

IZOBRAŽEVANJE



Matija Perne

GLOBALNO SEGREVANJE IN JAME

Zakaj sploh pišem o tem?

Zato, ker se zdi, da tema je in bo pomembna za jamarstvo in nasploh za življenje. A o njej vseeno neradi pišemo in govorimo, saj je globalno segrevanje tako počasno in neotipljivo, abstraktno. Na ferajnu se vsako leto zgodi marsikaj bolj pomembnega od globalnega segrevanja v tistem letu. Pomembno je v dolgoročnem smislu, ker se kopiči. Toda, ker ga neposredno ne čutimo, potrebujemo domišljijo, da si sploh predstavljamo, kam vodi – pa še takrat se ne moremo zanesti na zaključke, saj je tako »sanjarjenje« preveč negotovo. Za povrh je tema dostikrat jabolko spora, v družbi je nekdo pogosto drugačnih nazorov kot mi, ko nanese na to temo, pa ga (ali se) nočemo jeziti in se raje pogovarjamo o čem drugem.

Kaj je globalno segrevanje?

Površje našega planeta je bilo leta 2014 v povprečju najtoplejše od izuma termometra [1, 2] – a rekord ni dolgo zdržal, presežen je bil v letu 2015. Pa ni ostalo pri tem, leto 2016 je bilo še toplejše [3].

Kako se je to moglo zgoditi? Kriv je El Niño, pojav v morskih in zračnih tokovih v tropskem Pacifiku [4]. Stvari se tam pretakajo bodisi hitreje bodisi počasneje, in kadar se počasneje, se toplota »zatakne« na površju namesto da bi jo »potegnilo« v globine oceana. Dovolj veliko območje je takrat zato zadosti toplejše, da prevlada v svetovnem povprečju, tako da so leta z El Niňom toplejša. V naštetih treh letih so se stvari vrtele počasneje [5], zato so bila najtoplejša. Letos se spet hitreje, zato 2017 morda ne bo preseglo rekorda.

Toda El Niño ni nič novega [6], in tako ne ponuja vse razlage – pojasni nam, zakaj je bilo leto 2016 toplejše kot 2013, ne pa, zakaj je bilo toplejše od vsakega med šestinštiridesetimi leti z El Niňom v dvajsetem stoletju. Potrebujemo še razlago dolgotrajnega trenda, razlog za naraščanje povprečne temperature skozi desetletja. Krivi smo, jasno – mi. Z izpuščanjem toplogrednih plinov, posebej ogljikovega dioksida, pretežno iz fosilnih goriv, planetu premikamo termostat [7].

Kako? Zemlja vpija Sončevo vidno svetlobo, v veselje pa oddaja svojo svetlobo pri daljši valovni dolžini, v infrardečem delu spektra. Del slednje gre naravnost s tal

praznino in je ne vidimo nikoli več, del pa se vpije v ozračju. Ozračje infrardečo svetlobo tudi seva, tako navzgor kot navzdol. Navzdol izsevana se vpije v tleh in jih dodatno segreje. Tako je Zemljino površje po zaslugi ozračja toplejše kot bi bilo sicer – pojavu pravimo učinek tople grede. Mi pa ozračju dodajamo sestavine, ki rade vpijejo iz tal izsevane infrardečo svetlobo in jo ponovno izsevajo. Povečuje se v ozračju vpiti delež in nazaj izsevani svetlobni tok, vedno več iz ozračja izsevane svetlobe se vpije v tleh in Zemljino površje je vedno toplejše.

Pa jame?

Zemljino površje se je med letoma 1880 in 2012 v povprečju segrelo za 0,85 stopinje Celzija (0,65°C do 1,06°C, če navedemo še negotovost meritve) [8] in segrevanje se nadaljuje, saj toplogredne pline ozračju vztrajno dodajamo. Če se segreje za dve ali štiri stopinje, naj bi se Slovenija tudi za približno toliko, in ni videti razloga, da bi bila temperaturna sprememba v jamah večja kakor na površju. Občutek bo pri toliko višji temperaturi v jami sicer bistveno spremenjen, toda jama bo še zmeraj jama. Po njih bodo v glavnem hodili drugi ljudje, zato razlike ne bodo neposredno občutili, kdor od nas se bo še jamarsko udeleževal, pa se bo počasi privajal na nove razmere, kajti segrevanje je po merilih človeškega življenja vendarle počasno. Sklepamo lahko tudi, da temperaturne spremembe vsaj v malo globljih jamah za tistimi na površju zaostajajo za mnogo desetletij [9].

