

Kako spremljamo podnebno spremenljivost ?

Avtorji: mag. Mojca Dolinar, Gregor Vertačnik, dr. Damjan Dvoršek, Mateja Nadbath
Agencija RS za okolje, Urad za meteorologijo

Objavljeno: Delo Znanost, 17. december 2009

Od 7. do 18. decembra v Kopenhagnu poteka konferenca Združenih narodov o podnebnih spremembah (COP15), kjer naj bi svetovni voditelji sprejemali pomembne odločitve za naše okolje v prihodnosti. Ključni predpogoj za sprejemanje pravih odločitev in strategij so verodostojna znanstvena dognanja, ki morajo temeljiti na strokovni analizi in obdelavi večjega števila klimatoloških meritev in opazovanj. Na Agenciji Republike Slovenije za okolje trenutno teče projekt Podnebna spremenljivost v Sloveniji, katerega cilj je natančna analiza trendov podnebnih spremenljivk od leta 1961 dalje.

V članku predstavljamo, kako poteka obdelava klimatoloških meritev. To je tema, ki je v poljudnih člankih o podnebnih spremembah zanemarjena. Boljše razumevanje tega znanstvenega procesa lahko laični javnosti omogoči kritično presojanje podatkov, ki se pojavljajo v medijih.

Podnebje po starejši definiciji predstavlja povprečno vreme. Boljša, v zadnjem času pogosteje uporabljena definicija je, da podnebje predstavlja okvire, znotraj katerih lahko pričakujemo posamezne vremenske dogodke. Stanje podnebja opišemo s posameznimi podnebnimi spremenljivkami, kot so temperatura, višina padavin in snežne odeje, trajanje sončnega obsevanja in druge. Vse te spremenljivke in tudi njihove statistike se nenehno spreminjajo: iz dneva v dan, iz meseca v mesec, iz sezone v sezono, iz leta v leto. Te spremembe so lahko zelo velike in odražajo dejansko spremenljivost vremena in podnebja. Spremenljivost podnebja je posledica naravnih dejavnikov (astronomski vplivi, izbruhi vulkanov...) in človekove dejavnosti (predvsem preko izpustov toplogrednih plinov). Na izmerjene vrednosti ne vpliva le spremenljivost podnebja, temveč tudi umetni vplivi. Mednje sodijo spremembe v okolici merilnega mesta (poselitev, vegetacija) ter spremembe merilnih tehnik in inštrumentov. Nemalokrat umetni vplivi zakrijejo spremenljivost podnebja. Le kako lahko iz takšnih meritev ugotovimo, da se podnebje v resnici spreminja in da ne gre le za vpliv drugih dejavnikov v bližnji okolici?

Meritve podnebnih spremenljivk

Stanje podnebja spremljamo s pomočjo meritev podnebnih spremenljivk. Meritve morajo biti skrbno načrtovane in izvajane v skladu s standardi, ki jih določa Svetovna meteorološka organizacija (SMO), s čimer zagotovimo primerljivost meritev po vsem svetu. Za znanost o podnebnju ni pomembna le trenutna prostorska primerljivost meritev (kar zadostuje za napovedovanje vremena), ampak tudi primerljivost meritev skozi celotno merilno obdobje. To pomeni, da morajo meritve potekati vseskozi na istem mestu, z enakimi inštrumenti in da se merilna okolica ne sme spreminjati. Našteto je v praksi seveda nemogoče, če upoštevamo dejstvo, da najdaljše ohranjene meritve v Sloveniji segajo v leto 1850. Na mestu, kjer danes stoji tipična mestna meteorološka postaja Ljubljana Bežigrad, so bili v času začetka meritev travniki in njive. Sprva so meritve opravljali v samostanih in takratnih šolskih ustanovah. Šele kasneje so se izoblikovale ustanove, ki so meritve opravljale načrtno in po predpisih. V časih, ko so meritve opravljali v samostanih in šolah, se lokacija ni spreminjala, pozneje pa so

postaje porazdelili enakomerneje po celotni deželi in so postaje vodili v te namene izobraženi posamezniki. Ko je opazovalec zaradi različnih vzrokov nehal opazovati, se je postaja preselila v bližino novega opazovalca. Zamenjava prostovoljnega opazovalca je danes najpogostejši vzrok premika lokacije postaje. Danes se ob vsaki predstavitvi postaje, kolikor je le mogoče, upošteva bližino prejšnjega merilnega mesta oziroma primerljivost njune okolice. Za primer vpliva okolice na meritve lahko navedemo, da je ob enakih vremenskih razmerah temperatura 2 m nad travnato površino lahko tudi nekaj stopinj Celzija nižja kot nad asfaltno površino.

