

# **REALNOST RAZOGLJIČEVANJA – KJE JE TOPLOGREDNA POZITIVNA POVRATNA ZANKA?**

► Erik Margan<sup>1</sup>



📍 Kosmom vate podobni višinski cirusi na zgornji polovici fotografije imajo pomembno vlogo tudi pri segrevanju ozračja. (foto: *auntmasako*; vir: spletišče *pixabay*)

Tvorba oblakov je izredno zapleten proces, ki ga kljub napredku znanosti še vedno povsem ne razumemo. Že pri prvem poročilu IPCC so avtorji sami poudarjali to dejstvo in od takrat se stanje na tem področju ni bistveno spremenilo. Kljub temu pri IPCC trdijo, da vodna para in oblaki v nižjih plasteh ozračja niso omembe vreden dejavnik, saj da se njihovi učinki segrevanja in ohlajanja medsebojno izničijo. Hkrati pa vztrajajo, da vodna para igra odločilno vlogo pri krepitvi učinka CO<sub>2</sub> za približno trikrat.

**V**ENDAR PODATKI ZBRANI z različnimi sateliti in meteorološkimi baloni, kažejo povsem drugačno sliko.

Izmerjen potek zračne vlažnosti in pokritosti planeta z oblaki kažeta, da je vpliv oblakov na gibanje temperaturnega povprečja na svetovni ravni odločilen. In če odštejemo vpliv oblakov na temperaturo, vpliva CO<sub>2</sub> sploh ni mogoče zanesljivo izmeriti.

Bolj ko se bližamo umetnemu politično določenemu mejniku, letu 2030, bolj se povečuje medijska in politično ustvarjena in vzpodbujena panika zaradi zamude pri izpolnjevanju ciljev, ki so si jih politiki sami 'ambiciozno' zadali in za katere tr-

dijo, da naj bi omogočali blažitev 'grozečih' podnebnih sprememb. Grožnje se nanašajo predvsem na skrajne vremenske pojave, ki naj bi v prihodnje postali pogostejši in vse hujši, s posledično višjo povzročeno škodo na stavbah in infrastrukturi, pa tudi okolju nasploh. Opozorila naj bi upravičila uvajanje vedno novih omejevalnih ukrepov na vseh področjih, od industrije in prometa do kmetijstva in gozdarstva.

Cilj teh omejitev je zmanjšanje izpustov v okolje, predvsem izpustov toplogrednih plinov (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> in drugih) v ozračje. Pri tem (po vzoru poročil Medvladnega odbora za podnebne spremembe, IPCC) običajno navajajo različne mogoče načine

---

<sup>1</sup> Zahvaljujem se Vladimirju Alkalaju in Rafaelu Mihaliču za pomoč pri strokovnem pregledu besedila

zmanjševanja izpustov ter posledične omejitve rasti povečevanja povprečne temperature planeta do leta 2100. Govori se o omejevanju rasti temperature za največ 2 °C, še raje pa 1,5 °C glede na predindustrijsko dobo, ko je bila svetovna povprečna temperatura okoli 14 °C.

#### ▶ PODNEBNA ZGODOVINA

Običajno jemljemo leto 1760 za začetek industrijske dobe, ob koncu male ledene dobe leta 1850 pa je dobila nov zagon. To se najbrž ni zgodilo po golem naključju, pač pa zaradi potreb človeštva po večji varnosti in odpornosti na takratne hladne vremenske razmere, ko je bilo potrebno več toplote za ogrevanje pozimi, zaradi slabšega kmetijskega pridelka je vladala lakota, širile so se bolezni, v družbi je prihajalo do nemirov in vojn itd. Zaradi vsega tega človeška in živalska delovna sila ni več zadostovala in pojavila so se razmišljanja, kako bi si si bile mogoče pomagati s stroji. Odkritje, da pri

kurjenju s premogom dobimo znatno več toplote kot z lesom, ter odkritje parnega stroja sta prav v tem času pognala industrijsko revolucijo.

Ostaja pa odprto vprašanje, ali je industrijski razvoj delno pripomogel k svetovnemu segrevanju ozračja, in če je, za koliko.

Pojasnili smo že (ŽiT 2023/5, str. 10, ŽiT 2023/6, str. 32), da so v preteklosti obstajala obdobja, ko je bila koncentracija CO<sub>2</sub> višja od današnje, temperature pa so bile nižje, bila pa so tudi obdobja, ko je bilo obratno. Kot kažejo podatki iz vrtnin ledu na tečajih, je bilo v zadnjih 12 tisoč letih več obdobj, ko je bila temperatura v povprečju za 2 do 3 °C višja od današnje, medtem ko je bila koncentracija CO<sub>2</sub> v ozračju dokaj nizka, le okoli 280 do 310 delcev na milijon (angl. *parts per million* oz. *ppm*). Iz tega bi že morali logično sklepati, da temperatura ozračja in koncentracija CO<sub>2</sub> nista v tesni vzročno-posledični zvezi. Zato je tudi težko sprejeti tezo, da je industrijski razvoj zakrivil svetovno segrevanje ozračja.

