka in hidrološka napoved, proučevanje podnebja, različni uporabniki ...);
- osnovni klasični meteorološki instrumenti;
- avtomatske meteorološke postaje in digitalni instrumenti.

spoznali proces od meteoroloških merilnih naprav, izbire opazovalnega prostora do obdelave podatkov in na koncu vremenske napovedi. Ker se prvega tovrstnega izobraževanja vsi znanja željni ljubiteljski mete-

orologi niso uspeli udeležiti in ker je vsebina predavanj zanimiva tudi za širši krog ljudi, so vsa predavanja dostopna na spletnih straneh SMD na naslovu <http://www.meteo-drustvo.si>.

Posvet Hrvaškega meteorološkega društva

Iztok Sinjur, Gozdarski inštitut Slovenije

Katarina Šmalcelj, Državni hidrometeorološki zavod, Hrvaška

Ob 45. obletnici delovanja je Hrvaško meteorološko društvo (HMD) pripravilo dvodnevni strokovno-znanstveni posvet z naslovom «Meteorološki izazovi današnjice». Posvet, ki je v prostorih zagrebškega Tehničnega muzeja potekal 9. in 10. novembra 2010, je poleg predavanj in predstavitev plakatov, vključeval tudi različne delavnice. Vsebinsko pester dogodek iz različnih področij meteorologije so poleg uglednih domačih in tujih strokovnjakov obiskali številni šolarji, za katere so bile pripravljene raznovrstne delavnice.

V dvodnevem dogodku je 31 predavateljev predstavilo 36 predavanj iz različnih področij meteorologije.

Predavanja so bila razvrščena v več sklopov:

- Prizemni sloj ozračja in turbulenca
- Sinoptična meteorologija
- Klimatologija
- Kakovost zraka
- Agrometeorologija
- Popularizacija meteorologije

Ob predavanjih se je odvijalo sedem meteoroloških delavnic, katerih se je udeležilo veliko učencev iz različnih osnovnih šol. Potekale so v velikem ločenem prostoru, kjer so učenci lahko prehajali od ene do



Predavanja so imela številčno udeležbo (Foto: Hrvaško meteorološko društvo).

druge. Predstavljene so bile tako osnove nekaterih vremenskih pojavov, kot tudi podrobnosti v zvezi s spremljanjem vremenskih razmer. Nekaterne delavnice so poleg poljudnih predstavitev omogočale sodelovanje pri praktičnih prikazih, najpogumnejši pa so se lahko pred kamero preizkusili v vlogi napovedovalca vremena.

Naslovi delavnic:

- Mala klimatološka delavnica
- Meteorološke meritve Državnega hidrometeorološkega zavoda in v projektu GLOBE
- Merilni sistemi in programska oprema v mreži samodejnih meteoroloških postaj DHMZ
- Postani napovedovalec vremena na televiziji
- Od burje do peščenega vrtnca
- Medinstitucionalni virtualni laboratorij
- Meteorologija v filateliji

Prvi tovrstni posvet v organizaciji hrvaških kolegov je bil pomemben dogodek. Pomemben tako zaradi



Na delavnici »Od burje do prašnega vrtnca« (Foto: Hrvaško meteorološko društvo).



Meteorološke meritve v okviru projekta GLOBE (Foto: Hrvaško meteorološko društvo).

prenosa znanj, kot tudi zaradi izpostavljanja pomembna stroke, kateri se v času zaostrenih gospodarskih razmer kljub vsebolj negotovemu podnebnju mnogokrat izkazuje nezanimanje. Poleg predavanj, neposredno ali posredno povezanih z meteorologijo, je posvetu pomembno težo dalo 90 udeležencev iz petih držav – tudi iz Slovenije. Izpostavljenih je bilo veliko vprašanj, podanih veliko odgovorov. Ker je posvet zagotovo omogočil nova poznanstva in posledično ideje ter priložnosti za sodelovanje, Hrvaško meteorološko društvo tovrstna srečanja načrtuje tudi v prihodnje. Mnoge pohvale in komentarji ter številčna udeležba jim bodo zagotovo vzpodbuda pri zahtevni organizaciji.



Priložnostni žig Hrvaške pošte v času posveta. V rabi na poštнем uradu 10101 Zagreb. Datum izdaje: 9.11.2010 (Vir: <http://www.posta.hr/main.aspx?id=148&Page=2> (30.11.2010)).

Jesenski cikel predavanj SMD

Povzetek razprav o izoblikovanju stališča Slovenskega meteorološkega društva o podnebnih spremembah

Matija Klančar

V mesecu decembru se je Slovensko meteorološko društvo na pobudo predsednika Jožefa Roškarja tedensko sestajalo. Cilj le-teh je bilo oblikovanje skupnega stališča o podnebnih spremembah. Ker se v javnosti tema pogosto pojavlja, je pomembno, da meteorologi usklajeno nastopamo, kadar govorimo o njej.

Na začetku uvodne razprave smo ustanovili delovno skupino, ki je bila sestavljena iz naslednjih članov: Gregor Vertačnik, dr. Zalika Črepinšek, dr. Gregor Gregorič in Andrej Ceglar. Njihova naloga je bila ob koncu razprav pripraviti osnutek dokumenta, ki bi predstavljal stališče Slovenskega meteorološkega društva o podnebnih spremembah. Na vsakem srečanju je uvodnemu predavanju sledila debata o tekoči temi s prisotnimi člani društva.

Uvodno predavanje je pripravil Gregor Vertačnik z naslovom Podnebna(e) sprememba(e) – izziv za stroko. Predavanje je razdelil na tri sklope. V prvem je govoril o problemih strokovnega izrazoslovja v slovenskem jeziku, s katerimi se srečujemo vsak dan na področju podnebnih sprememb. Navedel je nekaj primerov v angleškem jeziku in opozoril na neustrezne prevode v slovenski jezik in probleme pri prevajanju in razlagi le-teh. Predstavil je tudi predloge, s katerimi bi se omenjenih problemov uspeli rešiti. V drugem delu je govoril o ekstremnih vremenskih dogodkih in povezavi takšnih dogodkov s podnebnimi spremembami. V zadnjem delu pa se je dotaknil interpretacije meritev, trendov in ostalih rezultatov klimatoloških ter

meteoroloških izračunov za potrebe predstavitve širši javnosti. Na razpravi po predavanju je beseda tekla o primernem izrazoslovju za nekatere pojme. V okviru društva je bil sprejet termin **PODNEBNE SPREMEMBE** (in ne podnebna sprememba, ki se je med drugim tudi pojavljala v meteorološki stroki). Na koncu je bil na kratko predstavljen tudi proces homogenizacije podatkov, ki je pomemben pri reprezentativnosti podatkov v raznih prikazih in pri statistični obdelavi podatkov.

Naslednje predavanje je pripravila dr. Lučka Kajfež-Bogataj z naslovom: Podnebne spremembe – trenutno razumevanje stanja. Najprej je na kratko predstavila prepletenost različnih področij, ki se ukvarjajo s podnebnimi spremembami. Sledil je prikaz rezultatov globalnega naraščanja temperatur. Na jasn način je prikazala več strokovnih argumentov, ki kažejo na to, da je v večini za podnebne spremembe kriv človek. Glavni razlogi so povečevanje prebivalstva in rabe energije, družba je postala bogatejša, izpusti toplogrednih plinov so večji, poleg vsega pa se je povečala tudi mobilnost. Predstavljen je bil tudi vpliv toplogrednih plinov v ozračju (vodna para, ogljikov dioksid in drugi). Poudarila je pomen povečanega učinka tople grede, vpliva Sonca ter razvoja in uporabe klimatskih modelov, ki so pomembni za razumevanje človekovega vpliva na podnebje. Pri slednjih je pomemben vpliv oceanov in vegetacije pri napovedljivosti, saj sta to dva poglobitna faktorja pri skladiščenju deleža ogljikovega dioksida (okrog 65 %). V prihodnosti se lahko zgodi, da se gozdovi in oceani ne bodo več odzivali na



Uvodno predavanje z naslovom Podnebna(e) sprememba(e) – izziv za stroko je pripravil Gregor Vertačnik (Foto: M. Demšar).



Dr. Lučka Kajfež-Bogataje je pripravila pregled trenutnega razumevanja podnebne sistema (Foto: M. Demšar).

takšen način, kot so se do sedaj. Na koncu je svoje predavanje povzela z naslednjimi sklepi:

- podnebnim spremembam se ne moremo izogniti
- napovedi klimatskih modelov so negotove in imajo prevelik razpon
- razumevanje problemov v klimatologiji je napredovalo
- (ne)razumevanje problemov pa se pojavlja na kadrovskem in finančnem področju, ki sta povezana s področjem podnebnih sprememb.



Dr. Nedjeljka Žagar je pripravila zanimivo predavanje o napovedljivosti podnebja v prihodnosti (Foto: M. Demšar).

Ker je ena izmed pomembnejših vej pri podnebnih spremembah tudi klimatološko modeliranje, je bila tretja razprava posvečena tej temi. Predavanje je pripravila dr. Nedjeljka Žagar z naslovom: O napovedljivosti, metuljčkih in povečevalnem steklu. V svojem predavanju je predstavila pomen klimatskih modelov – kako je z njimi povezana napovedljivost, s kakšnimi problemi se srečujemo pri napovedih. Pri napovedovanju klime za področje Slovenije je pomembno omeniti tudi probleme podmrežnih procesov, saj klime ne moremo natančno opisati s pomočjo nekaj modelskih točk. Predstavila je proces gnezdenja, ko poganjamo regionalni model znotraj globalnega modela. Gnezdenje je potrebno pri regionalnem modeliranju, saj se posebej pri Sloveniji pokaže velika raznovrstnost posameznih območij. Težava, ki se kaže v klimatskem modeliranju pa je tudi verifikacija napovedi, saj jih za razliko od vremenskih napovedi, kjer imamo na voljo reanalize, ne moremo enostavno ovrednotiti. Omenila je tudi problem pomanjkanja financiranja raziskav s področja klimatskega modeliranja. Na koncu je predstavila še evropske projekte na področju klimatskega modeliranja (Prudence, ENSEMBLES) in projekte v Sloveniji.

Naslednjič smo bili priča predavanju z drugega zornega kota, kot smo običajno navajeni meteorologi. Predavatelj dr. Luka Omladič s Filozofske fakultete nam je predstavil predavanje z naslovom: Ali so podnebne



Dr. Luka Omladič pa nam je problematiko podnebnih sprememb osvetlil še iz družboslovnega zornega kota (Foto: M. Demšar).

spremembe moralno vprašanje? Pogled okoljske etike. Predavanje je razdelil na štiri sklope. Začetek je bil namenjen ponovitvi osnov etike in morale, ki nas je preko zgodovinskega pregleda in na podlagi nazornih primerov popeljala nazaj v šolske dni. Predavatelj se je nato omejil na okoljsko etiko in predstavil primerjavo med etiko, ki predstavlja predvsem odnose med ljudmi, in okoljsko etiko, ki predstavlja odnos do okolja. Predstavil nam je tudi definicije okoljske etike in pogled na okoljsko etiko z različnih filozofskih zornih kotov. Dotaknili smo se tudi okoljske pravičnosti in problemov povezanih z njo. V tretjem delu predavanja smo se na kratko pogovorili o etiki podnebnih sprememb, kjer je predavatelj zastavil vprašanje ali verjamemo znanosti in ali je znanost vrednostno nevtralna. Predavatelj je na tem mestu prikazal povezavo s podnebnimi sporazumi. Na koncu se je dotaknil še politike in povezanih poglavij ogljične ekonomije in kapitalizma, mednarodnih odnosov in politične odgovornosti. Peto od srečanj sta vodila dr. Jože Rakovec in dr.



Pred novoletnim srečanjem je vtise s konference v Cancunu predstavil mag. Andrej Kranjc (Foto: M. Demšar).

Klemen Bergant. Namenjeno je bilo povzetku prejšnjih srečanj in izmenjavi mnenj o različnih podnebnih temah. Jožef Rožkar je predstavil projekt »Sceptical Science« (www.skepticalscience.com), ki je dopolnitev nastajajoči Izjavi SMD o podnebnih spremembah. Na spletni strani lahko najdemo številne prispevke, povezane s podnebnimi spremembami. Do nastanka tega članka smo v okviru Slovenskega meteorološkega društva prevedli že več kot štirideset člankov in tako si lahko odgovore na trditve »podnebnih skeptikov« ogledate tudi v slovenskem jeziku.

