

Još vrelije od 2°C



Mladi
istraživači
Srbije

Volonterski servis Srbije

Još vrelije od 2°C

Oktober 2009.

Dr Katja Friler
Dr Malte Majnshauzen
Dr Bil Her

Autori

Dr Katja Friler (*katja.frieler@pik-potsdam.de*), matematičarka. Doktorirala je na temu „Fizika atmosfere“ na Univerzitetu u Potsdamu. U toku doktorskih studija radila je na Institutu „Alfred Vegener“ za polarna i pomorska istraživanja (AWI, Potsdam) na hemijskom modeliranju gubitaka stratosfere polarnog ozona. Član je istraživačke grupe PRIMAP (Potsdam Real-Time Integrated Model for probabilistic Assessment of emission Path – Potsdamov realni integrisani model za procenu verovatnoće putanje emisije) na Institutu za istraživanje klimatskih uticaja (PIK) u Potsdamu. Trenutno se radi na statističkim pristupima regionalnim klimatskim projekcijama.

Dr Malte Majnshauzen je doktorirao na temu „Nauka i politika o klimi“. Diplomirao je u oblasti nauke o okolini na Švajcarskom tehnološkom institutu u Švajcarskoj. Godine 2000. magistrirao je u oblasti promena i kontrole u životnoj sredini na Univerzitetu u Oksfordu, u Velikoj Britaniji. Pre nego što se septembra 2006. priključio Institutu za istraživanje klimatskih uticaja u Potsdamu, bio je postdoktorant u Nacionalnom centru za atmosfenska istraživanja u Bolderu, u Koloradu, SAD. Jedan je od autora nekoliko poglavlja Četvrtog izveštaja o procenama Međuvladinog panela o klimatskim promenama (AR4 IPCC). Trenutno rukovodi istraživačkom grupom PRIMAP PIK.

Dr Bil Her (*bill.hare@climateanalytics.org*), fizičar i naučnik u oblasti zaštite životne sredine, sa više od dvadeset godina iskustva u nauci i u vezi sa uticajima i odgovorima na klimatske promene i uništavanje stratosferskog ozona. Her je glavni autor izveštaja IPCC „Klimatske promene 2007: Ublažavanje komponenta klimatskih promena u Četvrtom naknadnom izveštaju o procenama (AR4)“. Takođe se istakao u oblasti dugoročnih problema i napisao članak UNFCCC u Sveobuhvatnom izveštaju AR4 IPCC. Dobitnik je počasnog naučnog doktorata Univerziteta „Merdok“ 2008. zbog svog doprinosa problemu klimatskih promena. Jedan je od najiskusnijih stručnjaka u oblasti međunarodne klimatske politike, i aktivno učestvuje u pregovorima od 1990. Savetnik je raznih delegacija i uglednih političara u nauci o klimi i strategiji klimatske politike. Trenutno je jedan od rukovodilaca istraživačke grupe PRIMAP i urednik veb sajta Analitičari klime (*www.climateanalytics.org*).

Uvod: Savez se širi

Nacije sveta dogovorile su se da se „spreči opasno antropogeno mešanje u klimatski sistem“ (član 2 Osnovne povelje Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama¹) davne 1992. Međutim, donedavno, većina nacija nije se složila oko toga šta to zapravo znači. Tokom protekle godine, povećala se grupa zemalja koje su se ujedinile sa zajedničkim ciljem da globalno zagrevanje ograniče na 2°C ili 1,50°C i sada se sastoji od 133 države². U junu 2009. čak su se i SAD složile sa ciljem G8 da ograniče globalno zagrevanje na 2°C. Grupa zemalja koja čini 80 odsto svetske populacije⁴ u 2005. godini i koja poziva na ograničenje zagrevanja na 2°C odgovorna je za oko 75 procenata emisije³ globalne energije i emisije CO₂ povazanog sa industrijom.

Dobra vest za Kopenhagen?

Ovo je dobra vest, jer ovakvo ograničenje zagrevanja može direktno odrediti koliko zagađenja još uvek možemo sebi da priuštimo a da ne predemo prag. Količina ukupne emisije je jeste definisana, mada se i dalje pregovara o tome kako će se ta količina podeliti između zemalja i koji je vremenski okvir predviđen za to. Ali, tu se dobre vesti završavaju.

Iako pozivaju na ograničenje od 2°C, države i dalje žele za sebe preveliko parče kolača. Drugim rečima, obećanja planirana za Kopenhagen ne vode nas tamo kuda bi trebalo da se uputimo: prema emisiji ugljen-dioksida koja teži nuli na kraju ovog veka.

Činjenice koje slede imaju za cilj da razjasne šta zapravo znači ograničenje od 2°C (Odeljak 1) i kakve su šanse da održimo zagrevanje ispod ovog praga. Počecemo kratkim razmatranjem rasprave o tome da li moramo da pređemo 2°C (Odeljak 2). Potom ćemo razmotriti šta ova brojka znači za ukupnu količinu emisije – našu dozvoljenu emisiju (Odeljak 3), pre nego što se dotaknemo toga kako bismo mogli da podelimo odgovornosti (Odeljak 4). Na kraju ćemo napraviti presek trenutnog stanja pregovora, odnosno razmotriti na šta se trenutno svode obećanja država (Odeljak 5).

Odeljak 1: Objašnjenje 2°C

Kako se došlo do 2°C

Na osnovu postojećih naučnih dokaza o ozbiljnim uticajima na životnu sredinu u pojedinim regijama, do kojih se došlo krajem osamdesetih godina, savetodavna grupa koju su oformili Svetska meteorološka organizacija, Savet međunarodne naučne zajednice i Program Ujedinjenih nacija za životnu sredinu preporučila je 2°C globalnog srednjeg zagrevanja površina iz preindustrijskog nivoa kao „gornju granicu iznad koje se očekuje da će se rapidno povećati rizici od teških oštećenja ekosistema, i to nesagledivih posledica“⁵. Kasnije, Nemačko savetodavno veće za globalne promene⁶ preporučilo je ograničenje od 2°C na osnovu ideje da zagrevanje treba zadržati u granicama poznatim u nedavnim toplim periodima (interglacijalima). Godine

1996, nakon razmatranja Naknadnog izveštaja o procenama koji je načinio IPCC (Međuvladin panel o klimatskim promenama)⁷, koji je istakao ozbiljne uticaje koji se mogu očekivati ukoliko zagrevanje pređe 2°C, Evropska unija je prvi put uvela ograničenje od 2°C kao cilj.

Da li je 2°C naučno opravdan cilj?

Da li je 2°C naučno opravdan ili neopravdan cilj? Ni jedno ni drugo. To je politički cilj baziran na nauci, kao što je ograničenje brzine u automobilskom saobraćaju. Svaki takav cilj je vrednosni sud kreatora takve politike, a nadamo se da je zasnovan na verodostojnom predviđanju posledica izostanka ograničenja globalnog zagrevanja većeg od 2°C. Uz sve obimnija naučna saznanja, kako se tvrdi u Četvrtom naknadnom izveštaju (AR4) o procenama IPCC, teško je zaključiti bilo šta osim da sprečavanje „opasnog antropogenog mešanja u klimatski sistem“ znači ograničavanje globalnog zagrevanja za najviše 2°C, a verovatno i za mnogo *manje* od toga.

S jedne strane, neki opravdano tvrde da je današnji uticaj klimatskih promena već postao opasan (npr. setimo se žrtava toplotnog talasa u Evropi 2003. godine^{9,10}). Iako smo do sada bili suočeni sa relativno blagim globalnim zagrevanjem od 0,8°C, svedoci smo nezapamćenog masovnog izbeljivanja koralna izazvanog neobično visokim temperaturama mora¹¹, nezapamćenih talasa vrućine i porasta destruktivnih tropskih ciklona povezanih sa rastom temperature na površini mora¹².

