



Šta su tačno...

Klimatske promene

HARTMUT GRASL

S nemačkog prevela
Gordana Drinić

■ Laguna ■

Naslov originala:
Hartmut Graßl
Klimawandel

SADRŽAJ

Copyright © 2007 Verlag Herder GmbH, Freiburg
im Breisgau
Translation copyright © 2011 za izdanje
na srpskom, LAGUNA

1. Uvod	9
2. Klimatske promene – izazov našeg veka	15
„Da postoje klimatske promene koje je izazvao čovjek, to nije dokazano.“	15
Dosadašnja istraživanja	
„Ko ne može da prognozira vreme za nekoliko nedelja, ne treba da daje ni klimatske prognoze!“	20
Klimatske prognoze moraju samo da pogode vremensku statistiku	
3. Uticaj čoveka	23
„Klima se uvek menjala.“	23
Živimo u klimatskom stanju bez sličnosti sa ijednim u (novijoj) istoriji Zemlje	
„Sve nam to Sunce čini!“	27
Zagrevanje u proteklm decenijama ne potiče od Sunčevog zračenja	

„Apsorpcija ugljen-dioksida je već zasićena“	31
Mit o zasićivanju	
„Promena klime je posledica zagađenja vazduha“ . . .	35
Zagađenje vazduha je za sada zaustavilo prosečno globalno zagrevanje	
„Promena klime je posledica ozonske rupe“	42
Porast količine ozona u donjoj atmosferi više menja klimu nego ozonska rupa	
4. Dejstva klimatskih promena	49
„Topliji svet je zeleniji“	49
Neki imaju višak padavina, mnogi pak manjak	
„Povećana količina ugljen-dioksida pospešuje prinose“	57
Značaj ugljen-dioksida u „đubrenju“ je samo delimično shvaćen	
„Golfska struja se prekida“	65
Da li Evropa postaje hladnija, uprkos zagrevanju sveta?	
„Na Alpima uskoro neće biti glečera“	69
Planinska područja reaguju posebno osetljivo	
„Močvarne nizine i megapolisi na obalama biće poplavljeni“	72
Decenije koje dolaze odlučiće o postojanju gradova na obalama u narednim vekovima	

„Vremenskih ekstrema će svuda biti više“	77
Jedna od najvećih pretnji zbog klimatskih promena	
„Zaštita klime dovodi do ekonomske recesije“	84
Jeftinije je sprečiti nego uklanjati štete	
5. Kako dalje u pogledu klimatskih promena?	89
„Kjoto-protokol guši ekonomiju“	89
Šanse i problemi jedne međunarodne klimatske politike	
„Klimatska politika se usmerava protiv zemalja u razvoju“	102
Mogućnost stimulacije razvoja	
„Ako Kina i Indija nastave s ovakvim rastom, klimatske promene su neizbežne“	105
Za naredne decenije klimatske promene koje izazivaju industrijske zemlje unapred su programirane	
„Svesno intervenisanje u klimatski sistem bi moglo biti rešenje“	108
Geo-inženjering – manipulacija uz polovično znanje	
„Obnovljive energije nikada ne mogu garantovati snabdevanje energijom!“	112
Fizika daje prednost Suncu	

6. Put u drugu solarnu eru	123
„Štedeti energiju je beskorisno“	123
Rešenje čine energetska efikasnost i obnovljive energije	
„Eko-porezom samo žele da nas izmuzu“	128
Sprovoditi načelo uzročnika	
„Bez nafte je našem snabdevanju energijom došao kraj“	134
<i>Peak oil</i> kao šansa za zaštitu klime	
„Zemlje u razvoju moraju da se suzdržavaju“	138
Globalna odgovornost industrijskih zemalja	
Dodatak	145
Odabrana literatura	145
<i>O autoru</i>	147

1. Uvod

Klima jednog područja određuje da li na njemu može da živi veći broj ljudi. Jer, tri najvažnija klimatska parametra, a to su Sunčeva energija, energija oblaka, voda koju oni ispuštaju kao i karakteristike vegetacije, jesu i najvažniji parametri za naše preživljavanje. Bez Sunčeve toplote, bez slatke vode i bez hrane koju stvaraju biljke, za nas na kopnu nema životnog prostora. Pošto su različiti delovi naše planete – atmosfera, vegetacija, tlo, kamenje i okean – u neprekidnom uzajamnom dejstvu, čak ni pored skoro nepromenljive veličine Zemlje i dugoročno stabilne srednje putanje oko Sunca, klima nije postojana. Jednostavno, klimatska promenljivost je velika. Nakon jednog vrelog leta može uslediti hladnija ili blaža zima, cela jedna decenija može biti mnogo vlažnija od prethodne. Tamo gde na primer, pšenica ove godine, sazreva ranije nego što bi trebalo, prethodne je možda bila pod vodom.