Od 29. novembra do 10. decembra lani je v mehiškem Cancúnu potekalo skupno zasedanje Konference pogodbenic Okvirne konvencije ZN o spremembi pod-

nebja in Konference pogodbenic Kyotskega protokola (COP16/CMP6), ki se ju je aktivno udeležil tudi naš član, mag. Andrej Kranjc. O poteku in uspešnosti konference smo tako iz prve roke izvedeli na letošnjem predavanju mag. Andreja Kranjca. Podrobnosti o konferenci pa je Andrej opisal v prispevku, ki ga najdete v rubriki Pod drobnogledom.

Ob koncu je pomembno še enkrat poudariti, da je z naše strani strokovne argumente potrebno zagovarjati in se z njimi stalno pojavljati v medijih in v javnosti. Prepustiti iniciativo skeptikom in zanikovalcem podnebnih sprememb bi bilo z našega stališča nespametno.



Udeležba na srečanjih je bila precejšnja (Foto: M. Demšar).

PREDNOVOLETNO SREČANJE ČLANOV SMD

Miha Demšar, Agencija RS za okolje

21. decembra 2010 smo se člani SMD, kot vsako leto, dobili na tradicionalnem prednovoletnem srečanju v veliki sejni sobi, v četrtem nadstropju Agencije Republike Slovenije za okolje.



Ob polni mizi dobrot so se razvile živahne debate.

Prednovoletno srečanje je lepa priložnost, ob kateri se zberemo skupaj v večjem številu. Tudi tokrat se nas je zbralo več kot štirideset. Kot običajno, smo druženje pričeli s predavanjem. Po uvodnem nagovoru predsednika društva, gospoda Jožefa Roškarja, je vtise iz podnebne konference v Cancunu predstavil Andrej Kranjc.



Priložnosti za izmenjavo mnenj in novic je bilo dovolj.



Vesolja in dobre volje ni zmanjkalo.

Srečanje smonadaljevali z zakusko ter prijetnim kramljanjem ob nazdravljanju z dobro kapljico. Čas druženja je hitro mineval in razšli smo se z voščili in dobrimi željami za prihajajoče leto 2011.



Nekateri pa so si vzeli čas in naredili še malo reklame za »našo« Vetrnico.



Domov smo odhajali zadovoljni in z lepimi željami za prihajajoče leto. Nekateri pa tudi z novoletnim darilom društva - Vetrnico.

Indikatorji turbulence ob jasnem vremenu v višjih slojih troposfere v modelu ALADIN-SI

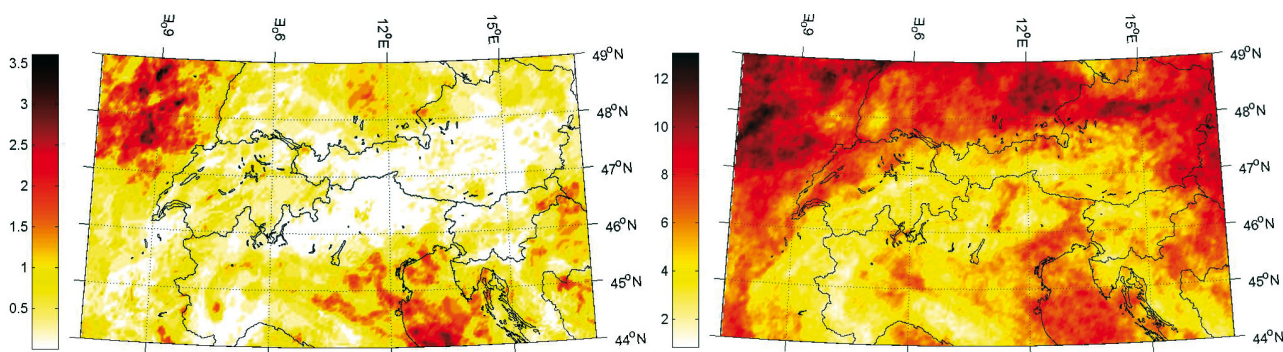
Manca Štrajhar

Turbulenca ob jasnem vremenu (CAT) ima pomemben vpliv na varnost v letalstvu. CAT je namreč pogosto vzrok za lažje in hujše poškodbe potnikov med letom, poškodbe na letalih in v ekstremnih primerih tudi vzrok za letalske nesreče. Vse naštetu pa vpliva tudi na finančne izgube letalskih družb. Napovedovanje CAT-a ima torej predvsem velik pomen za letalstvo. Zaradi dejstva, da imajo območja s CAT običajno vertikalno razsežnost do nekaj sto metrov, je ta pojav težko napovedovati. Problem pa je tudi v tem, da CAT-a ne moremo eksplicitno izračunati. Območja z CAT se zato običajno določa na podlagi računanja parametrov, ki so povezani s turbulenco. Eden najpogosteje uporabljenih takšnih CAT indikatorjev je Richardsonovo število.

V diplomskem delu sem na podlagi podatkov modela ALADIN-SI s horizontalno ločljivostjo 4.4 km naredila klimatologijo treh indikatorjev CAT-a za leto 2007, ločeno za zimske in poletne mesece, na širšem območju Alp. Negativne vrednosti kvadrata Brunt-Vaisallove frekvence (N^2) so indikator za hidrostatično nestabilnost. Majhne, vendar pozitivne vrednosti Richardsonovega števila (Ri) pa so indikator za Kelvin-Helmholtzovo nestabilnost. Tretji indikator, ki sem ga računala, je bil Scorerjev parameter. Ker interpretacija Scorerjevega parametra kot CAT indikatorja ni enostavna (potrebno ga je razlagati skupaj z orografijo, stabilnostjo in tokom v ozadju), sem računala le njegove povprečne vrednosti in nekatere statistične lastnosti. Rezultate statistike Brunt-Vaisallove

frekvence in Richardsonovega števila sem primerjala s 44-letno klimatologijo indikatorjev CAT-a, ki je bila narejena za področje celotne severne hemisfere na podlagi podatkov z veliko slabšo horizontalno ločljivostjo (Jaeger, Sprenger, 2007, J.Geophys.Res.). Klimatologija Brunt-Vaisallove frekvence in Richardsonovega števila za zimske mesece kaže ujemanje območij, ki jih indikatorja označujeta za možna območja s CAT. Minimum pojavljanja CAT-a oba indikatorja kažeta nad območjem najvišje orografije. Klimatologija Brunt-Vaisallove frekvence in Richardsonovega števila za poletne mesece kaže zmanjšanje vrednosti frekvenc v primerjavi s frekvencami za zimske mesece, kar kažejo tudi rezultati iz članka (Jaeger, Sprenger, 2007, J.Geophys.Res.).

Verifikacije podatkov z meritvami in opazovanji ni možno narediti, saj imamo na voljo le poročila pilotov potniških letal. Pomanjkljivost teh poročil je v tem, da so le z letalskih linij in zaradi tega imajo omejeno področje, druga pomanjkljivost pa je ta, da so ocene o turbulenci le subjektivne in velikokrat pomanjkljive. Zaradi horizontalno majhne razsežnosti CAT-a je ta pojav težko napovedovati z modeli kot je ALADIN-SI, saj je to predvsem model za napovedovanje vremena v spodnji troposferi in ima zaradi tega večje število modelskih nivojev pri tleh. Na višinah, kjer nastaja CAT, pa je vertikalnih modelskih nivojev malo. Za potrebe napovedovanja CAT-a bi bilo potrebno model razvijati tudi v smeri večje vertikalne ločljivosti v višji troposferi in na nivoju tropopavze.



Porazdelitve frekvenc (%) pojavljanja $N^2 < 0$ (levo) in $0 < Ri < 0.75$ (desno) za zimske mesece za leto 2007.

Primerjava disperzijskih modelov

Matic Ivančič

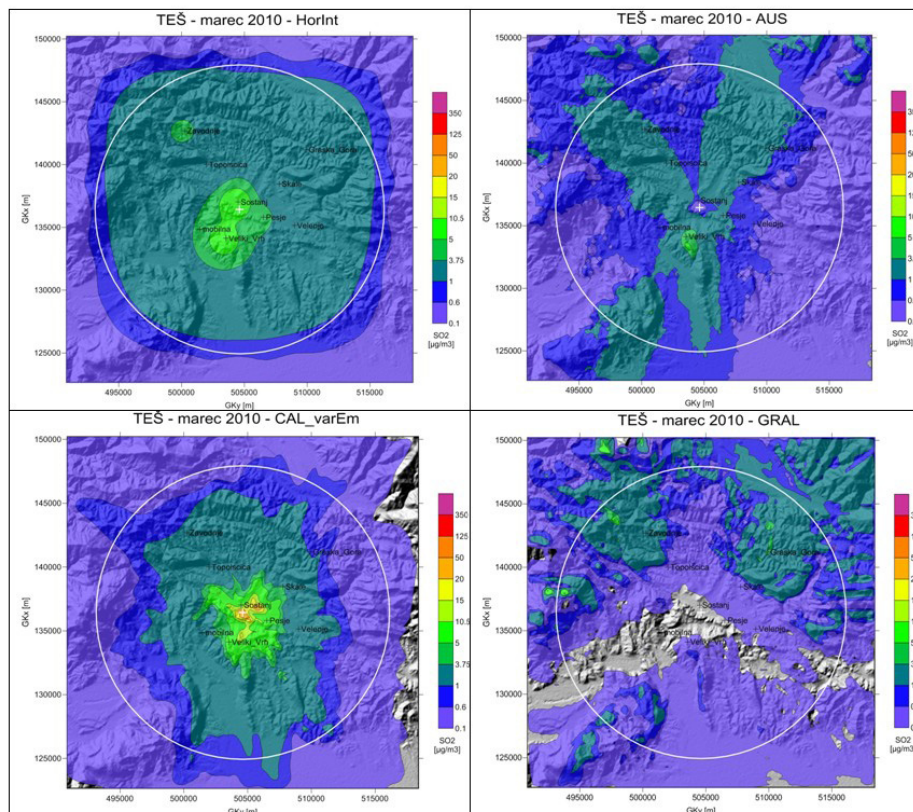
V diplomskem delu sem pripravil primerjavo rezultatov treh disperzijskih modelov. To so nemški model AUSTAL2000, avstrijski model GRAL in ameriški model CALPUFF.

Disperzija onesnaževal zunanjega zraka je vedno sestavljena iz dveh procesov: iz advekcije dima iz odvodnika s pomočjo vetra in iz razprševanja prečno na smer vetra. Zato vsak disperzijski model potrebuje tridimenzionalno vetrovno polje. Zgoraj navedeni modeli imajo vgrajene lastne vetrovne predprocesorje za izračun vetrovnih polj. AUSTAL2000 in CALPUFF imata vgrajene diagnostične vetrovne modele, TALdio in CALMET. GRAL pa vsebuje mezo-skalni meteorološki model GRAMM. Med modeli obstaja ogromna razlika v potrebnih vhodnih meteoroloških podatkih. Za zagon modelov AUSTAL2000 in GRAL zadostuje že podatek o vetru in stabilnosti ozračja na eni prizemni postaji, za zagon modela CALPUFF pa je potreben vsaj eden vertikalni profil vetrovnih in temperaturnih podatkov. Poleg tega lahko v model CALPUFF vključimo podatke o vetru iz več prizemnih postaj.