Kar se temperature in njenih učinkov tiče, bi bile lahko izjema ledene jame. Tam majhna razlika v temperaturi povzroči veliko spremembo v stanju jame, saj se led nad 0°C stali. Terenske meritve, tudi predsednikove [10], kažejo spremembe. Toda tudi ta medalja ima dve plati – da temperatura v ledeni jami malo naraste, je potrebno staliti veliko ledu. Tudi snežnica bo v tiste jame, ki jih napaja, še vedno tekla pri približno isti temperaturi, kar bi lahko zmanjšalo temperaturne spremembe v njih.

Kaj pa morebitna sprememba v količini padavin? Morda jih bo več ali manj, oboje bi vplivalo na pretoke v jamah, obenem pa bi še mnogo bolj izrazito spremenilo rastje na površju. Dvakrat več ali pol manj vode namreč videza jame ne spremeni pretirano, tolikšen pretok je največkrat še znotraj območja naravnih nihanj. Predvsem pa je jama tudi

pri drugačnem pretoku še vedno ravno toliko jama.

Se pravi, jame se zaradi globalnega segrevanja lahko spremenijo. Nekatere spremembe bodo opazne za tiste, ki bodo šli isto jamo ponovno pogledat po daljšem času. Segrevanje jih ne bo uničilo, še vedno bodo čisto prave jame, če seveda nisem česa pozabil zaradi pomanjkanja domišljije – zato se na moje mnenje, da katastrofe pod zemljo ne bo, ne zanašajte preveč.

Pa jamarstvo?

Za nas bo segrevanje žal pomembnejše od jam. Težko si je predstavljati, kako ga bomo sploh preživeli. Težko si je tudi zamisliti, kako bomo preživeli brez fosilnih goriv, a bomo morali, če nočemo, da globalno segrevanje čisto pobezlja. Najtežje si je zamisliti, kako bomo preživeli brez obojega.

Težava je v hrani. Nekje sem ujel citat, da je sodobno kmetijstvo uporaba zemlje za predelavo nafte v hrano. O kmetijstvu na podlagi obnovljivih virov energije ne bom razpredal, saj je predaleč od teme članka, zato nadaljujem z učinki podnebja; strokovnjak tako ali tako nisem – ne za eno ne za drugo.

Vsaki poljščini ustreza določeno podnebje. Če se Zemlja segreje, bi pričakoval, da se bodo podnebni pasovi preselili proti tečajem in višje v gore. Torej bi lahko tudi poljščine preselili proti tečajem, pa bo, kajne?

Že v teoriji sta nam napoti dve težavi. Prva je, da je Zemlja krogla in ne Mercatorjeva projekcija, tako da se površina pasov manjša, ko jih vlečemo proti polu. Pojav bo do neke mere izravnalo to, da segrevanje ne bo povsod enako, ampak bo na polih močnejše kot na ekvatorju. Druga težava je, da Sonce sije tem bolj položno čim bolj se bližamo polu. Zato, npr., enako goste koruzne bilke bliže pola mečejo več sence ena na drugo. Ker svetlobo potrebujejo za fotosintezo, bi to gotovo lahko slabo vplivalo na rast. Rastline imajo nasprotujoče si želje, hkrati bi rade dovolj sonca in ne preveč vročine.

Selitev v gore najbrž v glavnem odpade zaradi naklonov in prsti – Triglava ne bomo preorali ne glede na podnebne spremembe.