S obzirom na informacije iz Četvrtog naknadnog izveštaja IPCC i na ono što je primećeno i objašnjeno od tada, sistem vrednosti koji bi pozivao na bilo kakvo ograničenje manje od 2°C izgleda da se graniči sa apsurdom. Neregistrovanje uticaja kao što su potpuno izumiranje koralnih grebena, još jače suše u Mediteranskoj oblasti¹³, naglo isušivanje tla na jugozapadu SAD¹⁴, verovatno još intenzivniji cikloni¹⁵ ili gotovo nezaobilazan ozbiljan porast nivoa mora na duge staze¹⁶ kao „opasnih“ sigurno bi bio vrednosni sud. Ali to najverovatnije nije mišljenje koje bi delila većina.

2°C nije bezbedno ograničenje

Naravno, 2°C nije bezbedno ograničenje. Zato 80 najugroženijih zemalja u razvoju poziva na ograničenje globalnog zagrevanja na manje od 1,5°C, umesto manje od 2°C. Ova grupa obuhvata Savez malih ostrvskih država (AOSIS) i grupu najmanje razvijenijih zemalja (LDC), koje su najosetljivije na klimatske promene. Za ove zemlje, čak i globalno zagrevanje od 2°C može da prouzrokuje nemerljivu štetu. Dugoročni porast nivoa mora verovatno će ugroziti ostrva koja su tik iznad nivoa mora, čak i ako se zadržimo na ograničenju od 2°C.

Na ovom nivou zagrevanja, ako ne i pre, arktički lednici koji se leti tope će verovatno nestati, a samim tim i jedinstveni ekosistemi i vrste koje zavise od leda, kao što je polarni medved. Ne možemo isključiti mogućnost da nastupi ubrzano topljenje lednika na Grenlandu i otapanje ledenog pojasa zapadnog Antarktika i uz ograničenje manje od 2°C, što bi preplavilo naseljene delte reka i obalska područja širom Zemlje u narednim vekovima. Ograničenje globalnog zagrevanja na manje od 2°C svakako bi pomoglo da se izbegnu najgore posledice. Dakle, najčešće se smatra da je 2°C granica bez koje bismo se suočili sa ogromnim rizicima.

Odeljak 2: Može li se izbeći 2°C?

Koncentracija štetnih gasova je već oko 450 ppm ekvivalenata CO₂, kako da izbegnemo 2°C?

Atmosfera je već prepuna gasova koji izazivaju efekat staklene bašte – toliko da će zagrevanje ostati na 2°C samo ako dva uslova budu ispunjena: prvo, da koncentracija štetnih gasova ostane na sadašnjem nivou, i drugo, da se eliminišu svi uzročnici hlađenja, tj. aerosoli.

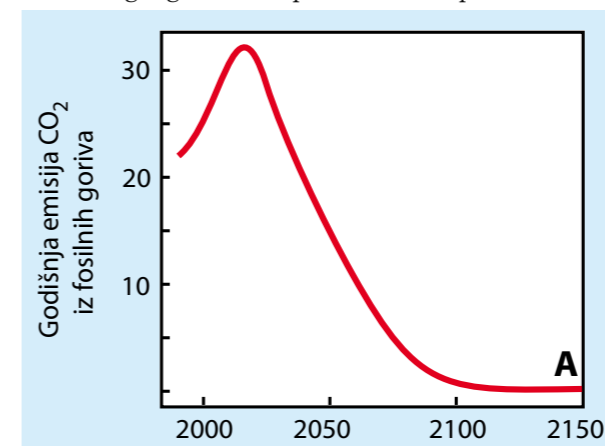
Pitanje je da li smo već obavezni da ograničimo otopljanje na 2°C? Ne, nismo, a sledeći redovi objašnjavaju i zašto.

Zbir ukupnog uticaja antropogenog zagrevanja i hlađenja na klimu određuje prosečnu globalnu temperaturu. Brojka od 450 ppm ekvivalenata CO₂ (ppm je jedinica merenja koncentracije CO₂) uključuje samo efekat zagrevanja koje proizvode štetni gasovi – CO₂, CH₄, N₂O, kao i razne vrste fluorokarbona, uključujući HFCs, ali ne i rashladni efekat aerosoli. Aerosoli imaju ulogu da klimatske promene i efekat svih štetnih gasova svedu na efekat samog CO₂ – oko 385 ppm ekvivalenata CO₂.

Ako bismo istog trenutka smanjili emisiju svih ovih gasova, njihova koncentracija bi ponovo pala. U slučaju CO₂, velika količina bi ponovo završila u okeanima i biosferi. Što se drugih gasova tiče, njihovo zadržavanje neko vreme u atmosferi dovelo bi do toga da se njihova koncentracija postepeno vrati na prirodni nivo.

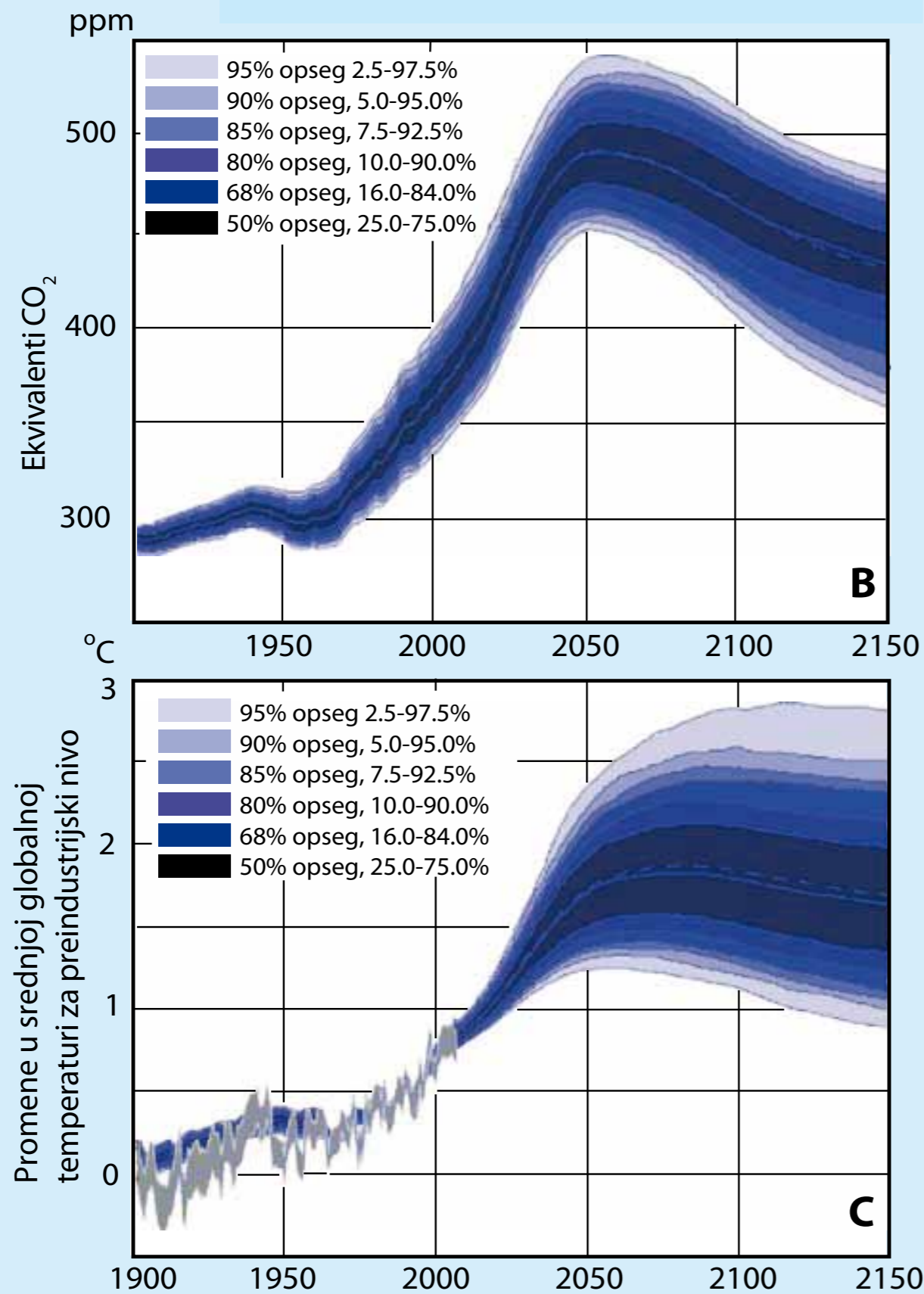
Stoga, našu obavezu verovatno najbolje definiše scenario emisija koji vodi do najveće moguće stope smanjenja koja se smatra ekonomski i tehnički izvodljivom a da ne izazove veće poremećaje u oblasti energetike, na primer. Tako će se „obavezne“ koncentracije najpre povećati iznad današnjeg nivoa, ali će s vremenom ponovo pasti ispod današnjih. Drugim rečima, nismo obavezni da održimo današnji nivo koncentracije štetnih gasova. Izbor je naš.