V 150 letih opazovanj so se menjali tudi načini opravljanja meritev. Tako so bili npr. termometri na začetku postavljeni na mestih, kot so okenske police, drevesa, terase ... Njihova izpostavljenost direktnemu sončnemu sevanju je bila zelo različna. Šele kasneje so se merilna mesta standardizirala in so termometri dobili svoje mesto v meteorološki hišici, ki mora biti postavljena na odprti osončeni legi, 2 metra od tal nad travnato podlago oziroma tlemi, ki so naravno značilni za okolico postaje. V zadnjem času je najbolj pogost vzrok za spremembe na merilnem mestu avtomatizacija meritev.

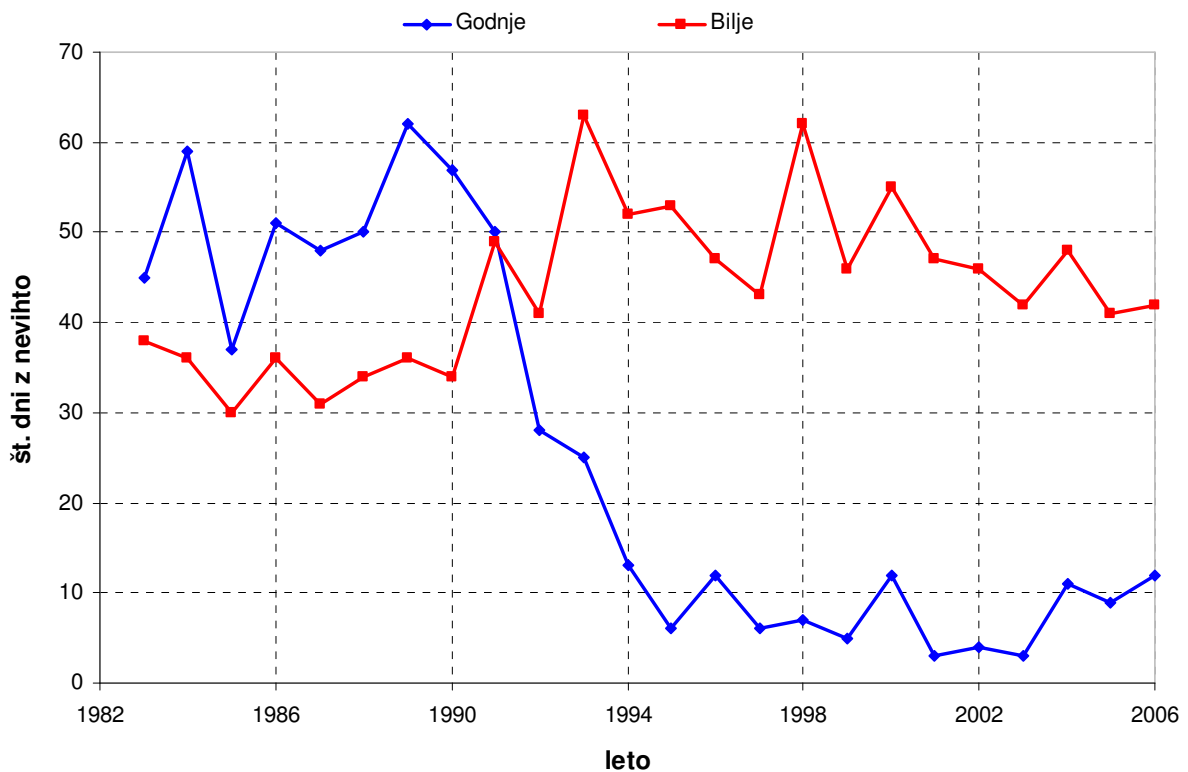


Slika 1. Opazovalni prostor meteorološke postaje Ljubljana Bežigrad, slikan proti zahodu oktobra 2007 (foto: P. Stele)

Metapodatki

Vsako spremembo na merilnem mestu moramo skrbno zabeležiti, zelo je pomembno, da zabeležimo tudi čas nastanka spremembe. Če je le mogoče (npr. v primeru predstavitve lokacije ali menjave inštrumenta), dlje časa opravljamo vzporedne meritve npr. na novi in stari lokaciji. Tako dobimo kvantitativne ocene vpliva premikov na vse podnebne spremenljivke in to upoštevamo pri nadaljnji obdelavi meritev. Poleg informacij o premikih merilnih mest in menjavi inštrumentov moramo zbirati tudi ostale podatke o značilnostih

merilnega mesta in merilnih instrumentih, okolici merilnih mest, opazovalcih in vseh spremembah, ki so kakorkoli vezane na merilno postajo. Vse te podatke imenujemo metapodatki – to so podatki o meritvah. Zelo pomembno je, da meteorološke podatke vedno obravnavamo skupaj z metapodatki.



