

Priprava značilnega meteorološkega leta

Matija Klančar, Katja Kozjek, Gregor Vertačnik, Agencija Republike Slovenije za okolje

Povzetek

Motivacija za pripravo značilnega meteorološkega leta je bila potreba po meteoroloških urnih vhodnih podatkih za modeliranje energijske bilance zgradb. Glavni namen modeliranja energijske bilance stavb je ocena rabe energije za ogrevanje in hlajenje ter izračun potrebne moči naprav za hlajenje in ogrevanje. Pregledali smo trenutne obstoječe metode, ki so se uporabljale v preteklosti za pripravo značilnih meteoroloških let in se na podlagi tega odločili za prilagojeno metodo Sandia (Marion in Urban, 1995). Značilno meteorološko leto smo izračunali za vse postaje, ki so imele meritve petih meteoroloških spremenljivk in sicer, temperature zraka na dveh metrih, relativne vlažnosti zraka na dveh metrih, gostote toka globalnega sevanja na vodoravno ploskev in hitrosti ter smeri vetra. Iz tega izbora smo izločili tiste postaje, ki so imele preveč manjkajočih podatkov v določenih mesecih. Na koncu smo izbrali 23 meteoroloških postaj. V 365-dnevni polurni niz smo za vse izbrane postaje skupaj pregledali in interpolirali 386 manjkajočih vrzeli, daljših od dveh ur. Določili smo reprezentativno območje postaj z nizom za značilno meteorološko leto.

Ključne besede: značilno meteorološko leto, testno referenčno leto, reprezentativno območje, energijska bilanca zgradbe, temperatura zraka, relativna vlažnost, gostota toka globalnega sevanja, hitrost vetra, smer vetra

Abstract

Weather is the main exterior factor that governs the energy balance of buildings. Buildings protect us against undesired outer influences, especially unsuitable air temperature, precipitation and wind. If we want to have constant suitable room temperature in the building we are planning to build or renovate, we need to access the energy balance of the building. Then, we can calculate the required power of heating and cooling devices, which are used for regulating the room temperature on a desired value. One-year time series of half-hourly meteorological data, which serve as input data into building energy balance model, is needed for this purpose. Testing the energy response of a building on specific weather types of climate usually requires the so-called Test Reference Year. The existing methods that were used in the past were examined and it was decided to use the Sandia method (Marion in Urban, 1995) to calculate Test Reference Year (TRY). TRY was calculated for all meteorological stations with five observed variables: air temperature at two meters, relative humidity of air at two meters, global horizontal irradiance and the speed and the direction of the wind. Stations with too much missing data in individual months were eliminated from the process. Finally, there were 23 selected stations which met the requirements. Minor gaps were interpolated, while 386 missing gaps longer than two hours were examined and interpolated for all selected stations. Test reference year representative station area was also calculated.

Keywords: test reference year, reference area, building energy balance model, air temperature, relative humidity, global horizontal irradiance, wind speed, wind direction

Uvod

Vreme je glavni zunanji dejavnik, ki določa konstrukcijo in strukturo zgradb. Zgradbe nas ščitijo pred neželenimi zunanjimi vplivi, predvsem pred neustrezno temperaturo, padavinami in vetrom. Če želimo imeti v zgradbi, ki jo načrtujemo, stalno primerno sobno temperaturo, moramo poznati energijsko bilanco zgradbe. S pomočjo energijske

bilance izračunamo potrebne moči naprav za hlajenje in ogrevanje, s katerimi uravnavamo sobno temperaturo na željeno vrednost. V ta namen potrebujemo letni niz polurnih vrednosti meteoroloških spremenljivk, ki so vhodni podatki pri modeliranju energijske bilance zgradbe. Za testiranje energijskega odziva zgradbe na določen tip vremena ali podnebja se uporablja t.i. značilno referenčno leto (v literaturi najdemo tudi izraze testno referenčno leto,

standardno in tipično meteorološko leto).

Značilno meteorološko leto je 365-dnevni niz polurnih povprečnih vrednosti izbranih meteoroloških spremenljivk, ki so potrebne za izračun energijske bilance izbrane zgradbe. Pri izbiri meteoroloških spremenljivk smo upoštevali razpoložljivost, kakovost in uporabnost podatkov. Izbrali smo temperaturo in relativno vlažnost zraka dva metra nad tlemi, gostoto toka globalnega sevanja na vodoravno ploskev ter smer in hitrost vetra.