Čak i ako u dužem periodu ne bi bilo rashladnog sloja aerosoli (pošto je to preporučljivo iz više razloga, pre svega zbog kvaliteta vazduha), zagrevanje nastalo zbog toga ne mora preći 2°C¹⁷. Na primer, sledeća predviđanja ocenjena u Četvrtom



Grafikon 1. A: Emisija CO₂ iz fosilnih goriva, prema planu za smanjenje zagađenja koji predviđa svođenje globalne emisije na polovinu do 2050. u odnosu na nivo iz 2000. godine, prema Sporazumu iz Kjotoa (Schellnhuber, 2008)¹⁷

naknadnom izveštaju IPCC znatno umanjuju emisije aerosoli do sredine veka, a ipak ova predviđanja mogu da ograniče maksimalno zagrevanje na manje od 2°C (tabela 3.10 AR4 IPCC, WG III¹⁸). Grafikon 1 takođe pokazuje koncentraciju gasova sa efektom staklene bašte i srednje globalno zagrevanje u okviru predviđanja koje uključuje značajno uklanjanje rashladnih zagađivača vazduha paralelno sa zamenom fosilnih goriva i tehnološkim inovacijama. Sledeći ograničenje



Grafikon 1B: Rezultirajuća koncentracija gasova koji proizvode efekat staklene bašte i efekti aerosoli izraženi u koncentraciji CO₂. Proračuni su zasnovani na smanjenoj kompleksnosti ciklusa ugljenika, model MAGICC6.0¹⁹. Opseg greške obračunava se primenom statističke metodologije koju su uveli Majnshtauzen i saradnici 2009²⁰. (vidi Dodatak).

Grafikon 1C: Rezultirajuće promene u globalnoj srednjoj temperaturi u odnosu na preindustrijski nivo.

redukcije emisija koje predlažu G8, globalne emisije gasova sa efektom staklene bašte iz Kjotoa će se prepoloviti do 2050, kao u radu Šelnhubera, 2008¹⁷. Ovako će se sigurno premašiti 450 ppm ekvivalenta CO₂ (čak i uz efekat aerosoli), dok postoji mogućnost 1:3, ili malo više od toga, da se premaši cilj od 2°C. Na kraju, praktično je sigurno da ćemo preći 450 ppm ekvivalenta CO₂ (uključujući čak i rashladne gasove) za nekoliko decenija. Koncentracija štetnih gasova ostaće ispod 450 ppm samo ukoliko globalna emisija odmah počne da pada za oko 7% godišnje. Kao što je prikazano na Grafikonu 1, ova koncentracija ne mora da dovede do prekoračenja temperaturnog ograničenja od 2°C. Ova pojava je slična pojačavanju termostata na kuhinjskoj rerni na 220°C, gde koncentraciju gasova sa efektom staklene bašte poredimo sa termostatom. Ako se rerna isključi dovoljno brzo, stvarna temperatura u njoj nikada neće dostići 220°C. Sve u svemu, nema razloga da budemo zadovoljni sobom. Da bismo osigurali sigurnu klimatsku budućnost na duge staze, moraćemo da vratimo stare atmosferske koncentracije ekvivalenta CO₂. Prvo i najvažnije što mora da se uradi kako bi se zaustavio dalji rast koncentracije jeste smanjenje oslobađanja štetnih gasova. Ovaj cilj mora se postići što pre kako bi količina gasova krenula naniže – barem od 2015. godine²¹. Jedino ukoliko se globalne emisije nakon toga dovoljno brzo smanje možemo da zaustavimo dalji rast temperature na globalnom nivou. Da bismo zaustavili porast nivoa mora, jednostavno moramo da uklonimo CO₂ iz atmosfere. Samo ovakva „negativna“ emisija će na duge staze omogućiti da se vratimo na nivo koncentracije ispod 350 ppm CO₂, kako predlažu dr Hansen i saradnici 2008²² – sa bar nekim šansama da se ograniči rast nivoa mora.

Da li vredi fokusirati se na kratkoročne uzročnike zagrevanja?

Postoji još jedna veoma važna činjenica u vezi s aerosolima: iako se procenjuje da imaju rashladni efekat (-1,4 W/m² prema Ramanatanu i Karmajklju, 2008²⁵ i -1,2 W/m² prema AR4 IPCC, WG I23), crni ugljenik (gar, čađ) je komponenta sa naglašenim efektom zagrevanja (+0,20 (0,05, 0,35) W/m² samo od fosilnih goriva crnog ugljenika (AR4 IPCC, WG I23); +0,9 (0,65, 1,15) W/m² prema Ramanatanu i Karmajklju, 2008, uključujući i druge izvore, kao što je spaljivanje biomase). Tako će smanjenje emisije ugljenika pomoći smanjenju globalnog zagrevanja. Ova emisija ugljenika uglavnom nastaje usled korišćenjem biogoriva, sagorevanja fosilnih goriva (naročito dizela i uglja), spaljivanja biomase prilikom seče šuma i spaljivanja ostataka useva. Stoga smanjenje emisije ugljen-dioksida ne bi imalo ogromnih prednosti samo u smislu povećanja kvaliteta vazduha (u zatvorenom prostoru). Pošto ugljen-dioksid može smanjiti refleksiju snega i površina pokrivenih ledom, smanjenje emisije ugljen-dioksida može biti posebno korisno za glečere Himalaja ili arktičke ekosisteme. Međutim, nijedna od ovih promena ne treba da utiče na to da se manje fokusiramo na glavnog dugoročnog krivca, što CO₂ jeste. Ako se koncentracija kratkoročnih uzročnika, kao što su crni ugljenik, metan i HFCs, smanji u zamenu za pojačanu emisiju gasova koji dugo ostaju u atmosferi, učinimo medvedu uslugu sebi kada se radi o klimatskim uslovima. Razlog za to je taj što će u daljoj budućnosti, kada će klimatske promene biti mnogo drastičnije nego danas, duži boravak gasova nastalih u atmosferi danas imati ozbiljne posledice. To ne znači da ne bi trebalo smanjiti emisiju crnog ugljenika. Naprotiv, smanjenje zagađenja vazduha, produženje veka himalajskih glečera, koji nam obezbeđuju vodu, kao i usporavanje aktuelnog zagrevanja na Arktiku dovoljni su razlozi da odmah počnemo da radimo na tome. Ipak, smanjivanje koncentracije gasova koji kratko borave u atmosferi ne može zameniti smanjenje količine CO₂. Takođe ne smemo zaboraviti da će prelazak na energetski sistem koji troši male količine CO₂ brzo smanjiti emisiju crnog ugljenika, iako nema mnogo efekta u suprotnom pravcu. Drugim rečima, brzo delovanje po pitanju CO₂ znači da će biti lakše da brzo delujemo i po pitanju crnog ugljenika.

Odeljak 3: Parče kolača – kolike su dozvoljene emisije?