Pri selitvi proti polom nas ovirajo tudi zelo praktične težave. Seliti se je pogosto težko in prepovedano – bližnja zgleda sta Sredozemsko morje in ograja vzdolž dobršnega dela meja naše države. Kdor se uspe preseliti v kraje z domnevno trenutno ugodnejšim podnebjem, ki pa je zaradi

sprememb slabo poznano, in ki ga ni navajen, ne ve, kdaj in kaj sejati. Pogojev tako gotovo ne more optimalno izkoristiti. Verjetno je tudi, da so pogoji zaradi globalnega segrevanja manj stabilni in zanesljivi, da je vreme vedno bolj spremenljivo [11]. Se pravi, da se ob setvi ne da tako dobro predvidevati možnih razpletov vremena čez leto, kakor se jih je lahko nekoč.

Potem pa naj poleg hrane gojimo še kaj za energijo namesto fosilnih goriv, recimo drva za ogrevanje ... Knjiga »Trajnostna energija - brez razgretega ozračja« [12] je sicer utemeljena na britanskih podatkih, njene napovedi o življenju na obnovljiv pogon pa niso obetavne. Priporočam, zdi se zelo realna.

Za povrh naraščanje morja prinaša dodatno zmedo in stroške.

Kaže torej, da bo v prihodnosti potrebnega precej več truda za golo preživetje. Nam bo v življenju vseeno ostalo dovolj časa za jame? Si bomo še vedno lahko privoščili jamarsko opremo in pot do jam? Bomo videli, upajmo da bo šlo. Morda je rešitev več, kakor jih vidim, domišljija je tokrat na naši strani in bi utegnila prinesiti kak odgovor, ki sem ga zgrešil. Napovedujem torej, da nam bo težko, a dopuščam možnost, da bo zaradi naše ustvarjalnosti manj hudo, kakor si mislim.

Kaj globalno segrevanje res ni izmišljeno?

Učinek tople grede je teoretično pojasnjen – že Fourier je poznal meritve na steklenih toplih gredah in spekuliral, da ima atmosfera podoben učinek, ter o tem poročal leta 1824 [13]. Na primeru Zemlje in še kakega planeta je to tudi podprto z meritvami; Arrhenius je leta 1896 ocenil pomen učinka in napovedal posledice morebitnih sprememb v koncentraciji toplogrednih plinov [14]. Sodobna ocena pravi, da bi bila Zemlja brez učinka tople grede za 33 stopinj hladnejša [15]. Da so plini, kot je ogljikov dioksid, pri zemeljskih razmerah toplogredni, je pojasnjeno s kvantno mehaniko in podprto z laboratorijskimi meritvami absorpcijskih spektrov (prve meritve lastnosti posameznih plinov, ki so nakazovale na učinek tople grede, je opravil Tyndall in jih objavil leta 1861 [16])¹. Kurjenje fosilnih goriv povečuje koncentracijo ogljikovega dioksida v ozračju, meritve naraščanje koncentracije potrjujejo [17, 18].

Od tod se zdi jasno, da človeška dejavnost segreva naš planet. Segrevanje potrjujejo tudi meritve.

¹ Teoretični dodatek. V temperaturnem območju, v katerem je Zemlja, plinasti enoatomni in dvoatomni elementi, ki tvorijo večino ozračja, ne igrajo vloge, plini iz več kot enega elementa ali z več kot dvema atomoma v molekuli pa so toplogredni. Gre za to, da je večina plinov brezbarvnih, večina molekul se ne meni za vidno svetlobo s Sonca in jo spustijo mimo. Preproste molekule se ne menijo niti za infrardeče sevanje Zemlje, bolj zapletene pa rade prestrežejo infrardeč foton, ki jim zaniha atome enega glede na drugega. Prestrežena energija se nato spet izseva kot foton, včasih nazaj, kar Zemljo dodatno segreje. Če gledamo celotno ozračje, mu dodatne, bolj zapletene molekule, zmanjšajo prepustnost za infrardečo svetlobo. Obraten pojav, da bi z dodajanjem molekul povečali prepustnost, ni mogoč. Tako vedno govorimo le o segrevanju, zato v zrak niti pomotoma ne moremo spustiti kakega »aditiva«, ki bi učinek tople grede zmanjšal.