Časovne nize smo sestavili po prilagojeni metodi Sandia (Marion in Urban, 1995), kjer je značilno meteorološko leto sklop 12 mesecev običajnega vremena v nekem kraju in obdobju. Pri izbiri najbolj primernih mesecev smo poleg povprečnih mesečnih razmer upoštevali tudi spremenljivost vremena na dnevni ravni, saj tudi ta pomembno vpliva na energijsko bilanco stavbe ter na odziv ogrevalnih in hladilnih sistemov. Glede na razpoložljivost in kakovost podatkov smo se pri izbiri mesecev omejili na obdobje 2001–2015. Pri nekaterih meteoroloških postajah so na voljo podatki le za dobro polovico tega obdobja, zato je končni rezultat zaradi omejenega nabora podatkov lahko nekoliko slabše kakovosti, saj je bila izbira mesecev bolj omejena kot pri postajah s popolnim nizom podatkov.

Izbor postaj

Pred izborom postaj je bilo potrebno pregledati nize podatkov, ki so nam bili na voljo. Iz pregledanih postaj smo izločili tiste, ki niso imeli meritev vseh petih opazovanih meteoroloških spremenljivk, ki so potrebne za izračun značilnega meteorološkega leta. Prav tako smo izločili tiste mesece, v katerih je bilo preveč manjkajočih podatkov. Če je v mesecu 31 dni, smo morali imeti vsaj 28 dni podatkov, za mesece s

Leto	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Avg	Sep	Okt	Nov	Dec
2001	31	28	30	29	30	30	30	31	30	31	30	31
2002	26	26	31	30	31	30	29	30	30	31	30	31
2003	31	27	31	30	30	30	31	31	30	31	30	31
2004	31	28	28	29	31	30	31	31	30	26	30	31
2005	30	26	31	30	31	30	31	30	30	31	30	31
2006	31	28	31	27	31	29	31	29	30	31	30	30
2007	31	28	31	30	31	30	30	28	30	31	30	31
2008	31	29	31	26	31	30	31	31	26	31	30	31
2009	31	28	29	30	30	30	31	30	30	31	30	31
2010	31	28	31	30	31	30	31	31	30	26	30	31
2011	31	28	31	30	31	30	31	30	30	31	30	28
2012	31	29	29	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2013	29	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
2014	31	28	31	30	31	28	31	31	30	29	29	31
2015	31	28	31	30	30	30	29	31	30	31	29	31

Slika 1. Izplen podatkov (število dni) po mesecih za merilno postajo Bilje (pri Novi Gorici). Z rdečo so označeni meseci z nezadostno količino podatkov.

Figure 1. Monthly data availability (number of days) for meteorological station Bilje (pri Novi Gorici). Red indicates months with an insufficient amount of data.

30 dnevi vsaj 27 dni podatkov in za mesec februar vsaj 26 dni podatkov.

V izbor za pripravo značilnega meteorološkega leta je bilo izbranih naslednjih 23 meteoroloških postaj: Let. Jožeta Pučnika Ljubljana, Rateče, Iskrba (pri Kočevju), Let. Edvarda Rusjana Maribor, Krvavec, Škocjan (na Krasu), Dobljče (pri Črnomlju), Kredarica, Let. Bovec, Šmartno pri Slovenj Gradcu, Murska Sobota, Ilirska Bistrica, Bilje (pri Novi Gorici), Koper, Podčetrtek, Ljubljana Bežigrad, Lesce, Malkovec, Boršt (pri Gorenji vasi), Rogla, Sotinski breg, Novo mesto in Let. Portorož.

Število podatkovnih vrzeli po postajah

Skupaj smo pregledali in interpolirali 386 manjkajočih vrzeli, daljših od dveh ur (preglednica 1). Od tega je bilo 41 vrzeli temperature zraka dva metra nad tlemi, 39 vrzeli relativne vlažnosti zraka dva metra nad

Preglednica 1. Število podatkovnih vrzeli po postajah in spremenljivkah. T pomeni temperaturo, V vlago, G gostoto toka globalnega sevanja na vodoravno ploskev, Hv hitrost vetra in Sv smer vetra.

Table 1. The frequency of missing data by stations and variables. T denotes temperature, V humidity, G global radiation, Hv wind speed and Sv wind direction.