Z ustanovitvijo Mednarodne meteorološke organizacije leta 1873 se je omrežje meteoroloških postaj vse bolj širilo po svetu in od takrat redno merimo in beležimo zračni tlak, vlažnost, temperaturo, osončnost ter druge dejavnike, nujne za analizo in napovedovanje vremena. Tako vemo, da so od leta 1850 do danes povprečne temperature zrasle za okoli 1 °C, obenem pa se je koncentracija CO<sub>2</sub> v ozračju povišala za okoli 35 % (od 310 na 415 ppm). Uradna veda o podnebj (klimatologija) trdi, da se je to zgodilo predvsem zaradi povečane rabe fosilnih goriv, na začetku predvsem premoga.

Laboratorijske meritve vpliva CO<sub>2</sub> na temperaturo kažejo, da gre za lo-

➔ Zemlja v oblakih (vir: spletna stran NASA Earth explorer)



garitmično odvisnost: vsakokratnemu podvajanju koncentracije CO<sub>2</sub> sledi porast temperature za 1 °C. S prileganjem izmerjenim podatkom smo dobili naslednjo izkustveno (empirično) povezavo, že opisano (ŽIT 2023/6, str. 36), zato ponovimo le najpomembnejše:

$$\Delta F = 5,35 \ln(C/C_0)$$

C<sub>0</sub> je v tem primeru začetna koncentracija CO<sub>2</sub>, C je nova koncentracija, *ln* je naravni logaritem (z osnovo *e* = 2,71828...) in Δ*F* je sprememba toplotne sevalne gostote, izražena v enoti W/m<sup>2</sup>. Za podvojitev koncentracije velja C = 2C<sub>0</sub>, torej imamo *ln*(2) = 0,693 in bo zato Δ*F* = 3,71 W/m<sup>2</sup>. Iz tako izračunane spremembe sevalne gostote lahko izračunamo ustrezen porast temperature:

$$\Delta T = \Delta F \{T_p / [(1-a)S_0]\}$$

S<sub>0</sub> predstavlja sončno sevanje na povprečni razdalji zemeljske orbite (t. i. solarna konstanta, čeprav je naziv zavajajoč, saj se malce spreminja tudi zaradi dejavnosti sonca) s sateliti izmerjeno vrednostjo 1361 W/m<sup>2</sup>; *a* je *albedo* oz. povprečna odbojnost sevanja Zemlje, z ocenjeno vrednostjo 0,3; T<sub>p</sub> pa je svetovno povprečje s termometri izmerjenih temperatur, ki je v predindustrijski dobi znašalo 287 K (+14 °C). Leta 1850 ni bilo ravno veliko termometrov, pa še ti pogosto niso bili dobro umerjeni, zato je napaka lahko velika. Vendar jo na podlagi kasnejšega spreminjanja temperatur, pa tudi drugih posrednih kazalnikov, lahko privzamemo za izhodišče, a zavedajoč se, da je območje nezanesljivosti dokaj široko.

Iz tega sledi, da je pričakovani porast temperature zaradi podvojene koncentracije CO<sub>2</sub>:

$$\Delta T = 3,71 \{287 / [(1-0,3)1361]\} = 1,1 \text{ K}$$

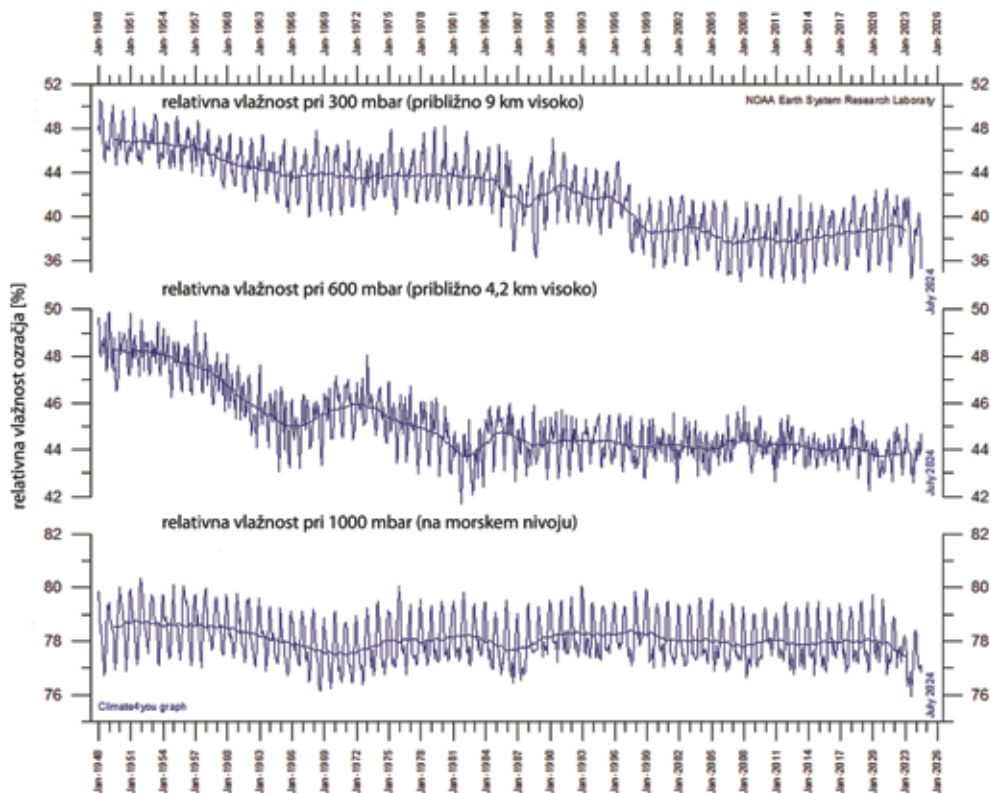
Tukaj pa se pojavi težava: rast temperature za 1,1 K smo izračunali iz podvojitve koncentracije CO<sub>2</sub>, toda zgodovinsko izmerjeno rast temperature v ozračju za okoli 1 K naj bi povzročila rast koncentracije CO<sub>2</sub> za le 35 %, torej le približno za tretjino. Če torej drži domneva, da CO<sub>2</sub> določa svetovno temperaturo, bi logično pričakovali, da podvojitve koncentracije v ozračju povzroči povišanje temperature za okoli 3 K.