Brojna iznenađenja pri sprovođenju retkih eksperimenata

Pretvaranje cilja od 2°C ili 1,5°C u uputstvo za ograničavanje globalne emisije u narednim decenijama jedan je od naših najvažnijih i najurgentnijih zadataka. Moramo odgovoriti na pitanje koje se ograničenje mora postaviti za emisije da bi se globalno otopljanje zadržalo u navedenim granicama. Upravo ova brojka će nam kasnije omogućiti procenu ciljeva. Nažalost, određivanje ove brojke nije lako: iako je neosporna činjenica da emisije gasova sa efektom staklene bašte koje izaziva čovek mogu izazvati i izazivaju globalno zagrevanje²⁶, nije moguće predvideti tačnu količinu zagrevanja koja bi dovela do predvidive putanje emisije. Ona zavisi od mnogih faktora, kao što su: količina CO₂ koju oslobađaju zemaljska biosfera i okeani; snaga pojačanog zračenja povezana sa koncentracijom CO₂ i drugih gasova sa efektom staklene bašte koji ostaju u atmosferi, rashladni efekat aerosoli i procenat zagrevanja koji ublažavaju okeani. Ipak, nedavno je došlo do napretka u procenivanju ovih nepoznanica.

Uzročnik	Jačanje zračenja 2005. (W/m ²)	Procena koncentracije ekvivalenta CO ₂ ako su svi uzročnici uključeni jedan po jedan
CO ₂	1.66 (1.49, 1.83)	380 CO ₂
Metan (CH ₄)	0.48 (0.43, 0.53)	415 CO ₂ ek (CO ₂ + CH ₄)
N ₂ O	0.16 (0.14, 0.18)	427 CO ₂ ek
Halogenovodonici	0.34 (0.31, 0.37)	455 CO ₂ ek
Troposferski ozon	0.35 (0.25, 0.65)	486 CO ₂ ek
Stratosferski ozon	-0.05 (-0.15, 0.05)	482 CO ₂ ek
Korišćenje zemljišta	-0.20 (-0.40, 0.00)	464 CO ₂ ek
Crni ugljenik na snegu	0.10 (-0.00, 0.20)	473 CO ₂ ek
Direktni efekat aerosoli	-0.50 (0.90, -0.10)	431 CO ₂ ek
Indirektni efekat aerosoli	-0.70 (-1.81, -0.30)	378 CO ₂ ek

Tabela 1. Današnji antropogeni uticaj na atmosferu. Uzročnici zračenja usled ljudskog faktora, od kojih je CO₂ glavni uzročnik, naznačeni su sa leve strane, a njihovo jačanje (u zavisnosti od toga koliko ovi uzročnici doprinose zagrevanju) naznačeno je u srednjoj koloni (preuzeto iz tabele 2.12 u AR4 IPCC, WG); odgovarajuća procena koncentracije ekvivalenta CO₂ naznačena je sa desne strane.

Kao kod svakog retkog eksperimenta, a trenutno vršimo jedan veliki takav eksperiment nad klimom na Zemlji, biće iznenađenja. U istoriji čovečanstva, klima nikada nije došla do nivoa otopljanja koji smo na putu da dostignemo danas. Ne možemo biti sigurni da veliki povratni mehanizmi kao što su oslobađanje hidrata metana (metanski led-čvrsto stanje vode koje sadrži velike količine metana u svojoj kristalnoj strukturi) sa dna okeana dok se mora zagrevaju neće biti značajan izvor zagrevanja koji nam pretili u budućnosti. Ne možemo biti sigurni kako tačno ciklus ugljenika reaguje na različite ekosisteme na Zemlji. Ali postoje i stvari koje je moguće predvideti sa sigurnošću. Zasiurno znamo da će klima biti topla, a sa zagrevanjem od 2°C jasno je da će više kopnenih, slatkovodnih i morskih vrsta biti ugroženo nego u bilo kom periodu u skorijoj geološkoj prošlosti²⁷.

Pristup kontrole rizika – određivanje dozvoljene emisije

S obzirom na sve neizvesnosti, politiku klimatskih promena treba posmatrati kao tehniku kontrole rizika. Kao i u brojnim drugim oblastima politike, ne samo da moramo odrediti ciljeve, već i to koliko želimo da budemo sigurni u njihovo dostizanje. Tako dolazimo do pitanja koja je dozvoljena količina emisije ukoliko želimo da zadržimo globalno zagrevanje ispod 1,5°C ili 2°C *sa verovatnoćom od X%*. Za svaku putanju emisije postoji izvestan rizik da se prede određena temperatura, zbog nesigurnih predviđanja – a da niko ne odgovara za potencijalne ozbiljne posledice, koje su navedene. Odluke o mogućem odvijanju procesa zagađenja su neizvesne, kao uostalom i mnoge političke odluke. Ali mnogo napora se ulaže kako bi se odredila i umanjila neizvesnost kada se radi o ovom pitanju. Postoje četiri novije studije (Majnsauzen i sar. 2009²¹ i Alen i sar., 2009²⁸, Metjuz i sar. 2009²⁹ i Zikfeld i sar. 2009³⁰) koje imaju vrlo sveobuhvatan pristup određivanju trenutnih neizvesnosti u pogledu „dozvoljenih količina“ globalne emisije. Ovde se koncentrišemo na metodologiju koja uključuje sve gasove sa efektom staklene bašte (Majnsauzen i sar. 2009).

S obzirom na razvoj situacije kod specifične emisije, korišćen je pojednostavljen model ciklusa ugljenika da se proceni verovatnoća prekoračivanja globalnog zagrevanja od 2°C u 21. veku. Zbog toga je izrađen veliki broj modela na osnovu raznih skupova polaznih parametara tih modela koji variraju u određenom opsegu. Više detalja o ovoj metodologiji dato je u Dodatku. Izračunavanje verovatnoće prekoračivanja za veliki broj karakteristika emisija pokazuje:

1. Generalno, verovatnoća prekoračenja zavisi od akumulirane emisije, odnosno ukupne emisije tokom dužeg vremenskog perioda, a ne od specifičnih karakteristika emisije.
2. Ako prihvatimo verovatnoću prekoračenja od 25 procenata, akumulirana emisija CO₂ iz fosilnih izvora i izmena u korišćenju zemljišta moraju biti ograničene na 1.000 Gt CO₂. Ako smo spremni da prihvatimo verovatnoću da čak 50% zagrevanja prekorači 2°C, granicu dostizemo na 1.440 Gt CO₂.

Ne možemo dopustiti da se sadašnje rezerve istroše

Šta znače brojke 1.000 Gt (bilion tona) CO₂ i 1.440 Gt CO₂? Ima li nade da se rezerve fosilnih goriva iscrpe a da se ne dostignu ova ograničenja? Odgovor je: ne. Trošenje poznatih ekonomski nadoknadivih rezervi nafte, gasa i uglja značajno prelazi „dozvoljenu emisiju“ koja će održati globalno zagrevanje ispod 2°C: poznate emisije CO₂ od 2000. do sada (2009) već iznose više od 300 Gt CO₂. Tako nam preostaje samo još manje od 700 Gt CO₂ ukoliko želimo da zadržimo „verovatnu“³¹ šansu (75%) da globalno zagrevanje ostane ispod 2°C. Budući da količina ekonomski nadoknadivih rezervi fosilnih goriva iznosi oko 2.800 Gt CO₂^{32,33}, to je manje od jedne četvrtine. Na osnovu današnje količine emisije od 36,3 Gt CO₂ godišnje, količina od 1.000 Gt CO₂ biće prekoračena do 2027. Osim toga, treba imati na umu da je procenjena ukupna količina resursa, uključujući i nekonvencionalne, verovatno mnogo puta veća od nadoknadivih ekonomskih rezervi.

Ali sekvencijacija (odeljivanje – zatvaranje i geološko skladištenje) ugljenika omogućuje da iskoristimo sva fosilna goriva!