U poređenju sa Marsom i Venerom, planeta-ma sličnim našoj, Zemlju okružuje atmosfera sasvim drugačijeg sastava. Dok na susednim planetama ugljen-dioksid čini više od 90 odsto svih molekula atmosfere, u Zemljinoj atmosferi u međuledenim periodima, kao u

**KLIMA: GLAVNI
PARAMETAR ZA
PREŽIVLJAVANJE**

**OSOBENOST
ZEMLJINE
ATMOSFERE**

trenutnom holocenu, on čini svega 0,03 odsto, a u periodima intenzivnog zaleđivanja svega 0,02 odsto njenog sastava. Vodene pare na Veneri i Marsu gotovo da i nema, ali zato u Zemljinoj atmosferi ona u atmosferskoj masi učestvuje u proseku sa tri promila (0,3 odsto).

SUPSTANCE U TRAGOVIMA DOMINIRAJU U UKUPNOM ZRAČENJU

Druga osobenost: 99,96 odsto suvog vazduha, to jest azot, kiseonik i plemeniti gas argon, jedva ili uopšte ne apsorbuju Sunčevu energiju kao ni toplotu koju odbija zemljina površina, tako da supstance prisutne u tragovima odlučuju o tome koliko će Sunčeve energije prodreti do zemljine površine i o količini toplote koja će biti reemitovana u svemir. Sve ove supstance zajedno – vodena para, tečna voda i led iz oblaka, lebdeće čestice, ugljen-dioksid, ozon, azot-suboksid (gas smejavac), metan i ugljen-monoksid – čine svega tri promila atmosferske mase, a ipak imaju presudnu ulogu u ukupnom zračenju naše planete.

UTICAJ ČOVEKA

Preko promenljivih koncentracija supstanci prisutnih u tragovima u atmosferi, čovečanstvo ima mogućnost da postane globalni tvorac klime. Ako, na primer, udvostručimo sadržaj ugljen-dioksida sa 280 milionitih zapreminskih delova (ppm = *part per million*) iz preindustrijskog razdoblja na 560 ppm, tem-

peraturu na zemljinoj površini podižemo za oko 3°C (IPCC, 2007). Time istovremeno sadržaj kiseonika u atmosferi umanjujemo samo sa 20,95 na oko 20,92%, dakle u meri koja je za nas neprimetna.

Tri stepena celzijusa srednjeg zagrevanja na Zemljinoj površini je sigurno više nego polovina temperaturne razlike između intenzivnog zaleđivanja – kada je skandinavski ledeni pokrivač dopirao do severne Nemačke – i najtoplijeg dela našeg međuledenog perioda od pre oko 6.000 godina, kada je u proseku za oko 1°C bilo toplije nego u preindustrijskom razdoblju. Pošto bismo bez mera za smanjivanje emisija dugoopstajućih gasova u tragovima kao što su ugljen-dioksid, opojni gas (smejavac) i metan još u 21. stoleću lako mogli postići udvostručavanje ekvivalentnog sadržaja ugljen-dioksida, time bi se u samo jednom veku desilo ono što bi se inače najbrže odvijalo najmanje nekoliko hiljada godina. Ubrzana promena temperature, koja je postala naš središnji problem, dovela nas je u stanje za kakvo nema primera u istoriji klime. O ekvivalentnom sadržaju ugljen-dioksida se može govoriti zato što se dejstvo drugih gasova na ukupnost zračenja u poređenju sa ugljen-dioksidom može pouzdano izračunati, i zato što je poznato i njihovo vreme zadržavanja u atmosferi sa greškama

UBRZAVANJE PORASTA TEMPERATURE

koje su daleko ispod deset procenata. Time se njihovo dejstvo zagrevanja u odnosu na ugljen-dioksid može izračunati relativno bez velikih grešaka.