Postaja	T	V	G	Hv	Sv
Krvavec	3	3	2	3	3
Let. Jožeta Pučnika, Ljubljana	0	0	5	0	0
Kredarica	0	1	0	32	32
Rateče	3	3	0	26	26
Bilje (pri Novi Gorici)	3	3	0	3	3
Ljubljana Bežigrad	2	1	0	1	1
Malkovec	3	3	1	3	3
Novo mesto	1	1	0	1	1
Dobljče (pri Črnomlju)	2	2	2	40	40
Let. Edvarda Rusjana, Maribor	1	0	0	0	0
Šmartno pri Slovenj Gradcu	2	2	0	2	2
Murska Sobota	3	3	0	3	3
Koper	1	1	0	1	1
Lesce	0	0	2	0	0
Rogla	1	1	2	1	1
Letališče Portorož	3	3	0	2	2
Iskrba (pri Kočevju)	6	5	0	5	5
Škocjan (na Krasu)	0	0	0	0	0
Letališče Bovec	2	2	0	18	18
Ilirska Bistrica	1	1	0	1	1
Podčetrtek	2	2	0	2	2
Boršt (pri Gorenji vasi)	1	1	0	1	1
Sotinski breg	1	1	0	1	1
SKUPAJ	41	39	14	146	146



tlemi, 14 vrzeli gostote toka globalnega sevanja na vodoravno ploskev in po 146 vrzeli hitrosti in smeri vetra.

Opis metode za določitev značilnega meteorološkega leta

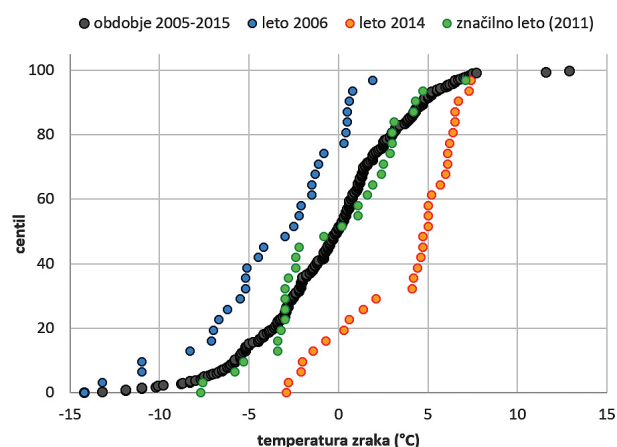
Sestavljanje značilnega meteorološkega leta

Prvi korak pri izbiri mesecev, ki so najbolj primerni za referenčno leto, je primerjava porazdelitve dnevne vrednosti spremenljivke v posameznem mesecu s celotnim obravnavanim obdobjem (podnebnim povprečjem). Povprečni odklon v porazdelitvi merimo s Finkelstein-Schaferjevo statistiko (Finkelstein in Schafer, 1971):

$$FS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i - \bar{f}_i|$$

kjer je f_i vrednost kumulativne porazdelitvene funkcije (z zalogo vrednosti med 0 in 1) do vključno razreda i , n pa je število dni v mesecu. Klimatološko povprečje kumulativne porazdelitvene funkcije do vključno i -tega razreda je \bar{f}_i prečna. Bliže kot je vrednost FS določenega meseca klimatološkemu povprečju, tem bolj primeren je ta mesec za referenčno leto. V našem primeru računamo FS za povprečno, najnižjo in najvišjo temperaturo zraka, relativno vlažnost zraka in gostoto toka globalnega sončnega sevanja.

Za vsak mesec z vsaj 90-odstotnim izplenom podatkov (za vsaj 90 % dni v mesecu so na voljo podatki vseh spremenljivk, ki jih potrebujemo za pripravo značilnega meteorološkega leta) smo izračunali vrednost FS za vsako od spremenljivk. V preglednici v dodatku so prikazane te vrednosti za postajo Lesce.



Slika 2. Porazdelitev dnevne povprečne temperature zraka v Lescah v izbranih januarjih in v obdobju 2005-2015.

Figure 2. The daily mean air temperature distribution in selected Januaries in period 2005-2015 at the Lesce station.

Ker računamo FS za več spremenljivk, zanima pa nas primernost meseca po vseh spremenljivkah, je potrebno vrednosti FS združiti v novi meri WS (ang »weighted sum«). Ker je standardni odklon FS odvisen od lastnosti spremenljivke same, smo vrednosti za vsako od spremenljivk pred izračunom WS normalizirali. Po zgledu iz literature (glej npr. Levermore in Chow, 2003; Song, 1989; Marion in Urban, 1995) smo uporabili linearno kombinacijo normaliziranih vrednosti $FSn(s)$

$$WS = \sum_{s=0}^4 k(s)FSn(s)$$

Pri določanju uteži $k(s)$ smo se oprli na literaturo (glej npr. Levermore in Chow, 2003; Song, 1989; Marion in Urban, 1995), kjer pa se vrednosti razlikujejo od avtorja do avtorja, vendarle običajno avtorji postavljajo na prvi dve mesti temperaturo in sevanje. Tako za vse tri temperaturne spremenljivke in relativno vlažnost izbrali utež $1/6$, za globalno sevanje pa $1/3$. Podatkov o vetru v izračunu WS nismo upoštevali, saj veter v večini Slovenije ni bistven za energijsko bilanco stavbe, poleg tega so podatki o vetru sorazmerno pogosto nepopolni ali izrazito nehomogeni.