Zakaj torej razsoden človek v segrevanje kot posledico izpustov toplogrednih plinov ne bi verjel? Pričakoval bi, da bo podvomil kvečjemu ob pomembnem novem odkritju, ki bi ovrglo katerega od korakov mehanizma ali povezavo med njimi, obenem pa brez globalnega segrevanja pojasnilo meritve, ki kažejo segrevanje. In obratno – pričakoval bi, da vsega tega znanja ne bo zavrnil le zato, ker na primer:

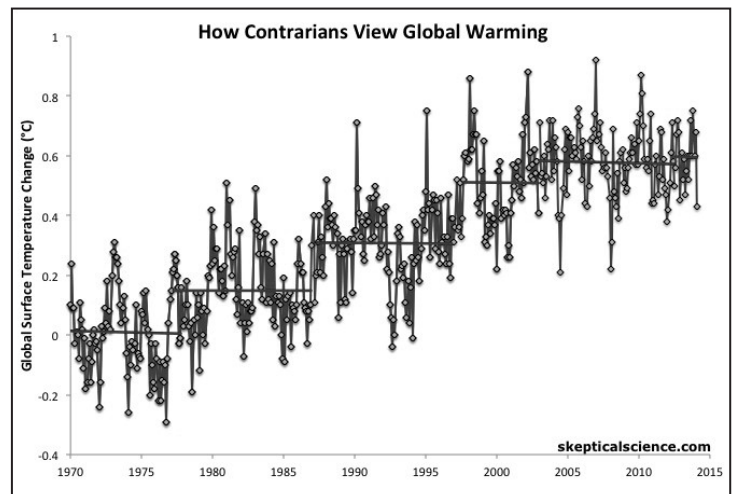
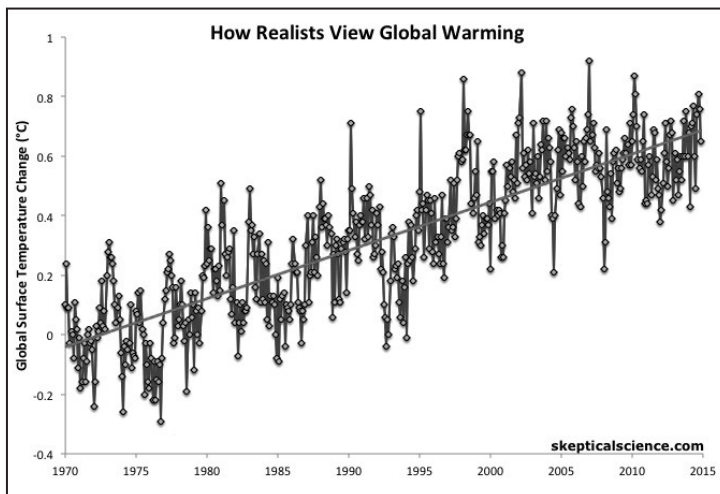
- nekdo na podlagi elektronskega sporočila, ukradenega klimatologu, trdi, da ta ne dela pošteno [19];
- nekdo »načara« izbor meritev, po katerem se zdi, da nekje nekaj časa ni bilo segrevanja [20];
- znanstvenika obtožijo, da ni dobro utemeljil ene izmed predpostavk;
- znanstveniku očitajo, da njegova odkritja delujejo v prid njegovim finančnim interesom².

Pa se marsikdaj zgodi točno to. Zakaj? Delno zaradi osebnega nazora; če ne maramo državnega odziva na segrevanje ozračja v podobi zakonskih omejitev ali celo domnevnega tajnega pršenja strupov z letal [21], radi verjamemo, da je globalno segrevanje bodisi zmeta bodisi izmišljotina. Ko v nekaj verjamemo, smo veliko bolj strogi in nezaupljivi do podatkov, ki nasprotujejo našemu prepričanju, kot do tistih, ki mu pritrjujejo. V tem primeru tako marsikateremu neprepričljivemu argumentu proti globalnemu segrevanju pripišemo prevelik pomen.