**PROBLEMI
KOMUNIKACIJE**

Na početku novije sveopšte rasprave o klimatskim promenama koje izaziva čovek, pre oko dvadeset pet godina, u celom svetu bilo je vrlo malo naučnika koji su na osnovu svog obrazovanja mogli da ocene veličinu problema. Njima nasuprot bile su i sopstvene i druge discipline. Oni koji su odlučivali hteli su da ih strpaju u isti koš sa „šarlatanima“. U najboljem slučaju bi povećavali istraživački proračun, a mere bi preduzimali tek nakon dobijanja čvrstih činjenica. Međutim, kvalitet takvih činjenica koje dobijamo istražujući međusobne veze na našoj planeti nikada nije onakav kakav poznajemo kod pojedinih parametara u okviru tehničkih sistema. Zbog toga se – kao kod svih velikih tema koje iznuđuju promene u političkom ponašanju – najčešće šire bezopasne parole koje je lako pobiti, ili se ciljano podrivaju naučni nalazi.

**NEUSPEH
MEDIJA**

Kada je reč o složenim temama globalnih promena, treba dodati da su mediji tu potpuno zatajili ili da često zloupotrebljavaju ove teme. Kao naučniku sa sopstvenim istraživačkim iskustvom u oblasti transfera zračenja u atmosferi i dejstva gasova i lebdećih

čestica (aerosola) u vazduhu i te kako mi je poznat jaz između procenjivog znanja i prikaza u javnosti. On biva sve veći što je tema značajnija. Prema tome, taj bi jaz kod klimatskih promena koje izazivamo mi ljudi trebalo da bude posebno velik. Tamo gde je nivo savetovanja nizak ili uopšte nedostaju institucionalne strukture za savetovanja između naučnika, taj jaz se širi sve do redova državnih predsednika. Ali često ni politički uistinu nezavisni mediji ne mogu da razlikuju solidan naučni nalaz od pogrešnih informacija kojima diriguju interesne grupe, ili od preterivanja u dilemama koje još uvek postoje. Mnogi mediji, koji su pod uticajem politike, pri tome rade svesno selektivno.

Ipak, 2007. godine, najveći problem za čovečanstvo u 21. veku dospeo je na najviše nivo politike, bio je u centru pažnje na samitu Grupe G-8 u junu 2007. u Hajligendamu.

2. Klimatske promene – izazov našeg veka

„Da postoje klimatske promene koje je izazvao čovek, to nije dokazano.“

Dosadašnja istraživanja

Verovatno nijedna druga disciplina ne prolazi toliko strog proces naučnog procenjivanja, koje se vrši širom sveta pod nadzorom Ujedinjenih nacija, kao što je to slučaj sa klimom i klimatskim dejstvom. Od kako je u novembru 1988. uspostavljen Međuvladin panel o klimatskim promenama posredstvom dve ustanove Ujedinjenih nacija, i to Svetske meteorološke organizacije (SMO) u Ženevi, i Programa Ujedinjenih nacija za životnu sredinu (UNEP) u Najrobiju, sistem procenjivanja se razvio do razmera kakve do sada nismo poznavali. Kao autori i oni koji mogu dati neki doprinos, uključeni su skoro svi ugledni naučnici iz mnogih pojedinačnih disciplina, a u određivanju mogućih saradnika i stručnjaka do

NIJEDNA
DISCIPLINA
NE VRŠI
PROCENE
SA TAKVOM
STROGOŠĆU

čijih se stavova i mišljenja drži u određenim granama, učestvuju i vlade. Uz to se zaključci o infrastrukturi koja je bila predmet procene odobravaju konsenzusom svih nacija, rečenicu po rečenicu. Samo na taj način postoji Okvirna konvencija Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama, međunarodno-pravno obavezujući Kjoto-protokol, koji je deo nje, i pregovori o međunarodno-pravno obavezujućem dodatnom protokolu za period posle 2012. godine.