Pri IPCC so prepričani v pravilnost svojega fizikalnega modela, na podlagi katerega so izračunali predvideno rast temperature za 1,1 K, zato se o morebitni napaki ne sprašujejo, raje so se lotili iskanja 'krivca', ki naj bi okrepil učinek CO<sub>2</sub> za trikrat. In našli so ga v vodni pari.

Za vodno paro sicer pravijo, da je 'močan toplogredni plin', vendar naj bi njen toplogredni učinek natančno odtehtala tvorba oblakov. Zato naj vodna para ne bi imela večjega vpliva na globalno segrevanje. Oblaki imajo visoko povprečno stopnjo odbojnosti, saj odbijejo okoli 95 % sončevega sevanja, prekrivajo pa okoli 65 % površja Zemlje. Zato je pretežni delež celotnega *albeda* Zemlje posledica visoke odbojnosti oblakov. Na priloženi satelitski sliki sicer vidimo le odboj vidne svetlobe, ne pa tudi infrardečega dela spektra, vendar je ta v tem delu sončevega spektra še kako pomemben.

#### ► ALI OBSTAJA POZITIVNA POVRATNA ZANKA?

K problemu oblakov se bomo še vrnili. Poglejmo najprej krepitev toplogrednega učinka CO<sub>2</sub>, ki ga domnevno povzročajo. Že v prvi polovici 19. stoletja je francoski inženir in fizik Sadi Carnot, ki ga danes upraviče-



➤ Izmerjena relativna vlažnost zraka že od leta 1984 kaže padajoči trend na vseh višinah (vir: NOAA ESRL)

no imamo za očeta termodinamike, med svojimi raziskavami toplotnih strojev odkril, da toplejši zrak lahko vsebuje več vlage. Vendar njegovo delo ni pritegnilo večje pozornosti za časa njegovega življenja. Kasneje, sredi 19. stoletja sta Carnota ponovno odkrila ter njegovo delo dopolnila in posodobila francoski inženir in fizik Émile Clapeyron in nemški fizik in matematik Rudolf Clausius.

Povezava oz. vzročnopolledična zveza, ki nas v tem primeru najbolj zanima, je danes znana kot Clausius-Clapeyronova relacija. Podrobnejši opis lahko najdete na Wikipediji, nam pa zadostuje ugotovitev, da toplejši zrak za vsako dodatno 1 °C lahko vsebuje okoli 7 % več vodne pare.

Od tod sledi razlaga IPCC, da s človeškimi izpusti dodani CO<sub>2</sub> poveča

temperaturo zraka, ki zato lahko vsebuje več vodne pare, kar povzroči dodatno segrevanje in še več izpustov CO<sub>2</sub> iz naravnih virov, to pa spet poveča segrevanje in omogoča večjo vlažnost, in tako naprej v nedogled. Šlo naj bi torej za pozitivno povratno zanko, ki poveča osnovni učinek CO<sub>2</sub> za okoli trikrat.

Ta večkratnik 3 ima IPCC vgrajen v vse svoje teoretične izračune in računalniške modele, kar pa – kot smo že videli – pripelje do novih napak. Računalniške simulacije prihodnjih gibanj temperature, znane kot *Generalized circulation models* oz. *GCM* (posplošeni modeli kroženja), zaradi tega vse po vrsti napovedujejo večje segrevanje ozračja, kot je bilo dejansko izmerjeno s sateliti in meteorološkimi baloni. Meritve



vlačnosti zraka s sateliti in meteorološkimi baloni so tudi pokazale, da ta dejansko pada in sicer za nekaj več kot 1 % pri tleh, za okoli 4 % na srednjih višinah, ter za 8 % pod stratosfero. Torej ravno obratno, kot bi to zgolj na podlagi rasti temperature pričakovali.

V čem je potem težava? Zakaj s poskusi potrjena Clausius-Clapeyronova relacija ne daje enakih rezultatov v naravi? Pri tem je ključna beseda *lahko*. Ni namreč nujno, da bo v toplejšem zraku tudi več vode. Pomislimo le na Saharo, kjer je kljub visokim temperaturam zrak suh. In enako se lahko zgodi kjerkoli drugje na svetu. Zaradi različnega naravnega dogajanja je v zraku včasih manj vlage kot sicer, kljub temu da se je povprečna temperatura zraka nekoliko povečala.