Slika 2. Primerjava števila nevihtnih dni na postajah Godnje in Bilje. Opazovalec zabeleži dan kot nevihtni, če na ta dan sliši grom. Iz zelo različnega poteka števila neviht lahko samo iz grafičnega prikaza, brez statističnih testov, sklepamo na nehomogenost v obeh nizih. V Biljah se po letu 1990 pogostost neviht poveča, očitna je tudi bistveno večja medletna spremenljivost po letu 1990. V metapodatkih najdemo vzrok za to nehomogenost: 1. 4. 1990 se je postaja prestavila, zamenjal se je tudi opazovalec. Še bolj očiten skok v pogostosti neviht je po letu 1991 opazen v Godnjah. Tudi tu je vzrok za nehomogenost prestavitev postaje in menjava opazovalca (8. 4. 1992).

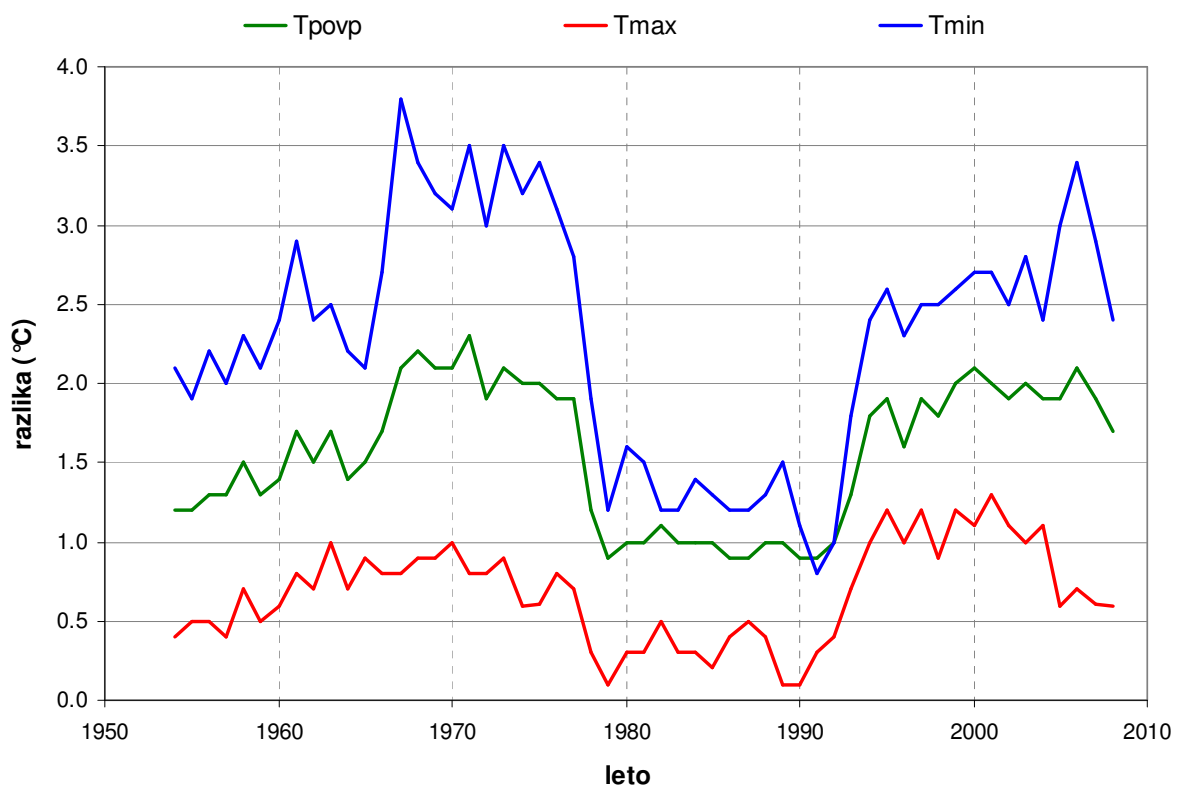
Kontrola podatkov

Izmerjene podatke moramo zaradi prej omenjenih vplivov na meritve pred statistično analizo skrbno pregledati. Izmerke pred obdelavo vnesemo v digitalno bazo. Prvi korak v postopku obdelave podatkov je kontrola izmerjenih vrednosti. Da odkrijemo napake, posamezni izmerek primerjamo z njegovimi predhodniki in nasledniki (časovna kontrola), z drugimi spremenljivkami, izmerjenimi na isti postaji (logična kontrola, kontrola z mejami) ter z izmerki na sosednjih postajah (prostorska kontrola). Do napak najpogosteje pride zaradi napačnega odčitavanja meritev ali okvare inštrumenta.

Najprej izločimo ali popravimo tiste izmerke, ki so izven fizikalno možnih mej (npr. negativna višina padavin). Skrajno malo verjetne izmerke (npr. temperatura zraka nad 40 °C) označimo kot sumljive. Nadaljujemo z logično kontrolo. Primer logične kontrole je medsebojna primerjava dnevni ekstremov in posameznih terminskih vrednosti; po definiciji