Nepomembnih, zgrešenih in že ovrženih argumentov proti globalnemu segrevanju pa ne napihujejo le pošteni ljudje, ki so v zmoti, ampak nekateri zavajajo namerno in sistematično, in to za denar³. Premogovniki, termoelektrarne, naftna polja, naftovodi, tankerji, rafinerije, bencinske črpalke, tovarne dizelskih motorjev, ... so zelo veliko vredni – ko bomo fosilna goriva opustili, pa ne bo več tako. Lastniki bi radi ta trenutek čim dlje odlagali, vendar resnice ne morejo prikriti. Uporabljajo drug, bolj praktičen način. Ker je jasno, da načina življenja ne bomo spremenili na podlagi podatkov, v katere nismo prepričani, je dovolj, da ustvarjajo vtis dvoma. To uspešno počnejo in ekonomsko je to zanje še kako smiselno (še ena priporočena knjiga: »Merchants of Doubt« [22]). Premogovniku, na primer, znižuje vrednost strah, da bo premog čez nekaj let opuščen ali zelo obdavčen. Čim dodaten dvom v globalno segrevanje navidez zmanjša to verjetnost, vrednost premogovnika zraste in lastnik ga lahko dražje proda. Tako se mu tudi majhen in začasen prispevek k dvomu finančno izplača.

Torej?

Napisal sem morda preveč, povedal malo, dosegel še manj. Upam, da prispevek ni koga preveč potrl. Debatu sem načel, gotovo pa ne končal, žal.



Z lomljeno črto in točkami je prikazana izmerjena sprememba povprečne temperature zemeljskega površja po podatkih laboratorija NASA GISS za vsak mesec od januarja 1970 do decembra 2014. Ravna črta na prvi sliki prikazuje linearni trend, ki očitno in zanesljivo narašča. Krajše ravne črte na drugi sliki so prav tako linearni trendi, a za krajša obdobja, ki so prekratka za prepoznavanje dolgoročnih procesov. Vidimo, da je krajše intervale mogoče izbrati tako, da globalnim podnebnim spremembam navkljub trend ni izrazit – ali celo pada. Pogosto ponavljane trditve, kako se je globalno segrevanje leta X ustavilo in ga od takrat ni zato ne nosijo večje teže in jih čas vztrajno postavlja na laž (vir: skepticalscience.com).

- 2 Priznam, da se ta argument ne pojavlja pogosto, a ne morem, da ne bi odgovoril nanj, saj je tako plitek ... V obstoječem sistemu se pričakuje, da bo človek služil s svojim znanjem in odkritji. Zakaj bi bilo pri klimatologih drugače in bi morali pljuvati v lastno skledo? Če ne verjamemo klimatologu, ker ima na svojem griču sončno elektrarno, na drugi strani griča pa sadi gozd za vezavo ogljika in tako služi z omejevanjem podnebnih sprememb – ali bi mu bolj zaupali, če bi vlagal v delnice naftne rafinerije na morski obali?!?!?
- 3 Za razliko od nasprotnega očitka znanstvenikom ta trditev ni utemeljena na zgrešeni logiki »splača se mu, torej laže«. Industriji lažnivost očitajo na podlagi drugih podatkov, pri čemer se ve, da brez finančnega motiva ne bi lagala. Ta potrební pogoj pa je izpolnjen.