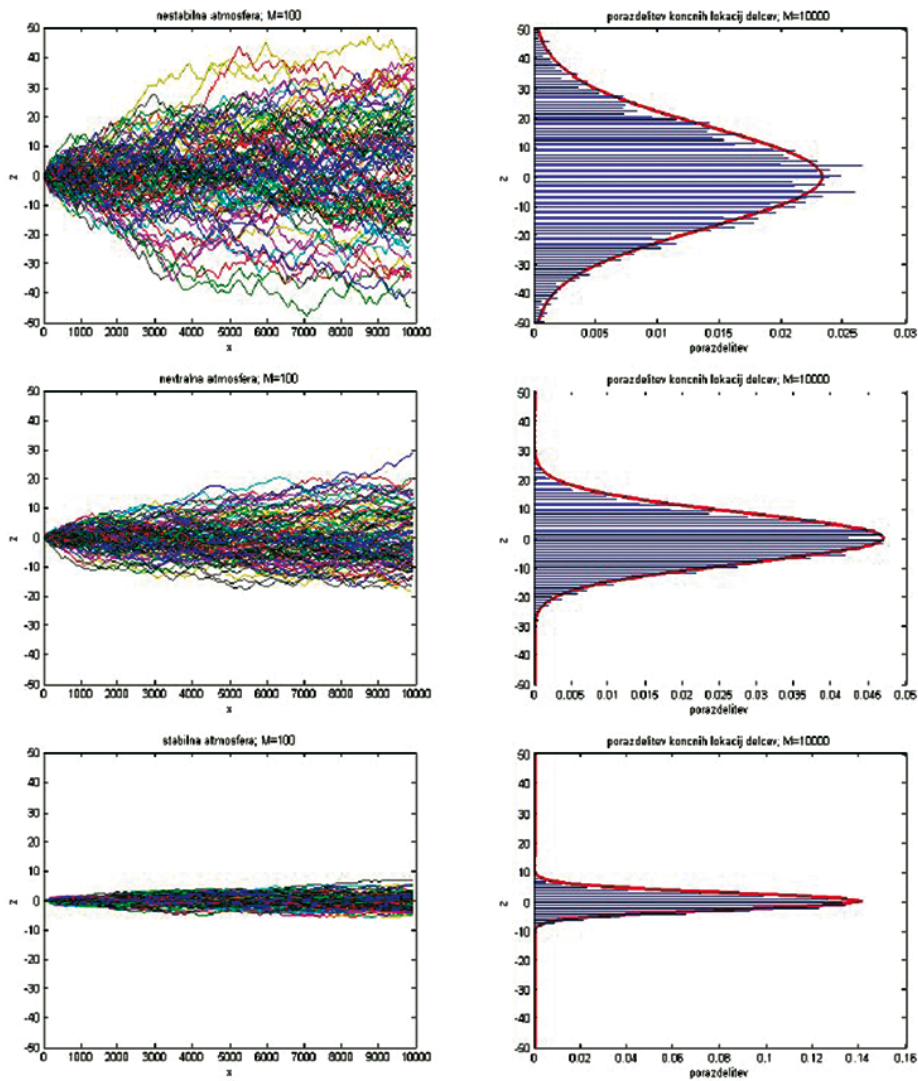
V prvem delu diplomske naloge sem raziskoval delovanje dveh različnih vrst disperzijskih modelov. Na sliki 2 je predstavljeno delovanje Lagrangejevega delčnega modela ("Lagrangian particle model") in odziv takšnega modela na različno stabilnost ozračja. Na sliki 3 sem prikazal delovanje Lagrangejevega paketnega modela ("Lagrangian puff model"). AUSTAL2000 in GRAL sta Lagrangejeva delčna modela, CALPUFF pa je Lagrangejev paketni model.

Primerjavo rezultatov modelov sem izvedel na območju Termoelektrarne Šoštanj (TEŠ). To območje sem izbral, ker v okolici TEŠ deluje okoljski informacijski sistem, sestavljen iz devetih postaj za merjenje kakovosti zunanjega zraka. Primerjava rezultatov različnih modelov v primerjavi z meritvami se nahaja na sliki 1. V izračun z modelom CALPUFF sem vključil spremenljivo emisijo, v ostala dva modela pa povprečno mesečno emisijo.

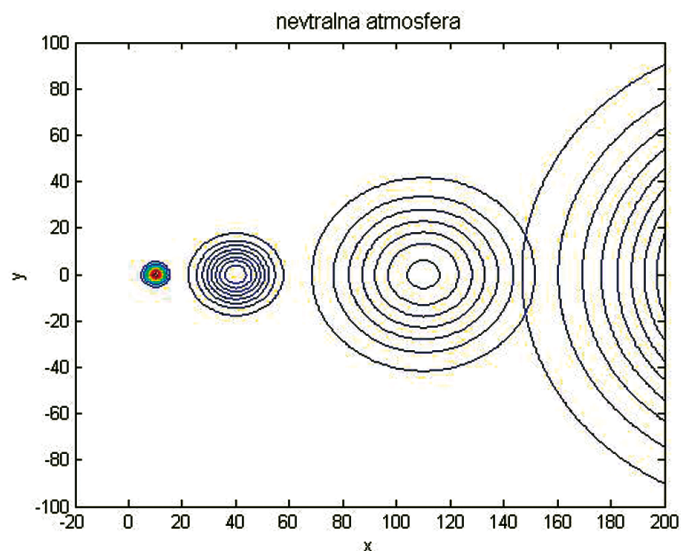
Na podlagi rezultatov lahko sklepam, da modela AUSTAL2000 in GRAL podcenjujeta koncentracije, model CALPUFF pa koncentracije precenjuje.



Slika 1. Povprečne mesečne koncentracije SO_2 na območju TEŠ. Zgoraj levo je predstavljena horizontalna interpolacija meritev, zgoraj desno je rezultat modela AUSTAL2000. Spodaj levo je rezultat modela CALPUFF, spodaj desno pa rezultat modela GRAL.



Slika 2. Princip delovanja Lagrangejevega delčnega modela. Na levi strani slike je prikazan odziv modela na različne stabilnosti ozračja (nestabilno, nevtralno, stabilno), na desni strani slike pa je prikazana porazdelitev končnih leg delcev po višini glede na stabilnost ozračja.



Slika 3. Delovanje Lagrangejevega paketnega modela. Paket se advektira v smeri vetra (iz leve proti desni) in se razširja v okolico.

Vetrovni profili v planetarni mejni plasti nad odprtim morjem

Miha Veršnjak

Obravnaval sem nize meritev s treh meteoroloških merilnih boj v Severnem morju in Atlantskem oceanu ter meritve z raziskovalnega stolpa FINO v letu 2004 in pripadajoče modelske simulacije vetra na spodnjih modelskih nivojih do višine 172,2 m za tri različne konfiguracije modela WRF 3.1. Konfiguracije se razlikujejo glede na vertikalno ločljivost in geografski položaj računskih območij.

Najprej sem vse modelsko izračunane hitrosti vetra primerjal s hitrostmi, izmerjenimi na FINO stolpu na različnih višinah do 100 m. Izmerjeni hitrostni profili in modelski profili so se dobro ujekali med seboj, ujemanje je poleg konfiguracije modela odvisno predvsem od smeri vetra.

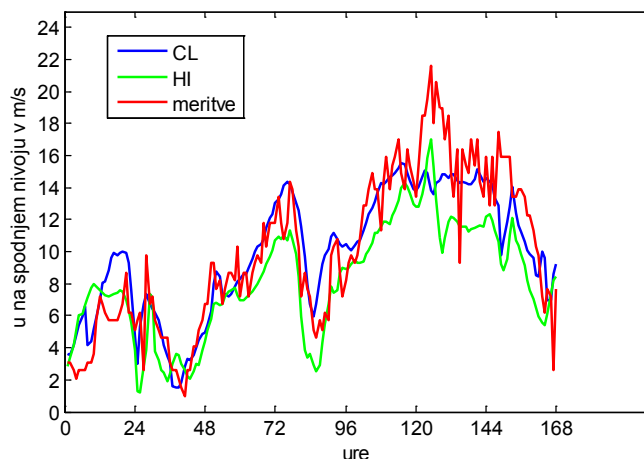
V drugem delu sem meritve z boj in modelske simulacije razdelil glede na stabilnost v atmosferi na nevtralne, stabilne in nestabilne profile ter izračunal parametre za ekstrapolacijo vetra (torno hitrost, Monin-Obukhovo dolžino, parameter hrapavosti) na različne načine. Po znanih enačbah za prizemno plast sem ekstrapoliral hitrost vetra na podlagi meritev z boj in jo primerjal s hitrostjo na posameznih modelskih nivojih iz dveh modelskih simulacij z različno vertikalno ločljivostjo. V nevtralnih razmerah je bilo ujemanje ne glede na način izračuna torne hitrosti dobro, v nestabilnih in stabilnih pa so se pokazala določena odstopanja. Ta so bila največja pri primerjavi ekstrapoliranega vetra in rezultatov simulacij konfiguracije z manj računskimi nivoji v stabilnih razmerah. Zopet se je kot natančnejša izkazala konfiguracija z boljšo vertikalno ločljivostjo.

Torno hitrost (u_*) sem računal na tri različne načine:

- eksplicitno iz modelskih rezultatov na različnih modelskih nivojih,
- iterativno iz rezultata z enega modelskega nivoja in
- iterativno iz izmerjene hitrosti vetra na boji.

Zadnji način izračuna ni bil možen v stabilnih pogojih. Med vrednostmi, izračunanimi na različne načine, je bilo precej razlik. V nevtralnih razmerah so vsi različni načini izračuna zadovoljivi in med seboj primerljivi, nekoliko razpršene so le eksplicitno določene u_* , dobimo pa z vsemi tremi u_* zadovoljiv rezultat ekstrapolacije. Vrednosti eksplicitno določenih u_* so dosti bolj razpršene v stabilnih in še bolj v nestabilnih razmerah. Tu dobimo tudi vrednosti od -300 do +500 m/s, ki zagotovo niso realne. Na vseh bojah opazimo še, da dobimo v stabilnih pogojih pri nižjih hitrostih na spodnjem modelskem nivoju (oz. na boji) višje eksplicitno določene u_* od iterativno izračunanih, pri višjih hitrostih pa nižje. Obratno je v nestabilnih pogojih – pri nižjih hitrostih na spodnjem nivoju so eksplicitno določene u_* nižje od iterativno določenih, pri višjih pa višje. Tudi iterativno izračunane u_* so v nenevtralnih razmerah nekoliko razpršene, kar je posledica različnih Monin-Obukhovih dolžin pri istih hitrostih. V vseh treh primerih je u_* približno enako odvisna od hitrosti na spodnjem nivoju, narašča skoraj linearno.

Po analizi rezultatov povprečnih vetrovnih profilov, njihovih povprečnih napak in napak RMSE vidimo, da je ekstrapolacija mnogo bolj zanesljiva, če v enačbah uporabljamo iterativno določeno u_* in ne eksplicitno



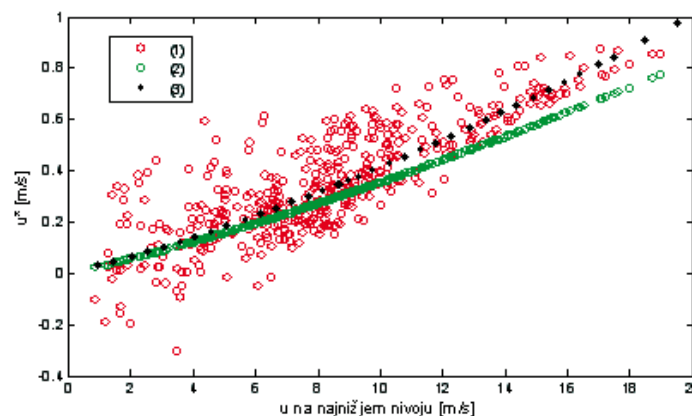
Potek hitrosti vetra na boji Channel ship od 3. do 10.1.2004. Prikazane so meritve in rezultati konfiguracij CL in HI.

določene, bistvenih razlik ne opazimo samo v nevtralnih razmerah. Pri ekstrapolaciji na podlagi u_* , določeni iterativno iz modela, se z višino vrednost povprečne napake dostikrat manjša (u_* smo namreč določili iz modelskega podatka in se tako hitrost mora vedno bolj približevati modelski vrednosti), pri ostalih pa se z višino veča.

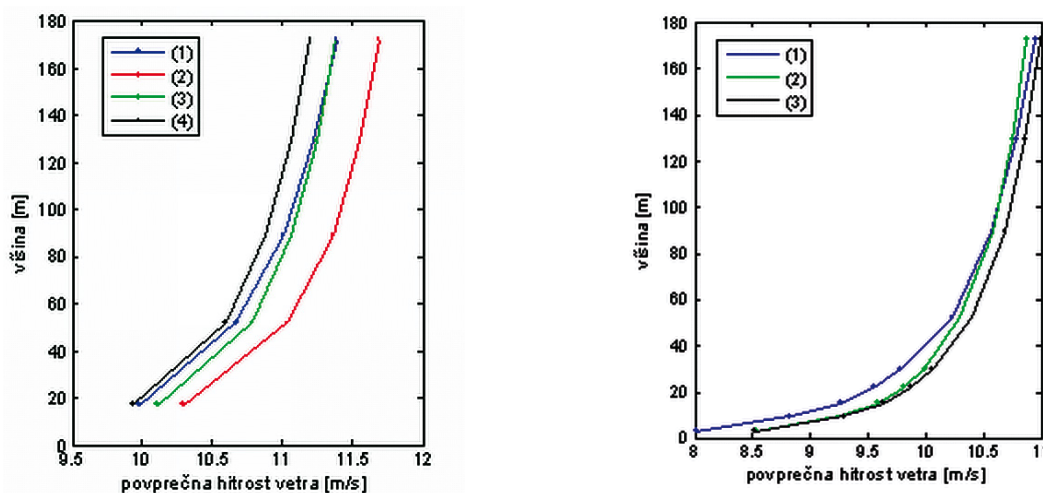
V nevtralnih razmerah je primerjava ekstrapoliranega vetra in modelskih rezultatov zadovoljiva ne glede na uporabljeno u_* , a vseeno dobimo manjše napake, če uporabimo iterativno določeno u_* .