#### ► VPLIV OBLAKOV

Segrevanje ozračja, ki ga beležimo zadnjih 40 let, bi torej lahko bilo pretežno posledica zmanjšane vlage in zato zmanjšane oblačnosti, še zlasti manjše pokritosti z višinskimi cirusi. Razlog bi lahko bil tudi v manjšem številu izdatnejših ognjeniških izbruhov, zaradi česar je zrak čistejši, vsebuje manj aerosolov (razpršenih drobnih trdnih in tekočih delcev) ter prahu. Te nečistoče postanejo kondenzacijska jedra oz. kali, okoli katerih se vodna para zgošči v kapljice. Ob čistejšem ozračju je oblakov manj, osončenost površja pa je večja. Da bi bilo to posledica človeških prizadevanj za čistejše izpuste, je malo verjetno, saj so ti ves čas naraščali, od leta 2000 dalje še bolj strmo kot sicer, kar je predvsem posledica naglega razvoja Kitajske, kjer okoljevarstvena merila niso

ravno visoka. Je pa vsekakor res, da smo v naših izpustih močno znižali vsebnost žveplovega dioksida, za katerega smo pred štirimi desetletji verjeli, da povzroča kisli dež.

Omenjena ugotovitev o zmanjšani oblačnosti izvira iz članka, objavljenega leta 2022 v ugledni reviji Nature [1], v katerem so avtorji analizirali zapletene spremembe podnebja v zadnjih 40 letih na osnovi podatkov satelita *MERRA-2*. Avtorji pa so v svojih zaključkih vendarle zelo previdni in poudarjajo, da kljub jasnemu rezultatu analize obstaja možnost, da oblaki niso nujno edini dejavnik, saj je podnebje izredno zapleten sistem.

Problem nastanka oblakov so že prej raziskovali tudi drugi znanstveniki, med njimi Henrik Svensmark, ko je še sodeloval v CERN-u pri raziskavi oz. poskusu *CLOUD* (angl. *cosmics leaving outdoor droplets* ali smiselno *prevedeno kozmično sevanje in tvorba oblakov*) [2], kjer so raziskovali vpliv sevanja v obliki kozmičnih visokoenergetskih delcev na ionizacijo molekul plina in nečistoč v ozračju. V trkih nastali električni naboj naj bi pomagal pri nastajanju kondenzacijskih jeder za vodne kapljice ter tako omogočal hitrejšo tvorbo oblakov. Svensmark je svoje raziskave kasneje nadaljeval tako samostojno kot tudi z drugimi sodelavci [3, 4].

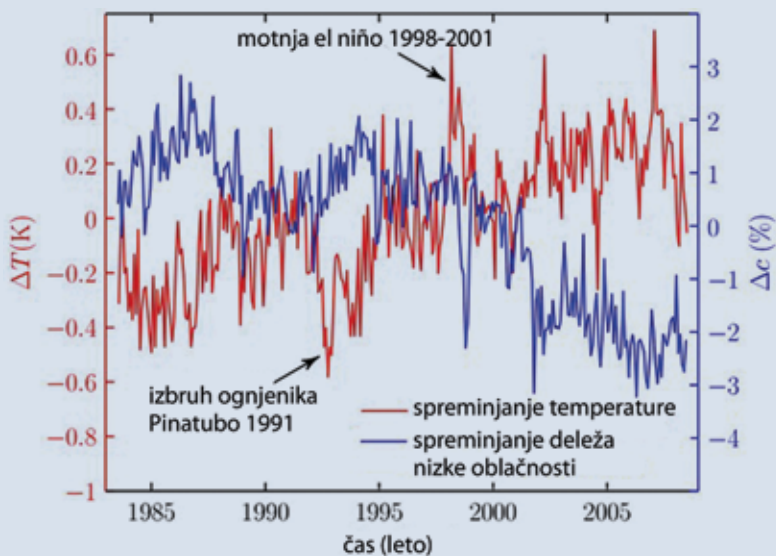
Temeljna težava je bila v ugotavljanju, kaj vse vpliva na hitrost rasti vodnih kapljic. Molekule vodne pare izkazujejo električno polarnost zaradi vodikovih atomov, ki nista simetrično razporejena. S kisikom namreč tvorita kot okoli 105°, zato ustvarjata nasprotna si električna naboja, torej dipol. Ta jih pritegne k aerosolom, ki so električno nega-

## Oblačnost in temperatura

Še en odmeven članek sta objavila tudi finska raziskovalca Kauppinen in Malmi. V njem sta ugotovila, da ni eksperimentalnih dokazov za večji vpliv človeštva na podnebne spremembe [5]. Oglejmo si graf: na vodoravni osi je čas (v letih), na levi navpični spreminjanje izmerjene temperature v kelvinih (0 ustreza temperaturi 15 °C), na desni navpični pa spreminjanje deleža pokritosti z nizko oblačnostjo (0 ustreza 26 % oz. malo več kot če-

trtinski pokritosti). Interval vnašanja podatkov je en mesec.

Iz grafa je razvidno, da vpliv oblačnosti na temperaturo pušča bolj malo prostora za vpliv CO<sub>2</sub>, saj lahko že ±2 % spremembe pokritosti z nizko oblačnostjo zadošča celotno spremembo svetovnega temperaturnega povprečja za obdobje satelitskih meritev. Tudi irska raziskovalca Connolly in Connolly sta v dokaj obsežni študiji prišla do podobnih ugotovitev [6, 7, 8].