- [1] Temperature record of the past 1000 years. (6. junij 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Temperature_record_of_the_past_1000_years&oldid=784141834.
- [2] Annual mean Land-Ocean Temperature Index in 0.01 degrees Celsius: selected zonal means. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata_v3/ZonAnn.Ts+dSST.txt.
- [3] Satterfield, D.: NOAA/NASA 2016 Hottest On Record- 3rd In a Row. *Dan's Wild Wild Science Journal - AGU Blogosphere*, 18. januar 2017. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova <http://blogs.agu.org/wildwildscience/2017/01/18/noanasa-2016-hottest-record-3rd-row/>.
- [4] El Niño. (26. september 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=El_Ni%C3%B1o&oldid=802421696.
- [5] 2014–16 El Niño event. (9. julij 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=2014%E2%80%9316_El_Ni%C3%B1o_event&oldid=789730916.
- [6] Historical El Nino Events - Causes and Consequences of the Medieval Warm Period. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova <https://sites.google.com/site/medievalwarmperiod/Home/historic-el-nino-events>.
- [7] Comparison between modeled and observations of temperature rise since the year 1860 (© *Intergovernmental Panel on Climate Change, Third Assessment Report, 2001. Working Group 1: The Scientific Basis, Figure 1.1.*). Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova http://www.learner.org/courses/envsci/visual/visual.php?shortname=temp_since_1860.
- [8] Global warming: Observed temperature changes. (24. september 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming#Observed_temperature_changes.
- [9] Covington, M. D., Perne, M.: Consider a cylindrical cave: A physicist's view of cave and karst science. *Acta Carsologica*, 2015, letn. 44, št. 3, str. 363–380. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova <https://ojs.zrc-sazu.si/carsologica/article/download/1925/3960>.
- [10] Košutnik, J.: Results of long-term ice cave research in Slovenia (2009–2016) = Rezultati dolgoročnih raziskav ledenih jam v Sloveniji (2009–2016). V *Milestones and challenges in karstology : abstracts & guide book = Mejniki in izzivi v krasoslovju : povzetki & vodnik*. Pridobljeno dne 28. septembra 2017 z naslova <http://iks.zrc-sazu.si/datoteke/IKS-25-Guide-book-2017.pdf>.
- [11] Satterfield, D.: How the Disappearing Arctic Ice is Already Changing Your Weather. *Dan's Wild Wild Science Journal - AGU Blogosphere*, 15. april 2017. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova <http://blogs.agu.org/wildwildscience/2017/04/15/disappearing-arctic-ice-already-changing-weather/>.
- [12] David J.C. MacKay: *Trajnostna energija - brez razgretega ozračja*. Prevajalki Maja Ropret in Andreja Krašna. Ljubljana: Energetika.NET, 2013. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://www.en-lite.si/images/Trajnostna_energija_tisk.pdf, »domača stran« knjige <https://www.en-lite.si/index.php/knjiga-energija>.
- [13] Burgess, E.: General Remarks on the Temperature of the Terrestrial Globe and the Planetary Spaces; by Baron Fourier. *American Journal of Science*, 1837, št. 32, str. 1–20. Prevod iz francoščine v angleščino dela Fourier, J. B. J.: *Remarques Générales Sur Les Températures Du Globe Terrestre Et Des Espaces Planétaires. Annales de Chimie et de Physique*, 1824 št. 27, str. 136–167. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z <http://fourier1824.geologist-1011.mobi/>.
- [14] Arrhenius, S.: On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine and Journal of Science*, 1896, ser. 5, št. 41, str. 237–276. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z http://www.rsc.org/images/Arrhenius1896_tcm18-173546.pdf.
- [15] Greenhouse effect. (14. september 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Greenhouse_effect&oldid=800586474.
- [16] Tyndall, J.: The Bakerian Lecture: On the Absorption and Radiation of Heat by Gases and Vapours, and on the Physical Connexion of Radiation, Absorption, and Conduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 1861, št. 151, str. 1–36. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z <https://archive.org/details/jstor-108724>.
- [17] Suess effect. (16. junij 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Suess_effect&oldid=785988687.
- [18] Keeling Curve. (1. september 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Keeling_Curve&oldid=798369544.
- [19] Climatic Research Unit email controversy. (25. september 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 28. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Climatic_Research_Unit_email_controversy&oldid=802305183.
- [20] Satterfield, D.: Dispelling An Enduring Myth With One Image. *Dan's Wild Wild Science Journal - AGU Blogosphere*, 8. november 2011. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova <http://blogs.agu.org/wildwildscience/2011/11/08/dispelling-an-enduring-myth-with-one-image/>.
- [21] Chemtrail conspiracy theory. (30. avgust 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 28. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Chemtrail_conspiracy_theory&oldid=798010867.
- [22] Merchants of Doubt. (4. september 2017). V *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Pridobljeno dne 26. septembra 2017 z naslova https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Merchants_of_Doubt&oldid=798963788.