V nestabilnih razmerah sem Monin-Obukhovo dolžino določil s pomočjo Richardsonovega števila in nato izračunal u_* . Rezultati, dobljeni iz eksplicitno izračunane u_* , so bili mnogo slabši (tako povprečen profil kot RMSE) od ostalih dveh načinov računanja, kar je posledica velike razpršenosti in velikega števila nerealnih vrednosti eksplicitno izračunanih u_* .

V stabilnih pogojih so ne glede na uporabljeno u_* rezultati iz CL konfiguracije (konfiguracija z manj vertikalnimi nivoji) izjemno slabi. Po podrobnejšem pregledu rezultatov sem opazil, da razlog za tako slabo ujemanje in velike vrednosti napak niso konstanta odstopanja ekstrapoliranega vetra od modelskih vrednosti, ampak posamezna ekstremna odstopanja, ki hitro povečajo napako in pokvarijo povprečen profil (npr. vrednosti ekstrapoliranega vetra 500 m/s in več). Če bi take vrednosti, ki jih je bilo na posamezni boji približno 50, odstranili iz analiz, bi bile te bistveno boljše. Boljši povprečen profil dobimo z uporabo HI konfiguracije (konfiguracija z večjim številom vertikalnih nivojev v prizemni plasti), napake RMSE med posameznimi profili ekstrapoliranega vetra in modelskimi rezultati pa so še vedno prevelike, da bi lahko bili zadovoljni (na spodnjem nivoju med 5 in 10 m/s, z višino pa hitro naraščajo do še mnogo večjih vrednosti).



Odvisnost torne hitrosti od hitrosti na najnižjem modelskem nivoju v konfiguraciji modela CL v stabilnih razmerah. Rdeča barva: eksplicitno izračunana torna hitrost. Črna barva: torna hitrost, določena na podlagi iterativnega izračuna iz izmerjenega podatka z boje. Zelena barva: torna hitrost, določena na podlagi iterativnega izračuna iz najnižjega modelskega nivoja.



Povprečen vetrovni profil za nestabilne razmere na boji 64046. Levo: konfiguracija CL. Desno: konfiguracija HI. Modra barva: povprečje vseh obravnavanih modelskih profilov. Rdeča barva: povprečje iz meritve ekstrapoliranih profilov na podlagi eksplicitno določene torne hitrosti. Zelena barva: povprečje iz meritve ekstrapoliranih profilov na podlagi torne hitrosti, določene iterativno iz najnižjega modelskega nivoja. Črna barva: povprečje iz meritve ekstrapoliranih profilov na podlagi torne hitrosti, določene iterativno iz izmerjene hitrosti na boji.

Podnebje Zaplane – meteorološke meritve in podnebne značilnosti

Martin Gustinčič, absolvent na Oddelku za geografijo Filozofske fakultete
martin.gustincic@slometeo.net

Povzetek

Zaplana pri Logatcu je primer območja, kjer ima relief velik vpliv na lokalno vreme. Z opazovanjem vremena na Zaplani sem pričel pred petnajstimi leti, amaterska meteorološka postaja Zaplana pa je bila s pričetkom meritev leta 2002 in avtomatizacijo meritev leta 2005 ena prvih postaj take vrste v Sloveniji. S časom se je moje opazovanje vremena razširilo na bližnjo okolico Zaplane in na mrazišča, pojav zasebnih meteoroloških postaj pa je omogočil še podrobnejše primerjave vremenskih razmer na širšem območju Logatca. Dolgoletne meritve in opazovanja vremena so pokazale na številne vremenske in podnebne posebnosti, po katerih se Zaplana od meteoroloških postaj državne meteorološke mreže loči predvsem v zimskem času. Podatki o padavinah ne kažejo pomembnih odklonov glede na okolico, pomembne razlike pa se kažejo pri temperaturnih razmerah in pogostnosti posameznih vremenskih pojavov. S terenskimi meritvami in opazovanjem vremena sem se srečal z zanimivimi, v znanstveni literaturi pogosto slabo raziskanimi vremenskimi pojavi.

Ključne besede: Zaplana, mikroklima, žled, pobočna megla

Abstract

An example of area, where topography has a big influence on local weather is the karst plateau Zaplana in western Slovenia. Since 2002 I have had an amateur weather station there, but in addition to automatic weather measurements on the field weather observations are taking place too. Because of karst terrain there are many frostholes, where I examine snow cover and temperature conditions. Since a Slovenian amateur weather network has evolved I have been able to expand weather observations not only on Zaplana, but also on the near surroundings. Weather measurements and observations from several years suggest that some specific weather phenomena exist on Zaplana, which are only poorly mentioned in scientific literature. In addition of other weather stations Zaplana has its own local weather conditions especially in winter. On yearly scale, differences in temperature and some weather phenomena are much more important than distribution of precipitation.

Keywords: Zaplana, microclimate, glaze ice, upslope fog

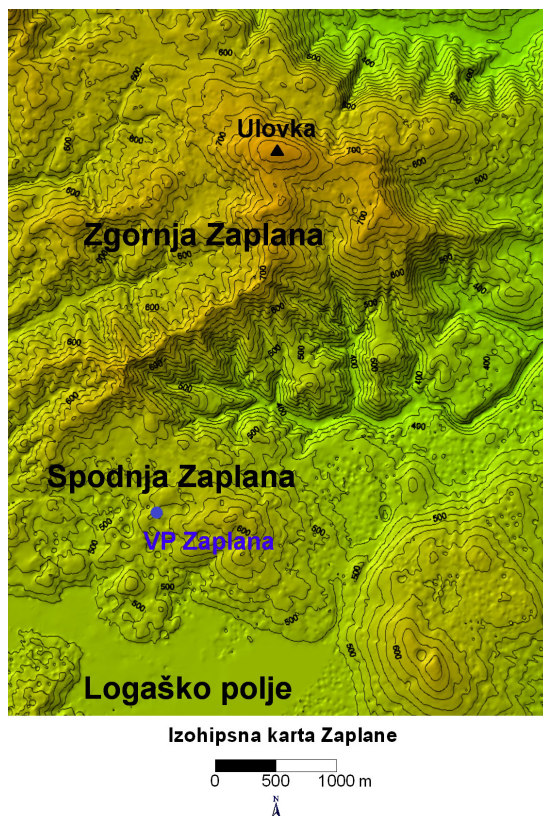
Zaplana

Hribovje Zaplana, za katero je značilna zakraselost in reliefna dvojnost, leži na Notranjskem, med Vrhniko in Logatcem. Po fizičnogeografskih značilnostih je smiselna delitev na dva dela. Zgornja Zaplana je hribovita, na planotasti Spodnji Zaplani pa je značilen dolomitni kras s številnimi kraškimi kotanjami. Najvišji vrh Zaplane je 800 m visoka Ulovka, nad 700 m pa sega še Planina nad Vrhniko z znamenitim razglednim stolpom. Zaradi najnižjega stika med višjim dinarskim svetom in nižjim Ljubljanskim barjem je bila širša okolica Zaplane vedno strateško in prometno pomembno

območje. Na to kažejo ostanki rimskega obrambnega limesa in Rupnikove linije, ter novejša prometna in energetska infrastruktura, ki poteka skozi Vrhnika vrata.

Meteorološke meritve

Z opazovanji vremena sem se resneje pričel ukvarjati po letu 1995. Po letu 2000 sem izvajal občasne meritve temperature in kmalu se je izkazalo, da verodostojnih meritev ni mogoče zagotoviti brez meteorološke hišice, ki sem jo pridobil leta 2002. S klasičnimi



Slika 1. Topografska karta Zaplane. Izstopa dolina reke Bele, ki se na Vrhniku izliva v Ljubljano (Avtor: M. Gustinčič)

Figure 1. Topographic map of Zaplana. In the east the Bela stream is dominating, a tributary of Ljubljana river (Author: M. Gustinčič)

meteorološkimi termometri sem meril temperaturo v treh klimatoloških terminih. Zaradi moje pogoste odsotnosti pa so iz tistega obdobja ohranjene predvsem ekstremne temperaturne vrednosti za daljša, včasih celo mesečna časovna obdobja.

Hkrati sem se pričel ukvarjati tudi z mrazišči. Prve terenske meritve sem jeseni 2001 izvajal v bližnjem, z gozdom precej poraslem mrazišču. Ker pa se je kmalu izkazalo, da so po absolutnih minimalnih temperaturah hladnejša plitvejša in s travo porasla mrazišča, sem naslednji dve leti z minimalnim alkoholnim termometrom meril minimalne temperature v sosednji kraški kotanji Dolinca. Aprila 2004 so se s postavitvijo digitalnega registratorja temperature pričele sistematične meritve, ki omogočajo vpogled v samo dinamiko spreminjanja temperatur v mrazišču.

Meritve na zgornji meteorološki postaji (nadmorska višina 566 m) so se avtomatizirale kasneje od tistih v mrazišču, saj so zahtevale stalno računalniško povezavo. Do avtomatizacije je prišlo leta 2005 in danes samodejna vremenska postaja meri osnovne meteorološke spremenljivke in izmerke v določenih časovnih intervalih pošilja na spletno stran „Podnebje Zaplane“. Avtomatizacija meritev je sicer pripomogla k novim spoznanjem o podnebnju tega območja, ne more pa



Slika 2. Meteorološka postaja Zaplana (Foto: M. Gustinčič).

Figure 2. Meteorological station Zaplana (Photo: M. Gustinčič)

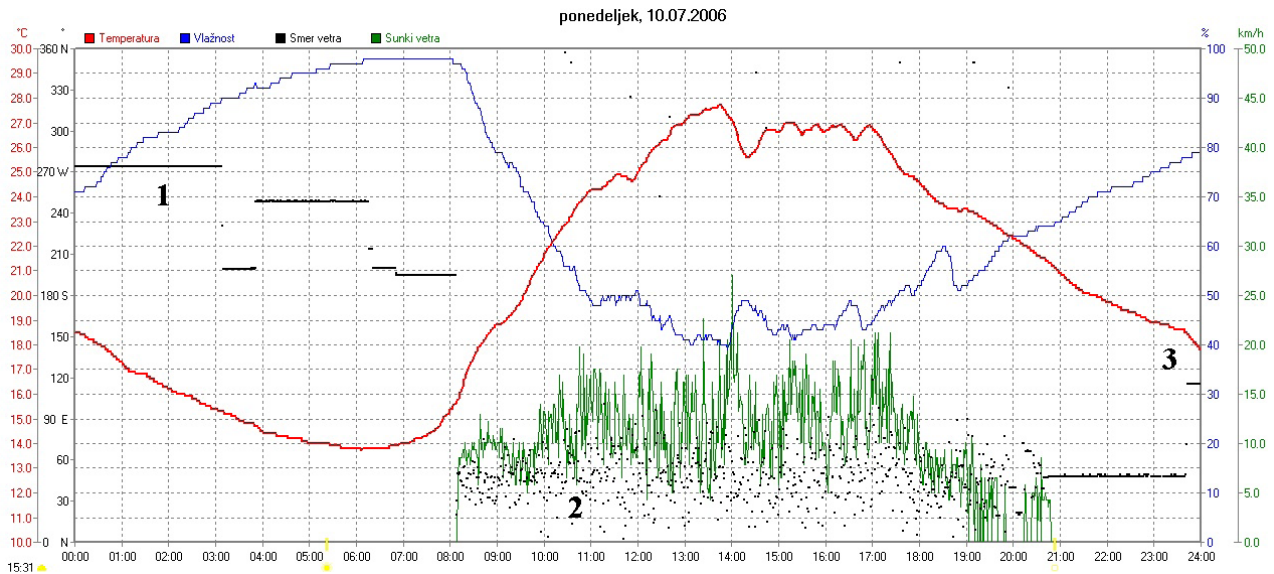
nadomestiti klasičnih terenskih opazovanj vremena. Pozimi se izvajajo meritve padavin s pomočjo posode in menzure. To delo ob moji odsotnosti opravljajo predvsem prijatelji. Na vremenski postaji je potrebno veliko ročnih posegov, že nekaj let pa se zapisuje tudi evidenca o vseh bistvenih spremembah na meteorološki postaji in v njeni okolici. V luči vse večjih stroškov za amaterske meritve, količine dela ter dejstva, da bi bil poleg glavnega opazovalca na voljo tudi kakšen rezervni opazovalec, je bila januarja 2010 na ARSO podana prošnja za vzpostavitev uradne meteorološke opazovalnice na Zaplani.