Ukratko, nije tako, a evo i zašto: sekvencijacija ugljenika je važna tehnologija, i vredna je podrške. Važno je da bude dostupna na tržištu, sa sigurnim rešenjima za probleme kao što su trajnost, curenje, transport itd. Istina je: ako se sagorevanje fosilnih goriva

u toplanama koje rade na uglj kombinuje sa izdvajanjem ugljenika, onda će te toplane neutralisati sopstvenu proizvodnju ugljenika.

Zašto onda izdvajanje ugljenika nije spas za industriju uglja? Da bi se postigli bezbedni klimatski uslovi na duge staze, na primer, povratak koncentracije CO₂ na 350 ppm, moraćemo praktično da smanjimo ukupnu emisiju na nulu pre kraja ovog veka, a verovatno je da će emisija CO₂ morati da se približi nuli već nakon sredine veka. Zapravo, da bismo sprečili dalji porast nivoa mora i rastuću kiselost okeana, neizbežno je smanjivanje emisije CO₂. Na primer, niske emisije su moguće u slučaju da se kombinuju toplane koje rade na biogas i sekvencijacija ugljenika. Tako prosto ne možemo sebi dopustiti da traćimo dostupna mesta za geološko skladištenje ugljen-dioksida iz toplana koje rade na uglj, nego ćemo te toplane morati da koristimo za usisavanje ugljenika iz atmosfere. Za tako značajne objekte kao što su elektrane neutralisanje ugljenika prosto neće biti dovoljno.

Šta 2°C znači za količinu emisije 2050. godine?

Generalno, godišnja emisija ne daje dovoljno informacija o akumuliranoj emisiji da bi se mogla utvrditi verovatnoća prekoračenja. Visoke ili niske emisije se do 2050. godine mogu ustaliti nakon izrazito visokih ili niskih emisija prethodnih godina. Ali budući da razmatramo „izvodljivi“ plan emisije u svetu, zagađenje u 2050. godini zapravo postaje grubi pokazatelj verovatnoće da će se dozvoljene brojke prekoračiti. S obzirom na podrazumevane pretpostavke o osetljivosti klime (*videti Dodatak*), izgleda da prepolovljivanje globalne emisije do 2050. u odnosu na nivo iz 1990. nije dovoljno da se sa osigura dostizanje cilja od 2°C. Visoka ili niska emisija u 2050. godini može biti znatno izmenjena zbog izrazito niske ili visoke emisije u prethodnom periodu. Još uvek postoji rizik od 30% da se prekorači 2°C.

SAD	-80%	-85%	-90%	-93%
EU27	-73%	-80%	-87%	-90%
Zemlje van OECD (Organizacije za ekonomsku saradnju i razvoj)	48%	10%	-26%	-45%
Članice OECD	-72%	-79%	-86%	-90%
SVET	-9%	-32%	-55%	-66%
Ekvivalenti CO ₂ po glavi stanovnika godišnje	3.04	2.26	1.52	1.13

Tabela 2. Odnos između apsolutnog nivoa emisije 2050. godine u poređenju sa 1990. godinom – pretpostavljene emisije gasova sa efektom staklene bašte po glavi stanovnika, prema podacima iz Kjotoa, ne računajući LULUCF (CRF36+MATCH37) 2050. godine (Uputstvo dobre prakse za korišćenje zemljišta, promenu načina korišćenja zemljišta i šumarstvo, poznato pod skraćenim nazivom LULUCF). Brojke su zasnovane na srednjem rastu broja stanovnika prema prognozi UN iz 2008.

Kao što je pomenuto, ova analiza daje pretpostavke o mogućem razvoju događaja. Sve se u osnovi svodi na bezbedne putanje uz maksimalnu redukciju cifre od šest procenata godišnje u regionu sa najjačim ograničenjem emisije, u OECD (Organizaciji za ekonomsku saradnju i razvoj). Postoje neke pretpostavke na međunarodnoj sceni koje predviđaju rast globalne emisije do 2030. godine, a potom nagli pad stope emisije između 2040. i 2050. godine. Cenimo optimizam koji je u osnovi tih pretpostavki, odnosno shvatanje da je moguće postići tako naglu stopu smanjenja nekom čudesnom tehnologijom u budućnosti. Četvrti izveštaj IPCC nije tako optimističan, budući da je zaključeno da će kategorije niže stabilizacije dostići vrhunac globalne emisije do 2015. godine. Ipak, čak i ako se količina emisije prepolovi do 2050. posle takvog naglog pada, mogućnosti da se brojka prekorači biće veće od samo trideset posto – prosto zato što će akumulirana emisija tokom prve polovine 21. veka biti previsoka.

Odeljak 4: Deljenje „dozvoljene“ količine emisije

Suštinsko pitanje pregovora o klimi jeste: kako da države pravično podele „dozvoljenu“ količinu zagađenja. Na primer, neke zemlje u razvoju ukazuju na veliko pojačanje zagađenja tokom istorije. Čak i da se ne osvrnemo na ono što je iza nas, u prošlosti, možemo reći da je trenutno zagađenje po glavi stanovnika i dalje mnogo veće u industrijalizovanim zemljama nego u zemljama u razvoju. Godine 2005. emisija gasova sa efektom staklene bašte dostigla je 23,5 t ekvivalenta CO₂ u SAD, 10,5 t ekvivalenta CO₂ u EU27, 5,4 t ekvivalenta CO₂ u Kini i 1,65 t ekvivalenta CO₂ u Indiji^{34, 35, 36}.

Da bi se donelo bilo kakvo pravično rešenje i izbegli najgori klimatski efekti, napor da se zagađenje smanji moraju najpre podržati one zemlje u kojima postoji najveće zagađenje po glavi stanovnika, koje imaju uticaja i koje su tokom istorije izazvali najviše zagađenja i klimatskih promena sa kojima se danas suočavamo. To je grupa zemalja OECD. Ipak, jasno je da bez ograničenja zagađenja u zemljama u razvoju kao što je Kina, do 2020. godine, nećemo biti u mogućnosti da zadržimo globalno zagađenje u predviđenim okvirima. Stoga, ne samo što je potrebno da sve zemlje stupe u akciju, već bogate zemlje moraju pružiti veliku finansijsku i tehnološku podršku kako bi se omogućilo opadanje zagađenja i u siromašnim zemljama.

Ovaj rad ne propisuje neka posebna pravila za podelu preostale količine dozvoljene emisije, imajući u vidu razumne šanse da se globalno zagrevanje održi ispod 2°C. Pre se može reći da imamo konzervativan pristup, u tom smislu što ne uzimamo u obzir istorijsku emisiju, već prosto razmatramo emisiju po glavi stanovnika u 2050. godini. Naravno da se pravičnost takvog pristupa može dovesti u pitanje, kao i to da li je pošteno da oni koji su dočekali kraj žurke pijani mogu da traže jednak deo od poslednje flaše kao oni koji su do tada pili samo vodu (Nikolas Stern, Klimatska konferencija na Baliju, 2007). S druge strane, izgleda da politička realnost ukazuje na to da buduće generacije u zemljama OECD možda neće biti spremne da pristanu na finansijske transfere kada njihove emisije po glavi stanovnika padnu na niži nivo od onih u zemljama u razvoju. U svakom slučaju, ilustracije radi, ove informacije će skicirati dozvoljene emisije po glavi stanovnika u 2050, kao što je prikazano u Tabeli 2.