Z izračunano statistiko WS smo za vsak mesec v letu zožili izbor na tri najprimernejše kandidate (leta). Tako izbrani meseci so bili po kumulativni porazdelitvi vseh petih spremenljivk zadovoljivo blizu klimatološkemu povprečju, a po ostalih statistikah so nekateri manj, nekateri bolj primerni za referenčno leto. Kumulativna porazdelitev namreč ne zajame mesečnega poteka vrednosti, zato smo si pri izbiri najprimernejšega meseca pomagali s potekom dnevni vrednosti skozi mesec. Izračunali smo linearni trend povprečne temperature skozi mesec in povprečno absolutno razliko povprečne temperature zraka in globalnega obseva v zaporednih dneh (to je mera za velikost nihanja iz dneva v dan). Vse tri statistike smo primerjali z dolgoletnim povprečjem in jih normalizirali. Normalizirane vrednosti Sn smo z utežjo $k(v)=1/3$ dodali prej izračunani vrednosti WS in dobili končno vrednost (TS) za izbor značilnega meseca:

$$TS = WS + \sum_{v=0}^2 k(v)Sn(v)$$

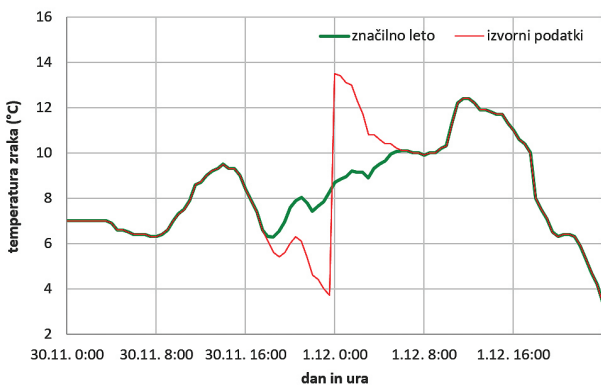
Mesec z najmanjšo vrednostjo TS je bil izbran za značilni mesec značilnega meteorološkega leta..

Ko smo izbrane mesece zložili skupaj, smo morali zaradi nezveznosti popraviti prehode med meseci iz različnih let. Končne vrednosti, y_{-j} , za zadnji dan prvega meseca in prvi dan drugega meseca smo izračunali z linearno kombinacijo vrednosti v obeh letih:

$$y_i = \frac{t_2 - t}{t_2 - t_1} y_{1,i} + \frac{t - t_1}{t_2 - t_1} y_{2,i}$$

kjer se indeks 1 nanaša na leto prvega meseca in indeks 2 na leto drugega (naslednjega) meseca v referenčnem letu. Začetni termin (17:45 zadnjega dne v mesecu) je označen s t_1 , končni (5:15 prvega dne v mesecu) pa s t_2 . Z linearno kombinacijo časovno odvisnih uteži dobimo gladek prehod med dvema časovno nepovezanima dnevnoma.

Zaradi nepopolnih merilnih nizov je bilo značilno meteorološko leto posejano z manj ali več podatkovnimi vrzelmi. Krajše vrzeli, dolžine do dveh ur, je z linearno interpolacijo zapolnil program, daljše smo zapolnili ročno.



Slika 3. Del značilnega meteorološkega leta za Mursko Soboto: prehod temperature zraka iz novembra v december;

Figure 3. Part of test reference year for Murska Sobota station: change of air temperature from November to December

Interpolacija manjkajočih polurnih vrednosti

Pri interpolaciji vsake izmed spremenljivk smo izbrali pet geografsko najbližjih postaj. Izjema so bile višinske postaje, kjer smo iskali postaje s podobno nadmorsko višino. Postopki interpolacije za posamezno spremenljivko so opisani v naslednjih podpoglavjih.