Podnebne značilnosti

Položaj Zaplane glede na omenjena Vrhniška vrata daje podnebnju na tem območju, pa tudi podnebnju v širši okolici Logatca, poseben pečat. Zaradi opisanega položaja leži Spodnja Zaplana v območju dvignjene temperaturne inverzije nad Ljubljanskim barjem, kar ima velik vpliv na vremenske razmere in spremljajoče pojave, kot so pobočna megla, ivje in žled. Ob prevladi visokega zračnega pritiska se pojavi tipična dnevna vetrovnost. Čez dan piha vzhodni pobočni veter, ponoči pa rahel južni veter iz smeri Logaškega polja, ki kaže na nastanek temperaturne inverzije.

Temperatura zraka

Zaradi razgibanega reliefa so za Zaplano značilne pesterne temperaturne razmere. Te se spreminjajo glede na dnevni čas in sinoptično vremensko situacijo. Ob jasnem in mirnem vremenu ponoči se hladnejši in težji zrak steka v nižje lege. V takšnih razmerah je na Spodnji Zaplani hladneje kot na Zgornji Zaplani. Poleg tega planotasti relief na Spodnji Zaplani omogoča nastanek plitve temperaturne inverzije in pod njenim vplivom je tudi meteorološka postaja. Višji deli Zaplane so ponoči toplejši, kar se je sklepalo že na

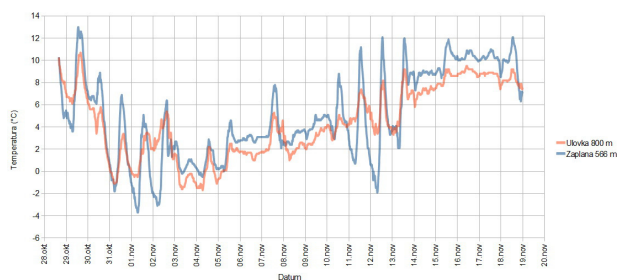


Slika 3. Običajna dnevna zračna cirkulacija na Spodnji Zaplani; rahel jugozahodni veter (1) ponoči naznanja temperaturno inverzijo, podnevi piha vzhodni veter (2), ki proti večeru vse bolj slabi in ga nato ponovno zamenja nočni veter južne smeri (3).

Figure 3. Daily circulation on Spodnja Zaplana; gentle breeze from south-west (1) during the night announces temperature inversion, during the day east wind blows (2), which is again replaced by south-west wind in evening hours (3).

podlagi podatkov z uradne meteorološke postaje Topol pri Medvodah v sosednjem Polhograjskem hribovju. Za natančnejšo analizo razmer v najvišjih delih Zaplane je bil na vrhu Ulovke za obdobje od jeseni 2009 do spomladi 2010 nameščen digitalni registrator temperature, ki je bil pred padavinami in Sončevim sevanjem zaščiten s termometrijskim zaklonom, izdelanem po načrtih Slovenskega meteorološkega foruma. Dobljeni izmerki potrjujejo dejstvo, da se na Zaplani ob ustaljenem vremenu to najbolj spremeni nad nadmorsko višino 650 m, kjer je pogosto prehod iz vlažnega in hladnega zraka v suho in toplo zračno maso na vrhu temperaturne inverzije.

Vremenske, zlasti temperaturne razmere na Zaplani so zelo odvisne od splošne vremenske situacije. Dolgoletno opazovanje lokalnega vremena je pokazalo, kako velik vpliv ima že majhna sprememba splošnih vetrov na vreme. Velika razlika je že v



Slika 4. Potek temperature zraka na meteorološki postaji Zaplana (modra) in na Ulovki (rdeča) jeseni 2009.

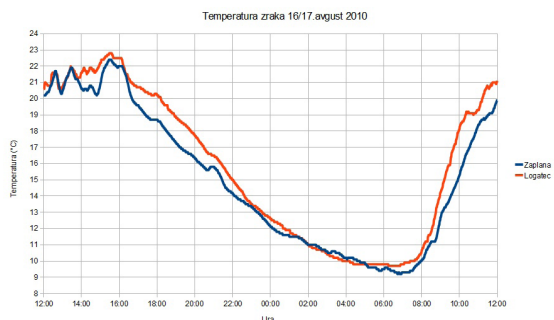
Figure 4. Temperatures on weather station Zaplana and on the Ulovka hill in Autumn 2009.

primeru severovzhodnih ali severnih splošnih vetrov. Z odklonom vetra od vzhoda na severno smer se na Zaplani zmanjšuje vetrovnost, od tega pa so odvisne predvsem nočne temperature. Ob vzhodnih vetrovih izostane tipična dnevna vetrovnost, podnevi piha pobočni vzhodni veter, ki nato tudi ponoči ne poneha. S tem nadomesti nočni veter in velikokrat povzroči pobočno meglo, ki je posledica nizke oblačnosti nad Ljubljanskim barjem. Ob severni zračni cirkulaciji so razmere precej drugačne, saj zvečer dnevnomu vzhodnemu vetru hitro sledi lokalni nočni veter in tako se do jutra radiacijsko ohladi. V takih primerih se jutranja megla in nizka oblačnost zadržujeta na Vrhniki, na območju Logatca pa je jasno vreme s precej nižjimi jutranjimi temperaturami zraka. Ob vzhodnih vetrovih so na Zaplani torej močni vplivi Ljubljanskega barja, ob severnih vetrovih pa je območje Logatca vremensko gledano povsem ločeno od razmer v Ljubljanski kotlini. Na območju Logatca so neposredne primerjave temperature zraka možne med zasebnimi meteorološkimi



Slika 5. Radiacijska megla na območju Spodnje Zaplane (Foto: M. Gustinčič).

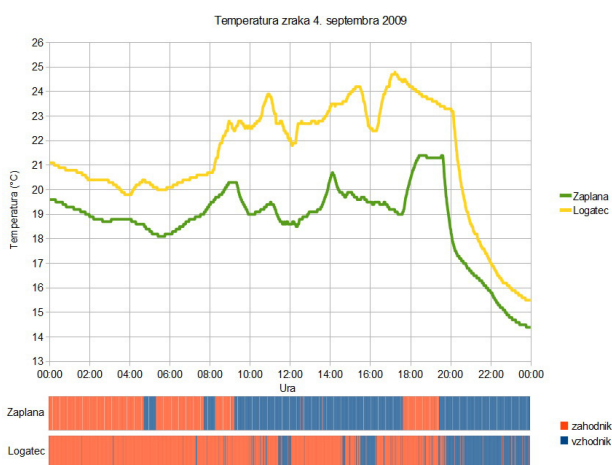
Figure 5. Radiation fog in lower parts of Zaplana (Photo: M. Gustinčič)



Slika 6. Primer noči z debelejšo radiacijsko meglo, ki zavre nočno ohlajanje v Logatcu (rdeča) in zaradi katere je meteorološka postaja Spodnja Zaplana (modra) v jutranjih urah nekoliko hladnejša.

Figure 6. Deeper radiation fog during the night; in such cases Zaplana is colder than the town of Logatec at a lower elevation, although in many cases it is just the opposite.

postajami Zaplana, Petkovec in Logatec (medmrežje 5 in 6). Na omenjenih lokacijah je v klasični meteorološki hišici nameščena vremenska postaja enakega tipa in proizvajalca. V okolici je še nekaj zasebnih meteoroloških postaj, ki ležijo na drugačni nadmorski višini, imajo drugačne senzorce in drugačno zaščito pred Sončevim sevanjem. Jutranje temperature zraka so z izjemo mrazišč najnižje v Logatcu. To velja predvsem za hladno polovico leta, sicer pa so lahko vremenske razmere takšne, da Zaplana po jutranji temperaturi zraka „prehiti“ običajno hladnejše Logaško polje. To se dogaja v primerih, ko je na Spodnji Zaplani plitva, v Logatcu pa debelejša radiacijska megla (slika 6).

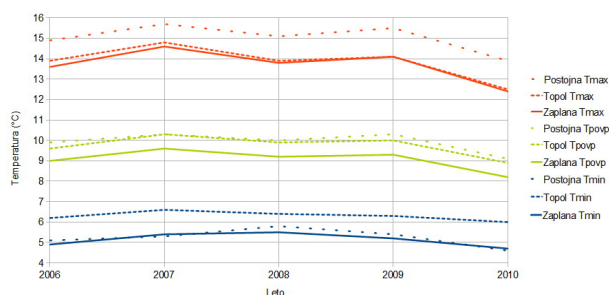


Slika 7. Velika temperaturna razlika med Zaplano (zeleno) in Logatcem (rumena) ob splošnih južnih vetrovih in padavinah 4. septembra 2010. Smer vetra je zaradi namena raziskave na grafikonu prikazana z dvema kategorijama; vzhodni veter vključuje smeri od 0° do 155°, zahodni veter pa smeri od 156° do 359°.

Figure 7. Considerable temperature difference between Zaplana and Logatec during south winds and precipitation on 4th September 2010. Zaplana has more near ground wind from the east, when Logatec is warmer because of south wind. Blue category represents winds from 0° to 155° and red category winds from 156° to 359°.

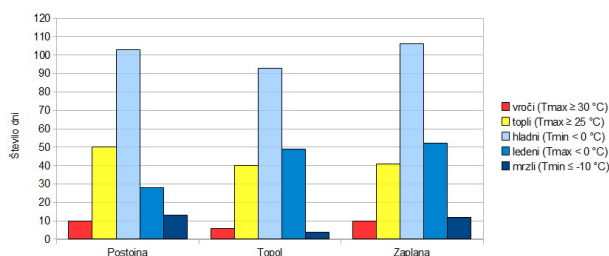
Specifične vremenske razmere se na širšem območju Logatca kažejo tudi ob splošnih južnih vetrovih. Ob tem na Primorskem piha „jugo“, v južni Sloveniji pa je vetrovno in relativno toplo vreme. Južni veter običajno seže do krajev na primorski strani (Postojna) in nekaterih krajev na drugi strani dinarske gorske pregrade (Planina pri Rakeku, Bloke). V takih situacijah topel južni veter do območja Logatca velikokrat ne seže in je zato tam bistveno hladnejše. Opisana situacija je največkrat vzrok za izdatnejše sneženje v nižjem Logatcu, kot v višje ležečih krajih nekaj kilometrov južneje. Ob močnejšem južnem vetru se njegov vpliv kaže tudi v Logatcu, medtem ko južni veter Zaplano še težje doseže in še vedno piha hladen prizemni vzhodni veter iz zgornjih zračnih plasti nad Ljubljanskim barjem. V takih primerih je lahko Zaplana prehodno precej hladnejša že od bližnjega Logatca (slika 7). Zabeleženi so bili tudi primeri, ko je bila Zaplana prehodno hladnejša celo od 235 m višje Ulovke, kar pomeni, da sega plast hladnega zraka iz Ljubljanske kotline le do določene višine in velikokrat le do Spodnje Zaplane.

Jutranje temperature na meteorološki postaji Zaplana se razlikujejo s tistimi na okoliških postajah državne meteorološke službe (sliki 8 in 9). So precej nižje kot



Slika 8. Potek povprečne letne temperature zraka na podnebnih meteoroloških postajah Postojna (533 m) in Topol pri Medvodah (660 m) (Vir: medmrežje 1), ter na zasebni meteorološki postaji Zaplana (566 m).

Figure 8. Yearly temperature averages at climatological station Postojna (533 m), Topol near Medvode (660 m) and on private meteorological station Zaplana (566 m).



Slika 9. Število dni glede na temperaturne pragove na podnebnih meteoroloških postajah Postojna in Topol pri Medvodah (Vir: medmrežje 1), ter na zasebni meteorološki postaji Zaplana.

Figure 9. Number of days by air temperature thresholds at the climatological station Postojna, Topol near Medvode and on the private meteorological station Zaplana.

v okoliških hribovjih (Topol pri Medvodah), pogosto pa so nižje tudi od temperatur v krajih na primorski strani dinarske gorske pregrade, še posebno v situacijah, ko šibka burja preprečuje nastanek temperaturne inverzije (Postojna). Dnevne temperature so na Zaplani ob jugozahodnih vetrovih podobne temperaturam v Postojni, nižje pa so ob vzhodnih vetrovih, kar še zlasti velja za zimski čas, ko je pogosto ravno pri Postojni meja med nizko oblačnostjo in sončnim vremenom.

Megla

Zaplana je precej megleno območje, saj je v višjih legah pogosta pobočna megla, na Spodnji Zaplani pa tudi radiacijska megla. Slednja ni vezana na Ljubljansko barje, temveč na Logaško polje. Kadar je radiacijska megla na Spodnji Zaplani, je ta nujno tudi na Logaškem polju, na Zaplani pa ne sega višje od 600 m nadmorske višine. Posebnost je pobočna megla, ki je značilna za višja, hribovita območja, na Zaplani pa se pojavlja ob dveh vremenskih situacijah. V prvem primeru se megla pojavlja ob ciklonalnem tipu vremena in je posledica nizkih oblakov stratusov nad Ljubljansko kotlino (slika 10). V drugem primeru se pobočna megla pojavlja ob anticiklonalnem tipu vremena (sliki 11 in 12) in je posledica dvignjene temperaturne inverzije ter spremljajoče nizke oblačnosti nad Ljubljanskim barjem, medtem ko v višjih legah v okolici običajno vlada sončno vreme.