Na osnovu predviđanja prosečnog rasta populacije (UN 2008) možemo da izračunamo rezultirajuće smanjenje globalne emisije gasova sa efektom staklene bašte (izraženih u ekvivalentima CO₂) pod uslovom da do 2050. godine SAD i EU27 smanje emisiju do relativne količine štampane masnim slovima. Tako prvu kolonu u Tabeli 2 treba razmotriti na sledeći način: ako SAD smanje ukupnu količinu emisije (ne količinu po glavi stanovnika) za 80 odsto u odnosu na 1990, doći će do emisije po glavi stanovnika od 3,04 t ekvivalenta CO₂. Da bi se dostigla ova emisija po glavi stanovnika u 2050, EU27, kao grupa, mora da smanji ukupnu emisiju za 73 procenta. Za grupu zemalja OECD to i dalje znači redukciju zagađenja do 72 procenta, dok je zemljama van OECD dozvoljeno da povećaju emisiju za 48 procenata. Međutim, ovim se globalna emisija smanjuje samo za 9 procenata, što nije dovoljno da bismo imali razumnu šansu da zadržimo globalno zagrevanje ispod 2°C. Da bismo ograničili verovatnoću prekoračenja na 25 procenata, globalne emisije moraju se smanjiti za 50 procenata ili više. U predviđanju emisije po glavi stanovnika u 2050, to znači da SAD moraju smanjiti emisiju za 90 procenata.

Za EU27 ovo znači redukciju od 87 odsto, a u ovom slučaju čak i zemlje van OECD moraju da smanje emisiju za 26 procenata (*vidi kolonu 3 Tabele 2*). Prosečne emisije

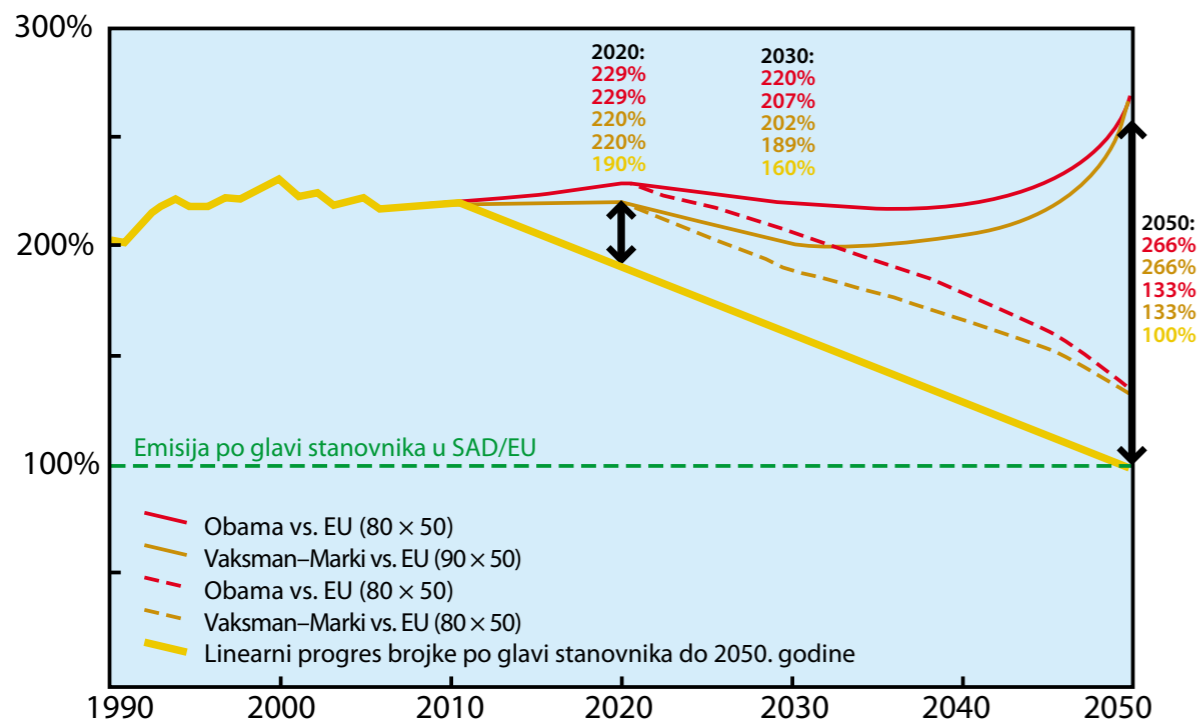
gasova koji izazivaju efekat staklene bašte po glavi stanovnika prema predviđanju iz Kjotoa dostižu 1,52 t ekvivalenata CO₂ godišnje.

Samo ako u daljem toku događaja EU i ostale zemlje OECD kao grupa smanje dozvoljenu emisiju za 90 procenata u odnosu na nivo iz 1990. možemo imati i jednaku dozvoljenu emisiju po glavi stanovnika i globalnu emisiju znatno nižu od 50 procenata do 2050. godine.

-17% dozvoljene količine za SAD do 2020. možda je pošteno, ali u odnosu na nivo iz 1990, ne 2005.

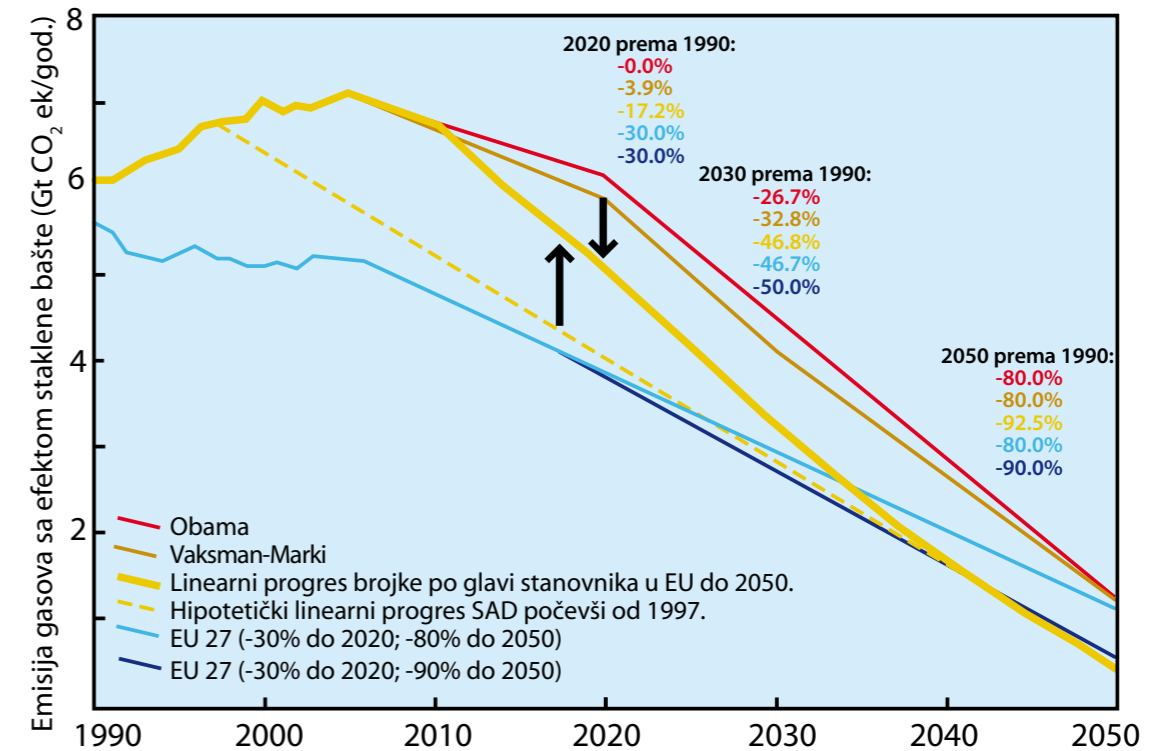
Vaksman–Markijev predlog zakona/HR37 veliki je korak za zakonodavstvo SAD kada se radi o klimatskim promenama. On podrazumeva da se emisija u SAD redukuje za oko 17 procenata 2020. godine u odnosu na 2005, a uključuje i dodatne mere³⁸. Ipak, ovo nije dovoljno da se dostignu ciljevi predviđeni za 2020. godinu. Na primer, pretpostavimo da se dozvoljena emisija po glavi stanovnika u SAD i EU izjednači do 2050. godine, kao što je gore navedeno. Dalje, pretpostavimo da se putanja ka cilju postavljenom za 2050. godinu bude prosta prava linija, tako da se odnos između emisije po glavi stanovnika u SAD i EU27 ravnomerno smanjuje sa sadašnjeg faktora 2,3 na 1 do 2050. godine. Ukoliko EU želi da redukuje emisije za 90 procenata do 2050. godine, emisije u SAD do 2020. godine moraju biti za 17 procenata niže od količine u 1990. godini – a ne zaboravimo činjenicu da se broj stanovnika u SAD neprekidno uvećava. Vidi grafikon 3.