GLOBALNO ZAGREVANJE

Radna grupa I „Nauka o klimi“ Međuvladinog panela o klimatskim promenama (*Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC*) 2. februara 2007. sažela je svoj četvrti evaluacioni izveštaj o klimatskim promenama za donosioce odluke na sledeći način: „Postoji ogromno poverenje u izjavu da se kod globalnog prosečnog neto efekta svih aktivnosti čovečanstva od 1750. godine radi o zagrevanju sa jačinom zračenja kod klimatskih promena od +1,6 (+0,6 do +2,4).“

Tome su pre svega doprineli povišena koncentracija ugljen-dioksida, koja trenutno sačinjava 77 odsto uvećanja za dodatni efekat staklene bašte. Ali značajni su i metan i halogenizirani ugljovodonici, npr. hlorofluorokarbonati i gas smejavac. Pozitivna neto jačina zračenja se umanjuje s povećanim za-

Jačina zračenja je mera za uticaj nekog klimatskog faktora na ravnotežu između primljene i reemitovane energije sistema Zemlja/atmosfera. Ona ukazuje na značaj određenog činioca kao potencijalnog mehanizma za klimatske promene. Ovde se vrši poređenje sa klimatskim stanjem pre industrijalizacije; podaci se izražavaju u gustinama toka zračenja, dakle energija u jedinici vremena po određenoj površini, to jest vat po metru kvadratnom (Wm^2).

mućenjem vazduha u mnogim industrijskim i zemljama u razvoju, jer ono prouzrokuje jače reemitovanje Sunčeve energije u svemir.

Zbog složenosti klime, u nauci postoje još mnoga otvorena pitanja. Srazmerno visoka ulaganja u istraživačka sredstva u nekim slučajevima, međutim, omogućila su barem delimične odgovore. Primeri takvih delimičnih odgovora za dve protekle decenije, koji se mogu potkrepiti brojkama, jesu sledeći:

Istorija klime proteklih 750.000 godina ukazuje na cikluse ledeno doba/međuledeni period u trajanju uglavnom od 100.000 godina, koji nastaju usled promenljive Zemljine putanje oko Sunca i koji kroz reakciju otpornih gasova staklene bašte – ugljen-dioksida

OTVORENA
PITANJA

CIKLUSI
LEDENO DOBA/
MEĐULEDENI
PERIOD

(CO₂), gasa smejavca (N₂O) i metana (CH₄) uzrokuju globalno zagrevanje ili zahlađenje, mada odlučujući podstrek daju kontinentalne mase i ledene površine mora severne polulopte. Dosad je neobjašnjiv mehanizam zašto se u međuledenim periodima koji traju oko 500.000 godina uvek pojavljuje oko 280 milionitih zapreminskih delova (ppm) ugljen-dioksida (CO₂).

NAGOMILAVANJE UGLJENIKA

Nagomilavanje ugljenika terestrične biosfere, dakle, života iznad i ispod tla površine Zemlje, uprkos iskrčivanju šuma i uglavnom zbog povećanog sadržaja CO₂, u ukupnom je porastu. Međutim, mi ne znamo tačno kada će ulegnuće terestrične biosfere za antropogeni ugljenik, dakle ono koji potiče od ljudi, zbog još jačih klimatskih promena postati dodatni izvor ugljen-dioksida.

KRUŽENJE VODE NA ZEMLJI

U kruženju vode na Zemlji postoje dve pozitivne povratne sprege, koje su od fundamentalnog značaja za cikluse ledeno doba/međuledeni period: početno zagrevanje ili hlađenje pojačava se sa smanjenjem ili povećanjem svetlih snežnih i ledenih površina. Prilikom hlađenja ili zagrevanja tokom povećanja ili smanjenja otpornih gasova staklene bašte, najvažniji gas staklene bašte, vode na para, dalje umanjuje ili povećava efekat staklene bašte. U svakom slučaju, mi ne po-

znajemo mehanizam koji je, uprkos obema pozitivnim povratnim spregama u kruženju vode, sprečio galopirajući efekat staklene bašte i stvaranje od Zemlje ledene kugle.

Brza *globalna* klimatska zagrevanja bez čovekovog uticaja javljaju se prvenstveno na prelazu iz jednog intenzivnog zaleđivanja visokih geografskih širina u međuledeni period. Potom dolazi do srednjeg globalnog zagrevanja 4–5°C u trajanju od oko 10.000 godina, koje se, međutim, ne odvija stalno. Još uvek nije poznato kako se izaziva oscilacija velikih ledenih oblasti unutar intenzivne faze ledenog doba, koja dovodi do snažnih regionalnih klimatskih promena kao što je, na primer, zaustavljanje preokretanja toka struja u severnom Atlantiku.

GLOBALNA KLIMATSKA ZAGREVANJA