Pobočne megle ob ciklonalnem tipu vremena v Logatcu ni, saj je običajno nekoliko dvignjena. Več megle je na območju Vrhniških vrat, Zaplana pa je zavita v oblak s spodnjo bazo na okoli 520 m nadmorske višine. Megla je lahko še nekoliko višje, tako da so v megli predvsem višja območja Zaplane, ki so usmerjena na vzhod. Megla se premika skladno z vzhodnim vetrom in zato prične nastajati ivje, ki je običajno najdaljše na območju Planine nad Vrhniko.



Slika 10. Pobočna megla ob ciklonalnem tipu vremena ovija predvsem višje ležeča območja nad višino 650 m (Foto: M. Gustinčič)

Figure 10. Upslope fog during the cyclonic weather conditions often covers the upper parts of Zaplana 650 meters above sea level (Photo: M. Gustinčič).



Slika 11. Pobočna megla ob anticiklonalnem tipu vremena se preliva čez Spodnjo Zaplano. Fotografirano z nižjega Logaškega polja (Foto: M. Gustinčič)

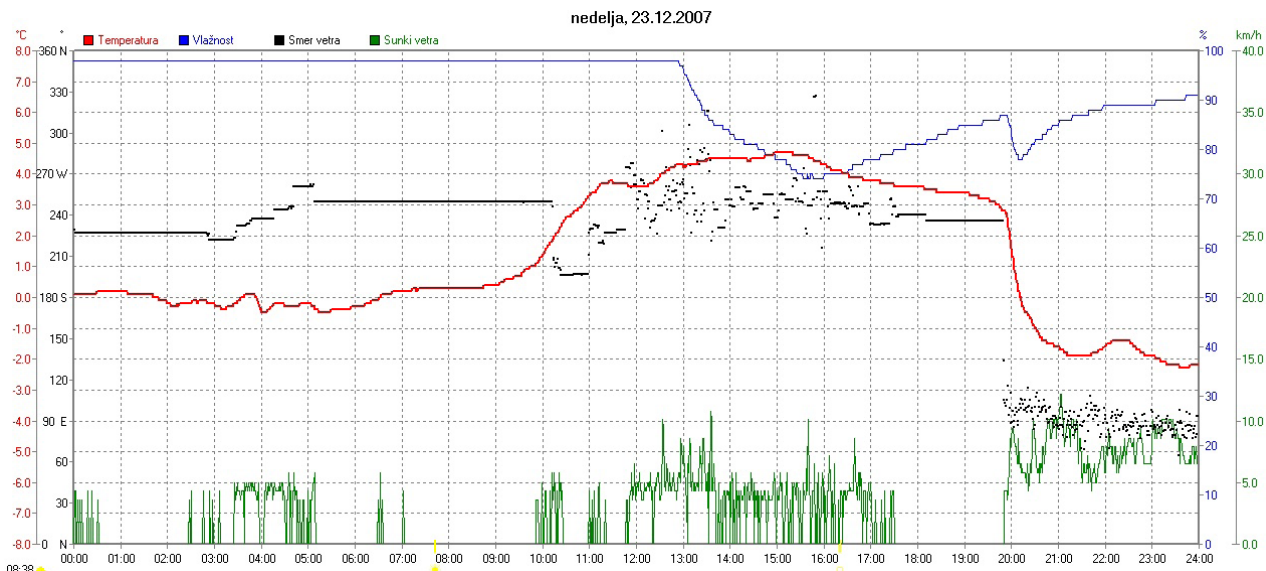
Figure 11. During the anticyclonic weather colder air with upslope fog „flows“ through lower parts of Zaplana. The photo is taken from lower karst field Logaško polje (Photo: M. Gustinčič)

Bistvo vseh opisanih vremenskih posebnosti Zaplane je ravno njena lega v območju omenjene dvignjene temperaturne inverzije. Ob tem ni najhladnejše na dnu kotline, temveč pogosto v višini Spodnje Zaplane. Tudi če Zaplane megla ne doseže, so temperature nizke, saj priteka z vzhodnim vetrom hladen zrak iz hladne plasti ozračja tik nad megleno plastjo. Megla sega iz Ljubljanskega barja v smeri proti Logatcu čez tri najnižja sedla. Prvi krak megle sega po podolju z avtocesto Vrhnika-Logatec, drugi po regionalni cesti čez prelaz Smrekovec na Logaško polje, tretji pa sega



Slika 12. Pobočna megla ob anticiklonalnem tipu vremena 16. novembra 2008 sega skozi Vrhniška vrata. Označena so večja naselja in zasebne vremenske postaje – kombinacija satelitske slike MODIS (medmrežje 4) s spletno aplikacijo Google Earth.

Figure 12. An example of upslope fog during anticyclone weather on 16th November 2008. Fog is penetrating through lower saddles from Ljubljana basin to Zaplana. The image is a combination of satellite picture MODIS (source 4) and Google Earth application.



Slika 13. Primer nenadne ohladitve na meteorološki postaji Zaplana 23.decembra 2007. Toplo zračno maso ob jugozahodnem vetru zamenja hladen in vlažen zrak, nakopičen v Ljubljanski kotlini.

Figure 13. A case of rapid cooling on weather station Zaplana on 23th December 2007, which is a result of upslope fog during the anticyclone weather. During the shift in wind direction without classic weather front, warm airmass is rapidly replaced by colder airmass from temperature inversion above Ljubljana basin.

čez Spodnjo Zaplano. Ta tip megle se na Zaplani nad 700 m višine redko pojavlja, če pa nizka oblačnost nad Ljubljanskim barjem sega višje, potem se pobočna megla razširi na celotno logaško območje. Tako so lahko pozimi vremenske razmere na območju Logatca popolnoma neprimerljive s kraji v južnem delu Notranjske in na Idrijskem. Manjše kotline in doline na Idrijskem imajo sicer pogosto radiacijsko meglo, ki pa se zaradi majhnega volumna pogosto precej hitreje razkroji kot na logaškem, kjer gre za aktivni dotok megle iz precej večje Ljubljanske kotline. Pobočna megla anticiklonalnega tipa, ki je 14. avgusta 2010 na Zaplani trajala do 12.30 popoldne, je bila posledica vlažnega in hladnega zraka v Ljubljanski kotlini. V manjših dolinah na Idrijskem in na kraških poljih na Notranjskem podolju se je omenjenega dne megla razkadila bistveno bolj zgodaj.

Anticiklonalna pobočna megla je eden od vzrokov, da je logaško podnebje vedno slovelo kot nekaj posebnege. Zaradi te megle so namreč ob določenih zimskih situacijah precej nižje dnevne temperature in precej zmanjšano sončno obsevanje v primerjavi z drugimi deli Notranjske. Tako je bila v drugi polovici decembra 2007, ko je prevladovalo dolgotrajno megleno vreme, povprečna temperatura na Zaplani za 1,9 °C nižja, povprečna maksimalna temperatura pa za 3,4 °C nižja kot v Postojni na podobni nadmorski višini (medmrežje 1). Na Zaplani je pogosto zabeležen pojav hitrih in nenadnih ohladitev, ki niso posledica menjave zračne mase ob klasični vremenski fronti, temveč obrata vetra na vzhodno smer v času temperaturne inverzije nad Ljubljanskim barjem.

Padavine

Padavin je na območju Zaplane več od slovenskega povprečja, saj je na bližnji meteorološki postaji Rovte v obdobju 1961 – 1990 padlo povprečno 1867 mm padavin na leto (medmrežje 3). Najbolj namočen je bil mesec november, drugi višek padavin pa je bil junija, kar je značilnost submediteranskega padavinskega režima. V obdobju z meteorološkimi meritvami na Zaplani je bila jesenska količina padavin manjša, mesec z največjo količino padavin pa je bil pogosto eden od poletnih mesecev. Letna količina padavin je bila na Zaplani bolj podobna tisti v Rovtah, kot v Gornjem Logatcu bližje gorski pregradi. Na padavine vpliva bližina dinarske gorske pregrade, na kateri v povprečju pade največ padavin, se pa zgodi, da ob jugozahodnem vetru najbolj dežuje ravno v zavetrju gorske pregrade. V slednjih primerih gre za predfrontalno stacionarno konvekcijo, nevihte se dalj časa obnavljajo nad istim območjem. Območje Javornika (1240 m) nad Hotedršico je, podobno kot Krim za



Slika 14. Orografska oblačnost nad Javornikom ob jugozahodnem vetru (Foto: M. Gustinčič)

Figure 14. Orographic cloudiness on Javornik mountain (1240 m.s.l.) during south-west wind (Photo: M. Gustinčič).

Ljubljano, nekakšen napovedovalec vremena za severni del Notranjske. Zaradi masivne gorske pregrade se namreč ravno na Javorniku ali nad njim pri določenih smereh vetra pojavljajo oblačne kape. Tako je mogoče z Zaplane sklepati na smer vetra v nekoliko večjih višinah in dotekanje bolj vlažnega zraka, na mejo sneženja in burjo na primorski strani gorske pregrade.

Čeprav relief v tem delu Notranjske vsaj teoretično ne omogoča tako močnih neviht, kot v bolj pregretilih ravninah Prekmurja in Furlanske nižine v Italiji, pa je bilo zabeleženih tudi nekaj zelo močnih neurij. Tornado 23. avgusta 1986 je do sedaj eno od najhujših zabeleženih neurij v Sloveniji, 2. julija 2007 pa je na Spodnji Zaplani in na Vrhnikih ob predfrontalni stacionarni konvekciji v treh urah padlo med 150 in 170 mm dežja.

Snežne razmere

Zime so na Zaplani precej snežene, značilna je velika količina novozapadlega snega, daljša obdobja s snežno odejo in mrazom pa redno prekinjajo odjuge. Če odmislimo mrazišča, se snežna odeja najdlje zadrži na severnih pobočjih Ulovke, kjer zaradi največje nadmorske višine tudi največkrat sneži. Prvi sneg se običajno pojavi konec oktobra ali v začetku novembra, zadnji pa aprila. Do leta 1985 so bila majska sneženja relativno pogost pojav. V tistem času je bilo spomladi snega v nižjem Logatcu praviloma več kot v nekoliko višjih legah v južnem delu Notranjske. Glede na lastna opazovanja in po podatkih iz okoliških padavinskih meteoroloških postaj se je to v zadnjih nekaj letih spremenilo (medmrežje 1).

Za izračune, v katerem mesecu je na Zaplani najpogosteje zabeležena maksimalna višina snežne odeje, je bilo potrebno upoštevati daljše časovno obdobje. Podatki z Zaplane, ki se zbirajo šele nekaj let, niso dovolj, zato so bili za opis snežnih razmer uporabljeni podatki bližnje meteorološke postaje Rovte. Statistično je največ snega v marcu, ko postajajo padavine vedno



Slika 15. Sneg na Zaplani februarja 2010 (Foto: M. Gustinčič)
Figure 15. Deep snow cover on Zaplana in February 2010 (Photo: Martin Gustinčič).

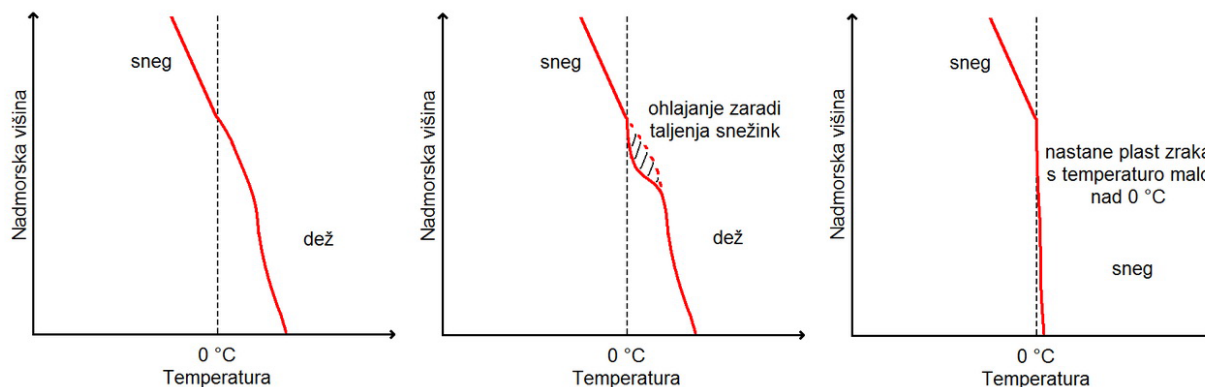
bolj konvektivnega značaja. Če so temperature blizu ledišča, lahko sneži bolj kot sredi zime. Drugi vzrok je ta, da v februarju pogosto pade veliko snega, v marcu pa pade novi sneg na staro snežno podlago in tako se snežna odeja še odebeli. V nižinah je tak primer manj pogost in sneg redkeje obstane do naslednjega sneženja.