⚙ Poostren nadzor nad kakovostjo in količino porabljenega ladijskega goriva je sicer zmanjšal onesnaženost, a zaradi nižjega deleža pokritosti z oblačnostjo prispeval k ogrevanju ozračja. (vir: spletna revija *Forbes*)

tivno nabiti, celotni elektrostatični naboj pa preprečuje, da bi se manjše molekule združevale v večje. Kozmični delci so pretežno hitri protoni, torej pozitivno nabiti delci, zato naj bi bilo kozmično sevanje odločilnega pomena za rast vodnih kapljic. Na gostoto pretoka kozmičnih delcev odločilno vpliva sončno magnetno polje, ki je v času visoke dejavnosti naše zvezde močno in delce odklanja, v času nizke pa šib-

ko, tako da se gostota kozmičnega sevanja poveča.

V občilih je velik odziv sprožil tudi drug članek, nedavno objavljen v Nature communications Earth & environment, v katerem raziskovalci analizirajo podatke, zbrane pri vesoljski agenciji NASA, kjer prav tako ugotavljajo, da bi zabeleženo segrevanje ozračja lahko bilo posledica čistejšega zraka in zmanjšane oblačnosti.

Do enakih ugotovitev so prišli še nekateri drugi avtorji, nazadnje tudi Nobelovec John F. Clauser, ki pa je lani zaradi enake izjave doživel hude napade z vseh strani. Trije takšni spletni naslovi so navedeni v virih [12, 13, 14].

Stavim, da se zaradi člankov v Nature in drugih navedenih virih, ki podpirajo enake ugotovitve, Clauserjevi kritiki ne bodo posuli s pepelom. Še manj pa to pričakujem od naše znane klimatologinje Lučke Kajfež Bogataj, ki je avgusta lani v Mladini (št. 34, v članku Poklicni zanikovalci novinarja Jureta Trampuša) na Clauserja stresala svojo sveto jezo, češ da je le kvantni fizik, ne pa klimatolog: »Napisal ni enega znanstvenega članka na temo, o kateri razpravlja. Ni razvil nobenega svojega pravega modela (za to potrebujemo večdesetčlanske time in superračunalnike). Postavil pa je tezo, ki naj ji brez vsega omenjenega verjamemo na besedo. Halo?«

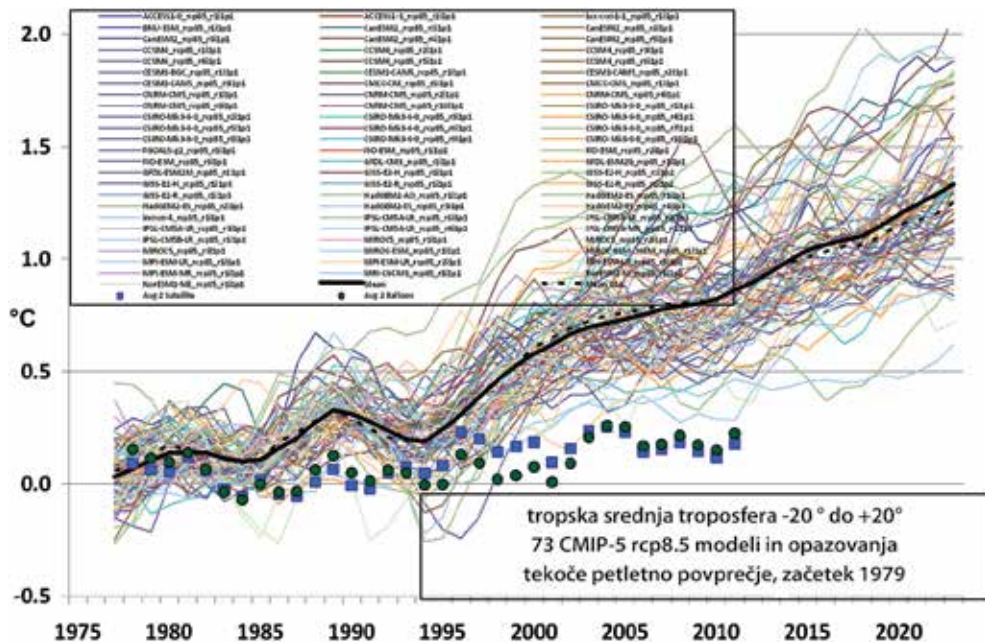
Naša vrla in spoštovana klimatologinja očitno pozablja, da je ravno kvantna fizika prispevala odločilna spoznanja o sevalnih in absorpcijskih spektrih posameznih plinov v ozračju. Brez tega ne bi vedeli, da prav določen način nihanja obeh kisikovih atomov glede na atoma

ogljika v molekuli CO<sub>2</sub> ustvari potreben električni dipolni moment, ki povzroča močno absorpcijo elektromagnetnega sevanja z valovnimi dolžinami med 14 in 16 μm, blizu katerega je tudi toplotno sevanje Zemlje največje. Podobno in še veliko bolj to velja za spekter vodne pare, ki zajema mnogo širše območje valovnih dolžin, ki se delno prekriva tudi s spektrom CO<sub>2</sub>. Zaradi tega, ter zaradi drugih pomembnih fizikalnih spoznanj, predvsem na področju termodinamike, so kvantni fiziki prvi upravičeni do komentiranja tistih spoznanj, ki zadevajo podnebje.