nobena od posameznih vrednosti ne sme biti izven intervala, ki ga omejujeta najvišja in najnižja dnevna vrednost. Nato opravimo še primerjavo s sosednjimi postajami in preverimo, če je sam časovni niz smiseln (večdnevni niz s hitrostjo vetra 0 m/s je npr. skrajno malo verjeten). Opisani postopek kontrole je deloma samodejno računalniški, deloma ročni.

Omenjena kontrola podatkov razkrije na prvi pogled smiselne, a napačne vrednosti, zato je obvezen korak pred statistično analizo. Tako je do nedavnega za najvišjo izmerjeno temperaturo zraka na postaji Ljubljana Bežigrad veljal izmerek 38,8 °C 6. julija 1950. Primerjava s sosednjimi postajami ter vrednostmi drugih spremenljivk na sami postaji pa je pokazala, da gre za napako in je prava vrednost 35,8 °C.



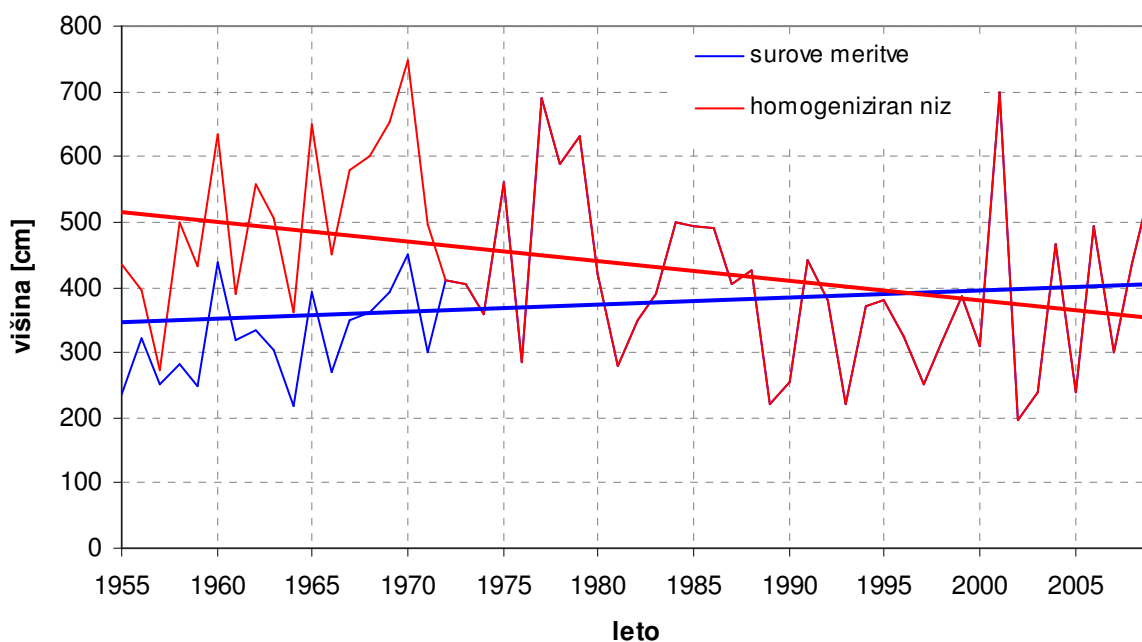
Slika 3. Da je homogenizacija eden od ključnih delov obdelave podatkov, dokazuje primer meteorološke postaje Brnik oziroma Letališča Jožeta Pučnika Ljubljana. Na sliki so prikazane razlike med temperaturo (povprečno, minimalno in maksimalno) na Brniku in na referenčni postaji v Ljubljani. Primerjava povprečnih letnih vrednosti s postajo Ljubljana Bežigrad razkrije nekaj izrazitih skokov v nizu: leta 1966, 1978 in 1994. Večina skokov je posledica selitve letališke postaje – kljub sorazmerno majhnemu premiku (tipično za nekaj sto metrov), je surovi niz podatkov za klimatološko analizo praktično neuporaben.