Zaplana leži na nadmorski višini med 500 in 800 m in snežne razmere se z višino spreminjajo. Razlike v višini snežne odeje med Logatcem in Spodnjo Zaplano so včasih precejšnje kljub razmeroma majhni višinski razliki. Razlike se pripisujejo legi Zaplane pri Vrhniških vratih in s tem večji izpostavljenosti vlažnim vzhodnim vetrovom, največje razlike v višini novozapadlega snega pa se pripisujejo že opisani vremenski situaciji ob južnih vetrovih, ko je lahko na Zaplani prehodno za več stopinj hladneje kot v Logatcu. Nasprotno so razlike v snežni odeji med Spodnjo Zaplano in Ulovko, upoštevajoč 235 m razlike v nadmorski višini, pogosto majhne. Ugotovljene so bile zanimive temperaturne razlike v primerih, ko se nad Ljubljanskim barjem zadržuje plast hladnejšega zraka, ki z vzhodnim vetrom doteka na Spodnjo Zaplano (slika 13). Plast hladnega zraka ne sega posebej visoko in velikokrat Ulovke ne doseže ali jo po okreptvi vzhodnega vetra doseže z določenim časovnim zamikom. V takih primerih je lahko kljub padavinam na Spodnji Zaplani celo hladneje kot na Ulovki. Opisano dejstvo je vzrok, da na Ulovki sredi zime kljub večji nadmorski višini pogosto ne pade bistveno več snega kot na Spodnji Zaplani. To pojasni številne primere v preteklosti, ko je na Spodnji Zaplani deževalo pri temperaturi malo nad lediščem, hkrati pa je v nasprotju s pričakovanji deževalo tudi na višji Ulovki. Plast hladnega zraka nad Ljubljanskim barjem je pogosta v pozno jesenskem in zimskem času in tako pride, v smislu večje količine snega, večja nadmorska višina Ulovke bolj do izraza šele v spomladanskem času.

Meritve višine snežne odeje so se na Zaplani do nedavna izvajale na odprtem travniku, 200 m oddaljenem od meteorološke postaje. Šele večletne meritve so pokazale, da je omenjena lokacija za meritve preveč prevetrena, saj je že nekoliko okrepljen vzhodni veter odnašal sneg v bližnjo kraško kotanjo. Tega problema ni bilo opaziti na območju meteorološke postaje, kamor so se meritve snežne odeje preselile v letu 2010. V zimah z redkejšimi odjugami in pogostejšimi snežnimi padavinami so se razlike v višini snega med obema lokacijama le še povečevale in se razvlekale na večji del zime.

Znižana snežna meja

Na Zaplani lahko sneži ob temperaturah nad lediščem, spet drugič pa dežuje ob temperaturah okoli ledišča. Včasih niti temperatura 2 °C v Ljubljani ne zadostuje za sneženje na 300 m višji Zaplani, včasih



Slika 16. Princip nastanka znižane meje sneženja (ZMS).

Figure 16. Principle of downward penetration of snow*.

pa lahko sneži celo v nižjem Logatcu, medtem ko je v Ljubljani 7 °C. Ob slednji situaciji se na območju Notranjske pojavi „znižana meja sneženja“ (ZMS) (slika 16). To bi lahko opredelili kot pojav, ko na nekem območju pri temperaturi nad lediščem sneži precej nižje, kot drugod ob podobni količini padavin. Izraz ZMS se je v nekaj letih uveljavil med ljubitelji vremena na slovenskih vremenskih forumih. Pojav je sicer znan predvsem v Zgornjesavski dolini in v Bohinju.

Sam mehanizem nastanka pojava je dobro znan. Meja sneženja se spusti tako, da taleče se snežinke s temperaturo 0 °C ohlajajo ozračje. Tako lahko dež preide v sneg kljub temu, da nas ni zajel hladen zrak vremenske fronte. Snežinke bi teoretično povsod lahko ohladile zrak do nižin, kljub temu pa meja sneženja običajno ostaja na določeni višini zaradi mešanja ozračja in stalnega dotoka toplejšega zraka iz okolice.

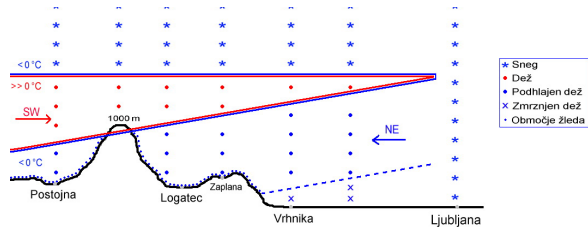
ZMS v severnem delu Notranjske je po lastnih raziskavah povezana z že opisano vremensko situacijo, v kateri pihajo splošni južni vetrovi. V višinah pihajo jugozahodni vetrovi, zaradi prizemnega ciklona pa se vetrovi pri tleh odklanjajo iz južne na jugovzhodno smer. Ob tem je na Zaplani, v odvisnosti od lege ciklona, pogosto zatišje ali pa piha rahel prizemni vzhodni veter. Izvor ZMS je iz zahodnih smeri, saj se meja sneženja močno zniža zlasti v zatišju višjega Trnovskega gozda (Idrija, Črni Vrh nad Idrijo), ZMS pa se na Zaplani pojavi nekoliko kasneje, ko od snežink ohlajeni zrak počasi napreduje od zahoda proti vzhodu. Zaradi te smeri premikanja hladnejše zračne mase se na Zaplani ob ZMS pojavi rahel zahodni do severozahodni veter. Ob taki situaciji ima bližina nižjega Ljubljanskega barja, od koder lahko piha na Zaplano prizemni vzhodni veter, omejujoč vpliv na ZMS. Ta veter prinaša zrak iznad Ljubljanskega barja, ki je relativno toplejši od zraka na zahodu, ohlajenega z ZMS. Na to kažejo številni primeri, ko je snežilo v Idriji, proti višjemu Logatcu pa vse manj in ko je imela sosednja amaterska meteorološka postaja Petkovec, 2 km zahodnejše, ob ZMS pogosto nižjo temperaturo od Zaplane, čeprav je običajno ravno narobe. Na Petkovcu je večje zatišje

in snežinke neovirano ohlajajo zrak neposredno proti tlu, medtem ko na Zaplani ta proces lahko ovira vzhodni veter. Če je prizemni vzhodni veter na Zaplani dovolj šibek, ga ob močnih padavinah lahko zamenja zahodni veter in ZMS napreduje proti vzhodu. Ob ZMS sneži ob pozitivni temperaturi, snežiti lahko prične že pri okoli 3 °C, dež s snegom pa se lahko pojavi še pri višji temperaturi. Če ni vzhodnega vetra, ki bi oviral ZMS, se meja sneženja lahko zelo hitro spusti tudi do Vrhničke. Tako je bilo tudi 10. aprila 2003, ko je v Ljubljani popoldne deževalo pri 5 °C, medtem ko so se že na Brezovici med dež mešale snežinke in je na Vrhnički samo še snežilo. Sneg se je oprijemal tal na višini 400 m in takšne višine meje sneženja iz uradne meteorološke napovedi ni bilo mogoče predvidevati. V zadnjih nekaj letih se opisani pojav pojavlja redko in v neizraziti obliki.

Žled

Več centimetrov debel žled se pojavlja v določenem višinskem pasu in napogosteje v jugozahodni Sloveniji. Nad 1000 m je pogosto plast toplega zraka, do 500 m višine pa dež na svoji poti skozi hladno plast zraka običajno zmrzne in pade na tla kot zmrznjen dež. Severno in vzhodno od žlednega pasu pogosto samo sneži, saj je toplejša plast zraka v višinah manj izrazita in sneg na svoji poti proti tlu ne preide v dež.

Klasični nastanek žleda je takrat, ko v nižjih plasteh piha vzhodni veter, višje pa jugozahodni veter. Ko se sneg v topli plasti ozračja stali v dež, v nižjih hladnejših plasteh ne more več preiti v sneg, zmrzne lahko samo še v zmrznjen dež. Za žledenje je značilno, da podhlajene kapljice zmrznejo šele ob stiku s podlago in ne že v ozračju. Kapljice zmrznejo v ozračju, če padajo skozi dovolj debelo plast hladnega zraka, kar pa ne povzroča žledenja. Če je vmesna topla plast pretanka, se snežinke ne stalijo in dosežejo tla. Zato lahko že v Ljubljani, predvsem pa v reliefno zaprtih alpskih dolinah, ob takih situacijah zgoj sneži.



Slika 17. Poenostavljena shema nastanka žleda na zahodu Slovenije.

Figure 17. Simplified scheme of weather conditions during the glaze ice events in western part of Slovenia.

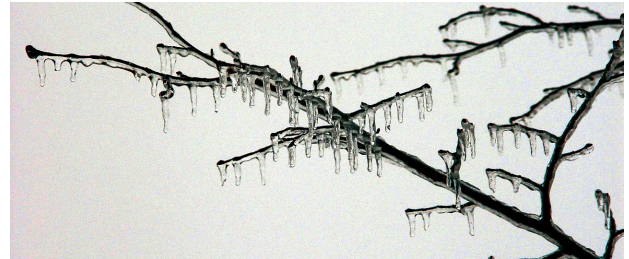
Zaradi specifične geografske lege Zaplane na stiku Ljubljanskega barja in višjega dinarskega sveta, se žled pojavlja tudi ob nekoliko drugačni sinoptični situaciji. Jugozahodni veter, ki ni prepihal Ljubljanske kotline kjer ostane nakopičen hladen zrak, v nižjih plasteh ozračja oslabi in poneha. Prevladujejo le šibki vetrovi, ob tem pa na Zaplani zapiha vzhodni veter, ki prične dovajati hladnejši zrak iznad Ljubljanske kotline (slika 17). Hladen zrak se ne razširi prav veliko naprej na zahod in pogosto sega le do Logatca. Primerov, ko je žledilo zgolj na ožjem območju Zaplane in Logatca, je bilo v preteklosti že kar nekaj.

Pogosto izpostavljenost Zaplane žledu gre pripisati njeni legi v bližini dinarske gorske pregrade, zaradi katere pade ob tipičnih žlednih situacijah relativno več kapljic kot v krajih na vzhodu. Višja in bolj zahodna lega glede na Ljubljansko kotlino pomenita večjo verjetnost za dovolj debelo toplejšo plast v ozračju in manjšo verjetnost, da bi dež zmrznil že v ozračju. Bistveno vlogo igrata prizemni vzhodni veter in lega Zaplane v zavetrni legi južnih vetrov. Lega na celinski strani dinarske gorske pregrade pomeni pozimi nižje dnevne temperature, pogostejšo oblačnost in večjo verjetnost, da žled dlje časa ostane na drevju, kot v bolj osončnih pokrajinah z burjo v jugozahodni Sloveniji. Prvemu žledu lahko čez nekaj časa sledi drugi žled (primer v zimi 1996/1997).

Led, nastal ob ledenem dežju, je zaradi odsotnosti zračnih mehurčkov in drugih primesi kompaktnější ob običajnega ledu in je težje lomljiv. Debelina ledene obloge je odvisna od številnih faktorjev, predvsem pa od intenzitete padavin in povprečne hitrosti vetra. Z večjo intenziteto dežja in povprečno hitrostjo vetra več dežja zmrzne neposredno v leden oklep (medmrežje 2). Iz napisanega sledi, da so na Zaplani najbolj ogroženi nadzemni energetski vodi, ki so se ob žledu januarja 1997 tudi porušili.

Ena od najhujših naravnih ujm na Zaplani je ravno dlje časa trajajoči žled, ki ob vetrovnem vremenu nastaja na obstoječi snežni odeji. Žledenje v primeru kopnih tal povzroči manj nevšečnosti kot v primeru snežne odeje, ki se ob žledu spremeni v ledeno odejo. Žled naredi v gozdovih veliko škode zlasti na asimetrično rastočem drevju, denimo na bukvah, ki so se kot senč-

na drevesna vrsta sposobna prebiti do svetlobe, pri tem pa oblikujejo bolj ali manj ukrivljena debla. Drevju stresanje vej ne pomaga in povzroči le še večjo škodo. Pri žledu velja pravilo, da bolj prizadene obljudena območja, ker naredi škodo na objektih.