#### ► CLAUSERJEV IZRAČUN

John Clauser je maja letos predstavil podrobne izračune, na podlagi katerih je pokazal, da so pri IPCC naredili nekaj grobih napak, za nameček pa ročno prilagajali podatke. Clauser je lepo pokazal, da ob pravilnem preračunu s podatki, kot jih navaja IPCC, rezultati ne kažejo nobenega sevalnega neravnovesja: po navedbah IPCC naj bi bilo sevalno neravnovesje  $0,6 \pm 0,4 \text{ W/m}^2$  pri nekaterih avtorjih in  $0,7 \pm 0,2 \text{ W/m}^2$  pri drugih. Clauserjeva izračunana vrednost je  $0 \pm 3,4 \text{ W/m}^2$ , kar pomeni, da je območje nezanesljivosti ogromno, sevalno neravnovesje pa zanemarljivo majhno. V zadnjem delu je Clauser pokazal, da pri IPCC ne upoštevajo razlik v vrednosti *albeda* za jasno in oblačno nebo. Številki se namreč močno razlikujeta: prva je 0,8, druga pa 0,36. To je tudi razlog, zaradi katerega so izračunana sevalna neravnovesja tako različna. Pokazal je tudi, da so pri IPCC nepravilno upoštevali gostote moči zaradi izparevanja in tvorbe oblakov ter navpične konvek-





↻ Odstopanje računalniško simuliranih temperatur 75 različnih računalniških programov od izmerjenih temperatur z meteorološkimi baloni (zeleni krožci) in sateliti (modri kvadrati)

cije (prenosa toplote zaradi dviganja zraka) in kondenzacijske toplote. Po njegovem mnenju absorpcija toplote v oceanih sicer vpliva na temperaturo spodnje plasti ozračja, ne pa tudi na sevalno neravnovesje pri vrhu troposfere. Na koncu je še zapisal, da se vrednosti vstopnega sevanja zaradi oblakov spreminjajo med 18 in 55 W/m<sup>2</sup>, vpliv dosedanjega povečanja koncentracije CO<sub>2</sub> pa znaša le 1,1 W/m<sup>2</sup>, oz. bo 3,7 W/m<sup>2</sup>, če upoštevamo bodočo podvojitev koncentracije s 315 na 630 ppm glede na predindustrijsko dobo.

Clauser je v svoji razlagi želel ostati kar se da enostaven in razumljiv, zato se je izognil obravnavi spektralne odvisnosti posameznih plinov. Škoda, ker bi šele tam lahko pokazal na resnično velike razlike, saj pri IPCC upoštevajo vsak posamezni spekter neodvisno, ne upoštevajo pa, da se spektri med seboj prekrivajo. Spekter vodne pare tako pobere večino sevanja

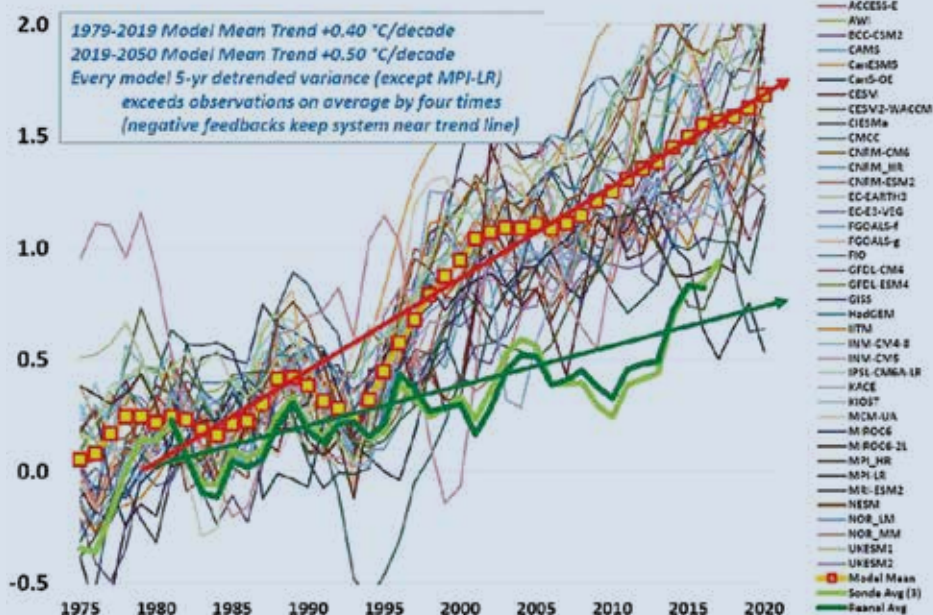
ostalim plinom, razen ene razmera majhne resonance ozona in približno polovice prevladujočega spektra CO<sub>2</sub> med 14 in 15 μm. Clauser je le bežno omenil laboratorijske meritve vpliva CO<sub>2</sub> na temperaturo, trikratne razlike med dejansko izmerjenimi temperaturami in iz tega izračunane klimatske občutljivosti na podvojitve koncentracije CO<sub>2</sub> pa se sploh ni dotaknil. Prav to pa je podlaga domneve IPCC o pozitivni povratni zanki preko vodne pare. S tem bi lahko še podkrepil svojo tezo o prevladujočem vplivu oblakov na povprečno svetovno temperaturo.