Homogenizacija podatkov

Kot smo omenili, zaradi vzrokov, kot so premik postaje, menjava inštrumentov, avtomatizacija meritev in sprememba merilne okolice, pride v nizih meteoroloških meritev do signalov (skokov ali trendov) imenovanih nehomogenosti, ki niso posledica spremenljivosti podnebja. Zato je pred študijo spremenljivosti podnebja na nekem časovnem nizu podatkov vedno potrebno ta niz testirati, če je primerno homogen. V primeru odkrite in z metapodatki potrjene nehomogenosti, če je mogoče, to nehomogenost odpravimo. V nasprotnem primeru niz ni primeren za časovne analize.

Homogeniziranje niza podatkov pomeni, da vse skoke in umetne trende v njem s pomočjo statističnih metod izravnamo, kot če bi bile vse meritve opravljene na istem mestu ob enakih pogojih. Kadar nas zanima regionalna spremenljivost podnebja, je potrebno izločiti tudi trende zaradi spremembe okolice (npr. vpliv širjenja mesta).

Homogenizacijo nizov meteoroloških podatkov razdelimo v dve fazi: fazo iskanja nehomogenosti in fazo prilagajanja nehomogenega dela homogenemu delu niza. Za iskanje nehomogenosti uporabljamo različne statistične teste, izbira katerih je odvisna od narave nehomogenosti. Testirani niz primerjamo s t.i. referenčnim, homogenim nizom. V večini primerov je v tej fazi potrebna tudi subjektivna ocena izkušenega klimatologa, ki dobro pozna podnebne zakonitosti na lokalni skali. Pri odpravljanju nehomogenosti imajo pomembno vlogo metapodatki. S pomočjo le teh potrdimo oziroma ovržemo sum na nehomogenost v nizu, natančneje določimo datum in vrsto nehomogenosti ter se na podlagi tega odločimo za vrsto popravka. Pomembno je, da vsako nehomogenost, ki se jo odločimo popraviti, znamo utemeljiti.



Slika 4. Primerjava izmerjenega in homogeniziranega niza meritev največje sezonske višine snega na Kredarici od začetka stalnih meritev. Leta 1961 in leta 1971 so spremenili način in lokacijo merjenja višine snežne odeje na tej postaji. To v visokogorju, kjer se snežne razmere zaradi vetra spremenijo že na razdalji nekaj 10 centimetrov, močno vpliva na meritve, kar se je izkazalo tudi za meritve na Kredarici. Spremenljivost homogeniziranega niza se ujema s homogenimi meritvami drugih visokogorskih postaj, prav tako tudi s trendom krčenja Triglavskega ledenika. Homogeniziran niz kaže trend upadanja okoli 30 cm/10 let; trend je statistično značilno padajoč.

Dolgi nizi meritev

Proučevanje podnebnih sprememb temelji na dolgih homogenih nizih meritev (več kot 30 let). Statistična analiza, ki ne temelji na kontroliranih in homogeniziranih podatkih lahko pripelje do napačnih zaključkov glede podnebne spremenljivosti. Verodostojni rezultati podnebnih analiz morajo biti podkrepljeni z opisom uporabljenih metod kontrole in homogenizacije meritev, ki so strokovno utemeljene.

Projekt Podnebna spremenljivost v Sloveniji

V okviru projekta bomo sistematično preverili vse meritve, ki so se izvajale na ozemlju Slovenije od leta 1961 dalje. Dolgoletne nize bomo preverili z vidika homogenosti; nehomogene nize bomo, v kolikor bo to mogoče, homogenizirali. Pri tem bomo upoštevali priporočila evropskega projekta za homogenizacijo podnebnih podatkov, COST – HOME. Cilj je: celostna časovna in prostorska analiza spremenljivosti in trendov podnebnih spremenljivk v Sloveniji, na osnovi homogenih nizov.