Slika 18. Žled lokalnega značaja na Spodnji Zaplani 1. januarja 2006 (Foto: M. Gustinčič).

Figure 18. Localized glaze ice on Zaplana on 1th January 2006 (Photo: M. Gustinčič).

Zaključki

V članku je predstavljen primer zasebne meteorološke postaje Zaplana ter raziskovanje lokalnih vremenskih posebnosti in lokalnega podnebja. Rezultati nekajletnih meritev omogočajo grobo primerjavo povprečnih razmer na Zaplani z razmerami na uradnih meteoroloških postajah. Zaplana glede na primerljive meteorološke postaje v okolici izstopa predvsem po pogostnosti megle pozimi, ki vpliva na temperaturne razmere in posledično na ostale vremenske pojave (ivje, žled). Kraški relief Zaplane s številnimi kraškimi kotanjami omogoča raziskovanje mrazišč, ki bodo podrobneje predstavljena v prihodnji številki glasila Vetrnica.

Viri

Digitalni arhiv meteoroloških podatkov Agencije RS za okolje. Medmrežje 1: <http://meteo.arso.gov.si/met/sl/app/webmet/>

Medmrežje 2: <ftp://ftp.ncdc.noaa.gov/pub/data/techrpts/tr200201/tr2002-01.pdf> (7.9.2010)

Medmrežje 3: <http://meteo.arso.gov.si/uploads/probase/www/climate/text/sl/stations/rovte.pdf> (7.9.2010)

Medmrežje 4: http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/index.php?subset=AERONET_Venise (7.9.2010) set (HadSLP2): 1850-2004. J. Climate., 19, 5816-5842

Medmrežje 5: <http://www.slometeo.net/petkovec/current.html> (12.9.2010)

Medmrežje 6: <http://www.slometeo.net/logatec/vreme.html> (12.9.2010)

Okolje se spreminja

Podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje

Tanja Cegnar, Agencija RS za okolje

Novembra 2010 je izšla publikacija Agencije Republike Slovenije za okolje z naslovom *Okolje se spreminja: podnebna spremenljivost Slovenije in njen vpliv na vodno okolje*. V njej se 20 strokovnjakov s področja okolja posveča pereči temi podnebnih sprememb, ki je še posebej v zadnjem času zelo aktualna. Strokovno zasnovana publikacija je bogata s fotografijami, dodane pa so tudi kratke misli s ključnimi sporočili o prihodnosti našega planeta.

Na Agenciji Republike Slovenije za okolje je veliko dejavnosti posredno ali neposredno vezanih na spremljanje sprememb, preučevanje njihovih posledic in medsebojnih učinkov na različnih področjih, zato je tudi v publikaciji problematika podnebnih sprememb predstavljena skozi več vsebinskih sklopov; posebna pozornost pa je namenjena povezavi med vodnim okoljem in podnebjem.

Dvig povprečne temperature zraka, vremenski in podnebni ekstremi so samo peščica pokazateljev spreminjanja podnebja, čemur v veliki meri botruje človek z izpuščanjem toplogrednih plinov. Na dejstvu, da je potreba po prilagajanju na podnebne spremembe ob takšnih razmerah vse večja, temelji začetna razprava, prav tako pa je to tudi ena ključnih idej knjige, saj je prilagajanje glavna osnova za zagotavljanje varnejše prihodnosti.

Če želimo razumeti vpliv posameznih dejavnikov na podnebje in predvideti, kakšno bo podnebje »jutri«, moramo zelo dobro vedeti tudi, kaj se je z njim dogajalo v preteklosti; predstavljen opis spremljanja podnebja skozi čas je tako precej obsežen; poudarek je na kakovostnem homogenem nizu podnebnih podatkov, ki je ključnega pomena za analizo podnebja v preteklosti, danes in v prihodnosti.

Pomemben del publikacije se posveča prikazu, kako se posledice podnebnih sprememb odražajo v hidrološkem stanju voda. Podrobneje so obravnavane ekstremne razmere, kot so suše in poplave, vzroki za nastanek teh pojavov ter trendi na podlagi opazovanj in meritev hidrološke merilne mreže. Spremembam v zadnjem obdobju vedno bolj podlegajo tudi pretočni režimi, prav tako pa velik problem predstavlja taljenje ledu. Analiza podatkov z vodomerne postaje Agencije RS za okolje kaže upadanje števila dni z ledom na Bohinjskem jezeru, ki se je v zadnjih petindvajsetih letih znatno ogrelo. Ogrožene pa niso le celinske vode. V okviru povezave med višinami morja in podnebnimi spremembami je podana ocena ogroženosti ter predstavljen sodoben monitoring višin morja za spremljanje podnebnih sprememb. Poseben del je namenjen podnebnim storitvam. Poudarek je na podnebnih informacijah, ki so prilagojene uporabnikom in upoštevajo posebnosti posameznih gospodarskih dejavnosti ter tako bistveno prispevajo k varnosti in gospodarnejšemu poslovanju.

Sklop kmetijstva predstavlja problem ranljivosti na podnebne spremembe ter prizadevanje za zmanjševanje tveganja suše v tem gospodarskem sektorju. Zapomnili si bomo tudi poletna neurja v letu 2009, ki so na porečjih Save in Drave



povzročila precejšnjo škodo. Podrobno so opisani intervencijski ukrepi po neurjih in načrtovanje novih objektov vodne infrastrukture za preprečitev škode ob morebitni ponovitvi neurja.

Med drugim je vedno bolj aktualno vprašanje za obstoj človeštva tudi, kakšno vodo bomo pili v prihodnosti. Glavni cilj projekta »Climate change and impacts on water supply« je tako ocena vpliva podnebnih sprememb na oskrbo s pitno vodo na območju Alp, srednje in spodnje Donave ter na območju Jadranskega morja. Predstavljeni so pričakovani rezultati v okviru slovenskega prispevka.

Zadnje poglavje nam s pomočjo projekcij podnebnih sprememb do konca 21. stoletja za Slovenijo in njeno širšo okolico celovito prikazuje, koliko vemo o podnebjem v prihodnosti.

»Okolje se spreminja« je ključno in neizogibno dejstvo. Vezni člen med trinajstimi prispevki strokovnjakov pa je tudi sporočilo, da je Zemlja ena sama in da je potrebno ukrepati čim prej, če ne želimo, da se nam čas »prehitro izteče«.

Spremenljivost podnebja v Sloveniji

Mojca Dolinar, Agencija RS za okolje



V začetku leta 2009 smo na Agenciji za okolje začeli z obsežnim projektom z naslovom **Spremenljivost podnebja v Sloveniji**. Namen projekta je preveriti kvaliteto in veljavnost vseh klimatoloških meritev in ugotoviti ter odpraviti znatne vplive sprememb merilnih mest na časovne nize. Šele na tako preverjenih in homogeniziranih nizih bomo analizirali spremembe podnebja v Sloveniji v zadnjih šestdesetih letih.

Preverjanje in homogenizacija podnebnih nizov sta časovno zahtevna procesa in končni rezultati projekta bodo na voljo konec leta 2012. Na podlagi prvih rezultatov pa lahko že potegnemo nekaj zaključkov o spreminjanju podnebja pri nas v zadnjih desetletjih. Rezultate smo zbrali v brošuri z naslovom **Spremenljivost podnebja v Sloveniji**, ki je izšla decembra 2010. V njej so zbrani temperaturni in padavinski trendi v krajih, ki predstavljajo posamezne podnebne regije Slovenije. Posebej smo obravnavali spreminljivost podnebja v Ljubljani in na Kredarici. Za Ljubljano imamo namreč izjemno dolg niz meteoroloških meritev (160 let), Kredarica pa predstavlja visokogorske razmere, kjer so podnebne spremembe in posledice pogosto drugačne kot po nižinah.

Vode v Sloveniji

Ocena stanja voda za obdobje 2006-2008 po določilih okvirne direktive o vodah

Jože Uhan, Agencija RS za okolje



Agencija RS za okolje je deset let po sprejetju direktive o vodah (Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2000), ko se začenja obdobje prvega načrta upravljanja voda, pripravila publikacijo, ki predstavlja rezultate ocene stanja voda v Sloveniji. Po določilih omenjene direktive so v publikaciji za obdobje 2006-2008 podani rezultate ocene kemijskega in ekološkega stanja površinskih voda ter količinskega in kemijskega stanja podzemnih voda. Podane so tudi ocene stanja voda na območjih s posebnimi zahtevami varovanja voda.

V publikaciji so izpostavljeni problemi stanja površinskih in podzemnih voda, ki bodo v prihodnje terjali posebno pozornost. Pri površinskih vodah je izpostavljeno slabo ekološko stanje na 38 % ocenjevanih vodnih teles, zmerno stanje Blejskega jezera, eutrofikacija vodnih zadrževalnikov vzhodne Slovenije in slabo kemijsko stanje morja zaradi tributitkositrovih spojin. Pri podzemnih vodah so kljub splošni oceni dobrega količinskega stanja omenjeni nekateri lokalni trendi zniževanja gladin podzemnih voda in lokalno občasno pomanjkanje pitne vode v sušnih mesecih, izpostavljeno pa je slabo kemijsko stanje podzemnih voda v Savinjski, Dravski in Murski kotlini.

Publikacija podaja celovit in zgoščen pregled stanja slovenskih voda, ki predstavlja izhodišče načrtovalnemu procesu na področju upravljanja voda v Sloveniji.

POMEMBNEJŠI DOGODKI

APRIL

5.–8. APRIL 2011, NORRKOPING, ŠVEDSKA

Joint HIRLAM 2011 and 21th ALADIN Workshop

http://hirlam.org/index.php?option=com_content&view=article&id=93:joint-asm-2011-and-21th-aladin-wk

14. APRIL 2011, DARMSTADT, NEMČIJA

EUMETNET NWP SAF Scaterometer Data Assimilation Workshop

<http://www.conferences.eumetsat.int/conferences/>

MAJ

23.–27. MAJ 2011, DARMSTADT, NEMČIJA

EUMETCAL/EUMeTrain Basic Satellite Meteorology Course

<http://www.eumetcal.org/the-european-virtual-organisation/courses-and-workshops/article/eumetcal-eumetrain-basic-satellite>

23.–27. MAJ 2011, AVIEMORE, VELIKA BRITANIJA

International Conference on Alpine Meteorology

<http://www.alpine-meteorology.org/>

JUNIJ

6.–9. JUNIJ 2011, LECCE, ITALIJA

MedCLIVAR Final Conference Mediterranean Climate From Past to Future

www.medclivar.eu

AVGUST

28. AVGUST–1. SEPTEMBER 2011, SALZBURG, AVSTRIJA

Climate Change in High Mountain Region

<http://www.zamg.ac.at/veranstaltungen/125jahresonnblick/>

SEPTEMBER

6.–9. SEPTEMBER 2011, READING, VELIKA BRITANIJA

ECMWF 2011 Annual Seminar: Data assimilation for atmosphere and ocean

http://www.ecmwf.int/newsevents/meetings/annual_seminar/2011/index.html

5.–9. SEPTEMBER 2011, OSLO, NORVEŠKA

2011 EUMETSAT Meteorological Satellite Conference

<http://www.conferences.eumetsat.int/conferences/>

12.–16. SEPTEMBER 2011, BERLIN, NEMČIJA

11th EMS Annual Meeting and 10th European Conference on Applications of Meteorology

<http://meetings.copernicus.org/ems2011>

OKTOBER

3.–7. OKTOBER 2011, MAJORKA, ŠPANIJA

6th European Conf. on Severe Storms, ECSS 2011

<http://www.essl.org/ECSS/2011/>

10.–14. OKTOBER 2011, ESTONIJA

EWGLAM /SRNWP meeting

http://hirlam.org/index.php?view=details&id=69%3Aewglamsrnwp-meeting&option=com_eventlist&Itemid=78

12.–14. OKTOBER 2011, EDINBURGH, VELIKA BRITANIJA

ECSN Data Management Workshop 2011

<http://www.metoffice.gov.uk/conference/ecsn-workshop/>



Poplava septembra 2010 na sotočju Save in Krke (Foto: Janez POLAJNAR).

SPONZORJI, KI SO OMOGOČILI IZID VETRNICE:



AMES d.o.o.

Jamova 39
1000 Ljubljana



ARSO

Vojkova ul. 1/b
1000 Ljubljana



Klaro d.o.o.

Peruzzijeva ulica 84b
1000 Ljubljana



REALIZACIJA GRAFIČNIH IDEJ

Solos d.o.o.

Dunajska cesta 114
1000 Ljubljana