Vse omenjene napake so vgrajene v praktično vse računalniške podnebne modele (razen dveh ruskih), zato sploh ne čudi, da se tovrstne napovedi že po desetih letih opazno razlikujejo od podatkov, izmerjenih s sateliti in meteorološkimi baloni. Dr. John Christy (University of Alabama, Huntsville), ki je sicer skupaj z dr. Royem Spencerjem izumitelj

## Računalniška predvidevanja in meritve

Graf kaže ponovljeno primerjavo računalniških simulacij in meritev temperatur ozračja iz leta 2019. Gibanji obeh skupin podatkov se razlikujeta še bolj kot na prejšnjem grafu. Krivulja z rumenimi kvadrati prikazuje povprečje simulacij (ten-

ke raznobarvne krivulje), rdeča puščica pa kaže njeno linearno usmeritev. Svetlo zelena debelejša krivulja predstavlja meritve z meteorološkimi baloni, temno zelena satelitske meritve, zelena puščica pa njuno linearno usmeritev.



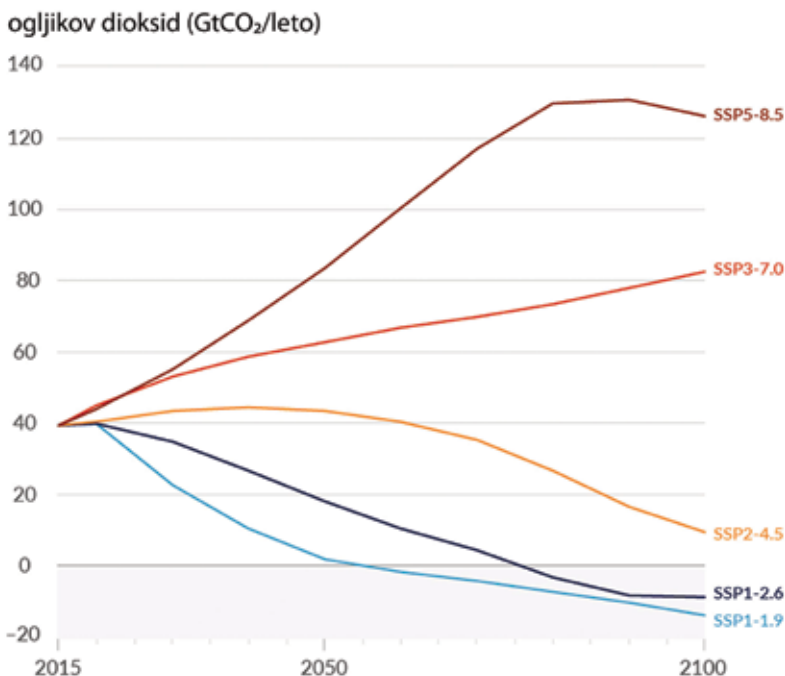
metode določanja temperatur ozračja iz satelitskih podatkov, je leta 2011 zbral rezultate računalniških simulacij 75 različnih računalniških programov in jih primerjal z letnimi povprečji meritev temperatur ozračja z meteorološkimi baloni in sateliti. Že po kakšnem desetletju so računalniške simulacije napovedovale večje segrevanje ozračja, kot je bilo izmerjeno. Postopek je ponovil tudi leta 2019 in odstopanja računalniških simulacij so bila še večja.

Opazimo lahko še nekaj: kadar je v znanosti za analizo nekega pro-

blema na razpolago več različnih modelov, vzamemo tistega, ki se najbolj prilega merilnim rezultatom in ga poskušamo še izboljšati. IPCC pa nam kot najbolj verjetno sliko prihodnosti ponuja navadno aritmetično povprečje vseh modelov!

A bodimo kolikor je mogoče prizanesljivi in povejmo, da gre pri simulacijah na gornjih grafih za namerno izbiro skrajnega razvoja dogodkov RCP8.5 oz. po novem SSP5-8.5. Ta je do izida zadnjega poročila IPCC AR6 veljal za primer, če se pri rasti izpustov ne bi nič spremenilo (angl.

➡ Različna predvidevanja mogoče rasti izpustov CO<sub>2</sub> do leta 2100 (vir: IPCC AR6 SPM, str. 13)



*business as usual*). V tem primeru so predvidevali približno potrojitev izpustov do leta 2100 v primerjavi z današnjimi.

Mimogrede, SSP je okrajšava za *Shared socio-economic pathway* (smiselni prevod bi lahko bil skupni družbeno-gospodarski potek), kjer prva številka pomeni približen porast temperature do leta 2100, izračunane na podlagi predvidenih izpustov CO<sub>2</sub>, druga številka pa je ustrezno povečanje gostote sevalne moči. Kritiki so vedno poudarjali, da je scenarij RCP8.5 malo verjeten, zato so pri IPCC v zadnjem poročilu AR6 končno privzeli nekoliko blažji primer, poimenovan SSP3-7.0, kjer se predvideva le podvojitev izpustov do leta 2100. Verjetno bi ponovna primerjava modelov s posodobljenimi merilnimi podatki kazala nekoliko manjše odstopanje. Toda tudi v tem primeru pri IPCC še naprej upoštevajo trikrat večjo občutljivost

podnebja oz. svetovne temperature na podvojitev CO<sub>2</sub>. To smo pokazali že s preprostim izračunom na podlagi Stefan-Boltzmannovega zakona (ŽiT 2023/6, str. 36).