Emisija po glavi stanovnika u SAD u poređenju sa EU



Grafikon 2. Emisija po glavi stanovnika u SAD u poređenju sa emisijom po glavi stanovnika u EU pod pretpostavkom da EU smanji emisiju gasova sa efektom staklene bašte za 90 procenata (pune linije) ili 80 procenata (isprekidane linije) do 2050. godine u odnosu na 1990. godinu. Oker linija: linearni pad cifara počevši od današnjeg nivoa do emisije po glavi stanovnika 2050. Narandžasta linija: pretpostavljena emisija u SAD u skladu sa Vaksmanom i Markijem. Crvene linije: pretpostavljena emisija u SAD u skladu sa predlogom predsednika Obame (predviđanja srednjeg rasta populacije prema UN; emisije prema podacima o gasovima sa efektom staklene bašte iz Kjotoa (ne računajući CO₂ iz LULUCF). Cilj EU27: 30% smanjenja u odnosu na 1990. godinu.

Apsolutna emisija gasova sa efektom staklene bašte u SAD i EU



Grafikon 3. Projekcije apsolutne emisije gasova sa efektom staklene bašte godišnje u SAD i EU27 prema različitim predviđanjima razmotrenim u Grafikonu 2 (vidi Legendu). Tako je cilj od -17 procenata u SAD u 2020. godini znatno ispod nivoa koje predviđaju Vaksman i Marki (narandžasta linija), kako pokazuje crna strelica naniže. S obzirom na hipotetički početak godine i konvergenciju brojke po glavi stanovnika u vreme Kjotoa (1997), redukcija od 17 procenata do 2020. relativno je blaga, kako pokazuje crna strelica naviše. (Gasovi koji izazivaju efekat staklene bašte po Kjotoa (ne računajući emisije CO₂ u LULUCF); CRF UNFCCC 2008; produženo posle 2009. prema predloženim ciljevima.)

Odeljak 5: Veliki jaz

Objave ne pomažu da se dođe do cilja

Sastanak na temu klimatskih promena u Kopenhagenu (decembar 2009) možda je poslednja prilika da se svet vrati na putanju zagađenja koja juri nadole pre 2015. godine. Trenutno, emisije se povećavaju više nego ikada, zajedno sa rizikom za opstanak koralnih grebena i rečnih delti, kao i sve većim sušama i područjima bez vode. Kako se približava sastanak u Kopenhagenu, industrijske zemlje počinju da iznose obećanja o budućoj redukciji zagađenja. Neke zemlje u razvoju takođe uvode ili planiraju politiku koja će smanjiti porast zagađenja. Šta sva ova obećanja, inicijative i predlozi klimatske politike znače za dostizanje cilja od 2°C (1,5°C)? Da li su aktuelni predlozi dovoljni da se dostigne cilj? Nažalost, kratak odgovor je – ne.

Posmatrajući redukciju globalne emisije, neophodno je razmotriti ciljeve u pogledu ograničenja ili politiku kako razvijenih zemalja, tako i zemalja u razvoju. Rogelj i sar. 2009³⁹ izračunali su da sve zemlje za koje se mogla odrediti emisija u budućnosti čine oko dve trećine svetske populacije. Ova grupa odgovara za 76 procenata globalne emisije gasova sa efektom staklene bašte u 2005. Rogelj i sar. (2009) sumirali su sva obećanja i napravili globalnu putanju emisije do 2100. godine. Gde god nije bilo moguće odrediti stanje u određenoj zemlji, pretpostavlja se da emisija prati dosadašnji, BAU scenario (Business As Usual) do 2100. godine (SRESA1B, Nakićenović i Svort, 2000⁴⁰).

Računajući na najbolji ishod kada se odredi niz ograničenja („trenutno najpovoljniji scenario“) i stalne emisije posle 2050. kad se odrede ciljevi za 2050, Rogelj i saradnici su utvrdili da će se globalna emisija povećati za 42 procenta u 2020. godini u odnosu na 1990. Pretpostavlja se da će u 2050. godini ukupno zagađenje biti 80 procenata veće nego 1990. godine. S obzirom na sve to, praktično ne postoji šansa da se globalno zagrevanje ograniči na 2°C. Verovatnoća da se ova brojka premaši je stoprocentna, na osnovu metodologije Majnshauzena i sar., 2009. Čak je i rizik od prekoračenja globalnog zagrevanja od 3°C do 2100. veći od 50 procenata. Predviđa se da će koncentracija CO₂ u atmosferi premašiti 550 ppm do sredine veka. To je nivo na kom se predviđa raspadanje koralnih grebena zbog povećanja kiselosti okeana (Silverman i sar. 2009⁴¹).

Zaključak

Iako je dobra vest to što države imaju u vidu brojku od 1,5 i 2°C, njihovi trenutni napori prosto nisu dovoljni da se dođe do cilja. Rešavanje ovog problema, odnosno uvođenje većih ograničenja kao ciljeva i dovoljna finansijska podrška za dodatna ograničenja u zemljama u razvoju ključni su izazovi za sastanak u Kopenhagenu. Ovim izazovima pariraju pokušaji nekih političkih stranaka da se poremete međunarodni planovi uz kojih će se razviti uzajamno poverenje nacija. Međunarodni ugovor koji se svodi na skup obećanja, pri čemu svaka nacija igra samo prema sopstvenim pravilima i sama potvrđuje sopstvene uspehe, teško da će stvoriti atmosferu u kojoj verujemo da susedi pošteno rade svoj deo posla i gde ćemo uskoro doći do zaustavljanja globalnog zagađenja u skorije vreme. To će biti kao život na Divljem zapadu. Na vrelom Divljem zapadu.

Dodatak

Metode

Naš pristup izračunavanju temperature i koncentracije gasova sa efektom staklene bašte iz predviđenih putanja emisije (Majnshauzen i sar. 2009²⁷) zasnovan je na Bajesovoj Monte Karlo metodi koja nam omogućava da izračunamo verovatnoću prekoračenja cilja od 2°C za bilo koju datu putanju emisije. Verovatnoća se koristi da se definiše veliki broj neizvesnosti u vezi sa projekcijama. Ove neizvesnosti su rezultat neizvesnosti velikog broja parametara koji se koriste pri izračunavanju globalnog zagrevanja za date putanje emisije. Osnovna ideja ovog pristupa je jednostavna: umesto obračunavanja srednje vrednosti globalnog zagrevanja za jednu određenu putanju emisije i za jedan određen model polaznih parametara, parametri variraju u opsegu trenutno mogućeg ili izvodljivog, u odnosu na postojeće. Pretpostavke o ovim opsezima se zasnivaju na Četvrtom naknadnom izveštaju o procenama IPCC i novijoj literaturi. Recimo, jedan od najvažnijih parametara modela u projekcijama globalnog zagrevanja jeste osetljivost klime. Ona se definiše kao srednja globalna promena temperature koja dolazi u ravnotežu kada se CO₂ udvostruči. Za rezultate koji su ovde opisani, opseg neizvesnosti određen je distribucijom verovatnoće prema Frejmu i sar. 2006⁴². Ova distribucija liči na procene iz Četvrtog naknadnog izveštaja IPCC (najbolja procena, 3°C, verovatni opseg, 2,0–4,5°C). Tako, umesto jedne projekcije, konačno imamo veliki broj projekcija. One se porede sa podacima kao što su temperatura tokom istorije i procenjuju u skladu sa uklapanjem u ove podatke. Ovako se neke konfiguracije parametara mogu isključiti jer ne odgovaraju podacima, tako da se može umanjiti ukupna greška u predviđanjima. Na osnovu ovih izmerenih predviđanja, konačno je moguće odrediti verovatnoću prekoračenja za određenu putanju emisije. Ovo se može odrediti na osnovu nekih predviđanja koja prelaze ograničenje zagrevanja od 2°C.

Literatura

1. FO istoriji, vidi Oppenheimer and Petsonk (2006) član 2 Osnovne povelje Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama: poreklo, novija tumačenja, doi: 10.1007/s10584-005-0434-8.
2. 2. Vidi <http://tinyurl.com/Countries2C> na stranici www.climateanalytics.org
3. UNFCCC: http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/4303.php i Marland et al. (2008) Carbon Dioxide Information Analysis Center, USA. http://cdiac.ornl.gov/trends/emis/meth_reg.html.
4. UN (2008) "World Population Prospects: The 2008 Revision Population Database", <http://esa.un.org/unpp>
5. Rijsberman F. J. and R. J. Stewart (eds.). Targets and Indicators of Climate Change, Environment Institute, Stockholm (1990).
6. WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen. Szenario zur Ableitung globaler CO₂-Reduktionsziele und Umsetzungsstrategien, Stellungnahme zur ersten Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention in Berlin. Sondergutachten (1995).
7. <http://www.ipcc.ch/pdf/climate-changes-1995/ipcc-2nd-assessment/2nd-assessmenten.pdf>
8. 1939th Council meeting, Luxembourg, 25 June 1996, and http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/brochure_2c.pdf
9. WHO (2004) Heat-waves: risks and responses. WHO.
10. Schär C., P. L. Vidale, D. Lüthi, C. Frei, C. Häberli, M. A. Liniger, C. Appenzeller. The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves, *Nature*, 427 (2004).
11. Hoegh-Guldberg, O. Low coral cover in a high-CO₂ world. *J. Geophys. Res.* 110, 1-11 (2005).
12. Pachauri, R.K. i A. Reisinger (eds.), Climate Change: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland (2007).
13. Sheffield, J. i E. Wood. "Projected changes in drought occurrence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations." *Climate Dynamics*, 31(1): 79–105 (2008).
14. Seager, R., M. Ting, et al. "Model Projections of an Imminent Transition to a More Arid Climate in Southwestern North America." *Science* 316(5828): 1181–1184 (2007).
15. Emanuel, K., R. Sundararajan and J. Williams. "Hurricanes and Global Warming: Results from Downscaling IPCC AR4 Simulations." *Bulletin of the American Meteorological Society* 89(3): 347–367 (2008). <http://dx.doi.org/10.1175%2FBAMS-89-3-347>
16. Rohling, E. J., K. Grant, M. Bolshaw, A. P. Roberts, M. Siddall, C. Hemleben i M. Kucera. "Antarctic temperature and global sea level closely coupled over the past five glacial cycles." *Nature Geosci* 2(7): 500–504 (2009). <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo557>
17. Schellnhuber H-J. Global warming: Stop worrying, start panicking? *Proc. Nat. Academy of Science*, 105, 38, 14239–14240 (2008).
18. Metz B., O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (urednici). Climate Change 2007: Mitigation of climate change. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007, United Kingdom and New York, NY, USA (2007).
19. Meinshausen M., S.C.B. Raper, T.M.L. Wigley. Emulating IPCC AR4 atmospheric-ocean and carbon cycle models for projecting global-mean hemispheric and land/ocean temperatures: MAGICC6.0, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 8, 6153–6272 (2008).
20. Meinshausen M., N. Meinshausen, W. Hare, S. C. B. Raper, K. Frieler, R. Knutti, D. J. Frame, M. R. Allen. Greenhouse-gas emission targets for limiting global warming to 2°C, *Nature*, 458, doi: 10.1038/nature08017 (2009).
21. Videti termine najveće emisije od 2000. do 2015. u IPCC WG III za najnižu klasu procenjenih putanja stabilizacije, Tabela 3, ref. 11
22. Hansen J., M. Sato, P. Kharecha, D. Beerling, R. Berner, V. Masson-Delmotte, M. Pagani, M. Raymo, D. L. Royer, J. C. Zachos. Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim? *The Open Atmospheric Science Journal*, 2, 217–231 (2008).
23. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (urednici). Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2007).
24. Korišćenje formule ekvivalenata CO₂ = 278 * exp (RF/5,35).
25. Ramanathan V., G. Carmichael. Global and regional climate change due to black carbon. *Nature Geoscience* (2008).
26. IPCC (2007). Climate Change 2007: Synthesis Report. An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Intergovernmental Panel on Climate Change.
27. Fischlin, A., G. F. Midgley, et al. (2007). Ecosystems, their properties, goods, and services. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden and C. E. Hanson. Cambridge UK, Cambridge University Press: 211–272.
28. Allen M. R., D. J. Frame, C. Huntingford, C. D. Jones, J. A. Lowe, M. Meinshausen, N. Meinshausen. Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillionth tonne. *Nature*, 458, doi: 10.1038/nature08019 (2009)
29. Matthews H. D., N. P. Gillett, P. A. Stott, K. Zickfeld. The proportionality of global warming to cumulative carbon emissions, *Nature* 459, 829-832 (2009).
30. Zickfeld, K., M. Eby, H.D. Metthews, A.J. Weaver, 2009. Setting cumulative emission targets to reduce the risk of dangerous climate change, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States* (submitted).
31. Technical Summary. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
32. Clarke, A.W., J.A. Trnnaman (eds.). 2007 survey of energy resources, World Energy Council (2007)
33. Rempe, H., S. Schmidt, U. Schwarz-Schampera. Reserves, resources and availability of energy resources 2006, German Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (2007).
34. www.unfccc.int

35. Höhne, N., H. Blum, J. Fuglestvedt, R. B. Skeie, A. Kurosawa, G. Hu, J. Lowe, L. K. Gohar, B. Matthews, A.C. Nioac de Salles, C. Ellermann. Contributions of individual countries' emissions to climate change and their uncertainty, *Climatic Change* (predat rad).
36. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, *World Population Prospects: The 2008 Revision*, <http://esa.un.org/unpp>
37. Američki zakon o energiji i bezbednosti iz 2009. godine, HR 2454, donet na prvom zasjedanju 111. Kongresa; zakon je odobrila Skupština 26. juna 2009.
38. WRI (World Resources Institute) summary of H.R. 2454, the American Clean energy
39. and security Act, J. Larson, A. Kelly and R. Heilmayr, July 2009.
40. Rogelj J., B. Hare, J. Nabel, K. Macey, M. Schaeffer, K. Markmann, M. Meinshausen. Halfway to Copenhagen, no way to 2°C. *Nature Reports Climate Change*, published online, doi: 10.1038/climate.2009.57 (2009).
41. Nakicenovic, N., Swart, R. IPCC Special Report on Emissions Scenarios Cambridge Univ. Press (2000). Silverman J., B. Lazar, L. Cao, K. Caldeira, J. Erez. Coral reefs may start dissolving when atmospheric CO2 doubles, *Geophysical Research Letters*, 36, L05606, doi: 10.1029/2008GL036282 (2009)
42. Frame, D. J., D. A. Stone, P.A. Stott, M. R. Allen. Alternatives to stabilization scenarios. *Geophys. Res. Lett.* 33, L14707, doi: 10.1029/2006GL025801 (2006).



Izdaje

**Sekretarijat za zagađenje vazduha i klimu
fah 7005,
402 31 Geteborg, Švedska
Tel: +46 31 711 45 15
info@airclim.org www.airclim.org**



**Mladi
istraživači
Srbije**

Volonterski servis Srbije

Izdanje na srpskom jeziku priredili

**Mladi istraživači Srbije
Bulevar umetnosti 27, 190531 Novi Beograd
Tel: +381 11 311 1314, 311 6663, 311 6653
office@mis.org.rs www.mis.org.rs**

Tiraž: 500 komada