#### ► POVZETEK

Kot smo videli, obstajajo številni dokazi, da je zabeleženo segrevanje našega planeta pretežno posledica naravnih procesov, predvsem zmanjšane oblačnosti. Sicer tudi pri IPCC ne zanikajo povsem vpliva narave, trdijo pa, da je za segrevanje pretežno kriv človek. Vendar izmerjeni podatki te teze ne podpirajo, nasprotno: če odštejemo vpliv oblakov, od preostale rasti temperature ostane bolj malo za vpliv človeških izpustov. Poleg tega pa smo že pokazali (ŽiT 2019/10, str. 29), da je pred letom 2000 vsebnost CO<sub>2</sub> v ozračju naraščala približno sorazmerno polovici človeških izpustov,

toda po letu 2000 so na človeških dejavnostih temelječi izpusti začeli naraščati skoraj trikrat hitreje, letna rast vsebnosti CO<sub>2</sub> pa se je ustalila pri okoli 1,8 ppm. Lepšega dokaza, da na vsebnost CO<sub>2</sub> v ozračju človek vpliva znatno manj kot narava, ne bi mogli najti. Zaradi tega je tudi politični pritisk v vsesplošno razogljčenje brez prave osnove.

#### SPLETNI NASLOVI

- ▶ <https://tinyurl.com/nvkwjt4p>  
[1] A. Delgado-Bonal, A. Marshak, Y. Yang, D. Holdaway: Analyzing changes in the complexity of climate in the last four decades using *MERRA-2* radiation data; *Nature*, 2022, prost dostop
- ▶ <https://tinyurl.com/3d6tc4d3>  
[2] *CLOUD*
- ▶ <https://tinyurl.com/38ecnsps>  
[3] H. Svensmark, J. Svensmark, M. Bødker Enghoff, N. J. Shaviv: Atmospheric ionization and cloud radiative forcing, oktober 2021, prost dostop
- ▶ <https://tinyurl.com/bdhv7b46>  
[4] H. Svensmark: Force majeure – the Sun's role in the climate change, prost dostop
- ▶ <https://tinyurl.com/ybrdr5h6>  
[5] J. Kauppinen and P. Malmi: No experimental evidence for the significant anthropogenic climate change, prost dostop
- ▶ <https://tinyurl.com/yea6axp6>  
[6] M. Connolly, R. Connolly: The physics of the Earth's atmosphere (I) – Phase change associated with tropopause
- ▶ <https://tinyurl.com/57cn4t9m>  
[7] The physics of the Earth's atmosphere (II) – Multimerization of atmospheric gases above the troposphere
- ▶ <https://tinyurl.com/bdh2ypba>  
[8] The physics of the Earth's atmosphere (III) – perpective power
- ▶ <https://tinyurl.com/bd35nxc>
- ▶ <https://tinyurl.com/nfn45py2>
- ▶ <https://tinyurl.com/mswf7w2n>  
[9, 10, 11] članki o ogrevanju ozračja zaradi nižjih ladijskih izpustov
- ▶ <https://tinyurl.com/3t8d3zzb>
- ▶ <https://tinyurl.com/bdhkxns9>
- ▶ <https://tinyurl.com/3ma3vdfz>  
[12, 13, 14] članki o Johnu Clauserju
- ▶ <https://tinyurl.com/afs6ehsx>  
[15] posnetek predavanja Johna Clauserja

## NAROČITE SE NA REVJO TIM!



TIM je revija za tehniško ustvarjalnost in je edina tovrstna publikacija v Sloveniji. Namenjena je predvsem mladim, pa tudi vsem tistim, ki jih zanimajo naravoslovno-tehnične in tehnično-športne teme, letalsko, ladijsko, avtomobilsko ali raketno modelarstvo, male železnice, plastično maketarstvo, konstruktorstvo, fotografija, elektronika, robotika ipd. Zanimive prispevke z naštetih področij dopolnjujejo različno zahtevni načrti ter napotki za izdelavo najrazličnejših uporabnih izdelkov iz lesa, papirja, plute, kovine, akrilnega stekla, naravnih gradiv itn., velik pomen pa revija namenja tudi koristni izrabi odpadnih gradiv.

**Iz vsebine novemberske številke:** Izobraževalno središče CoSA v Gradcu, Cvetoči šopi trave, Model pošastnega tovarnjaka, Servirni pladenj za suši, Gumimobil, Podstavek za termometer, Poskakujoči zajček, Ptičja krmilnica, Stojalo za otroške knjige, Zgradba rastlinskega lista, Torbica iz usnja, Taktilna preproga, Pinjata

TIM izhaja med šolskim letom, tj. od septembra do junija, in sicer 5. v mesecu. Cena posameznega izvoda v redni prodaji je 4,75 EUR (z vključenim DDV), naročniki pa imate 10 % popusta, tako da celoletna naročnina za 10 števk znaša samo 42,81 EUR oz. za tujino 60 EUR (z vključenim DDV). Revijo prejimate po pošti na svoj naslov, deležni pa ste še nekaterih drugih ugodnosti. Več podatkov najdete na spletni strani [zotks.zalozba/?tim=1](https://zotks.zalozba/?tim=1).

Naročilo lahko opravite po telefonu **01/25-13-743** ali e-pošti ([revija.tim@zotks.si](mailto:revija.tim@zotks.si)).

Za morebitne dodatne informacije pokličite na telefonsko številko **01/4790-220**.



**Zveza za tehnično kulturo Slovenije**  
Zaloška 65, 1000 Ljubljana