Temperatura zraka

Na začetku smo za pet izbranih sosednjih postaj pridobili podatke za vsaj tri dni. Nato smo izračunali temperaturno razliko med postajami. Sledil je izračun standardnega odklona razlik za izbrane postaje. Postaja z najnižjim standardnim odklonom je bila izbrana za interpolacijo. Sledil je izračun povprečnega dnevnega poteka temperature za obe postaji (tisto z manjkajočimi podatki in tisto s polnim nizom). Dnevna poteka temperature z obeh postaj smo med sabo odšteli in jih v nadaljnjih izračunih upoštevali.

Izvedli smo še linearno interpolacijo, da smo se znebili skokov temperature na začetku in na koncu vrzeli.

Na koncu smo v posameznem manjkajočem terminu sešteli naslednje prispevke:

- terminski podatek izbrane postaje za interpolacijo,
- ko med povprečnima dnevnima potekoma temperature za manjkajoč termin,
- delež, ki smo ga dobili z računanjem linearne interpolacije.

Relativna vlažnost zraka

Podoben postopek kot pri interpolaciji temperature zraka smo izvedli tudi pri interpolaciji relativne vlažnosti zraka. Za pet izbranih sosednjih postaj smo pridobili podatke za vsaj tri dni. Nato smo izračunali razliko relativne vlažnosti med postajami. Sledil je izračun standardnega odklona razlik za izbrane postaje. Postaja z najmanjšim standardnim odklonom je bila izbrana za interpolacijo. Sledil je izračun povprečnega dnevnega poteka za obe postaji (tisto z manjkajočimi podatki in tisto s polnim nizom). Dnevna poteka relativne vlažnosti zraka z obeh postaj smo med sabo odšteli in jih v nadaljnjih izračunih upoštevali. Izvedli smo še linearno interpolacijo, da smo se znebili skokov relativne vlažnosti na začetku in na koncu vrzeli.

Na koncu smo v posameznem manjkajočem terminu sešteli naslednje prispevke:

- terminski podatek izbrane postaje za interpolacijo,
- razliko med povprečnima dnevnima potekoma temperature za manjkajoč termin,
- delež, ki smo ga dobili z računanjem linearne interpolacije.

Končni rezultat smo preverili z logično kontrolo in v primerih z daljšim časovnim obdobjem manjkajočih podatkov tudi izrisali graf poteka relativne vlažnosti zraka po interpolaciji.

Globalno sevanje

Za razliko od interpolacij temperature in relativne vlažnosti smo za pet izbranih postaj pridobili podatke za časovno obdobje desetih dni. Nato smo izračunali razliko gostote toka globalnega sevanja na vodoravno ploskev med postajami. Sledil je izračun standardnega odklona razlik za izbrane postaje. Postaja z najmanjšim standardnim odklonom je bila izbrana za interpolacijo. Sledil je izračun povprečnega dnevnega poteka za obe postaji (tisto z manjkajočimi podatki in tisto s polnim nizom). Dnevna poteka gostote toka globalnega obsevanja z obeh postaj smo med sabo odšteli in jih v nadaljnjih izračunih upoštevali. Izvedli

smo še linearno interpolacijo, da smo se znebili skokov gostote toka globalnega sevanja na začetku in na koncu vrzeli.

Na koncu smo v posameznem manjkajočem terminu sešteli naslednje prispevke:

- terminski podatek izbrane postaje za interpolacijo,
- razliko med povprečnima dnevnima potekoma temperature za manjkajoč termin,
- delež, ki smo ga dobili z računanjem linearne interpolacije.

Končni rezultat smo preverili z logično kontrolo. V primerih, kjer je bila interpolirana vrednost gostote toka globalnega sevanja večja od nič, a teoretično ta vrednost ni bila mogoča (noč), smo interpolirano vrednost popravili na 0.

Hitrost in smer vetra

Na koncu smo se lotili še interpolacije hitrosti in smeri vetra. Na začetku smo izbrali pet sosednjih postaj in pridobili podatke za vsaj tri dni. Nato smo izračunali razliko hitrosti in smeri vetra med postajami. Sledil je izračun standardnega odklona razlik za izbrane postaje za obe spremenljivki. Postaja z najmanjšim standardnim odklonom je bila izbrana za interpolacijo. Iskali smo postajo, kjer je bila hitrost vetra oz. smer vetra v manjkajočem obdobju najbolj primerljiva s postajo, kjer smo izvajali postopek interpolacije manjkajočih podatkov.

Pri hitrosti vetra smo v posameznem manjkajočem terminu pripisali terminski podatek iz izbrane postaje seštet s povprečno razliko hitrosti vetra med izbrano in interpolirano postajo v obdobju, ki smo si ga izbrali za pregled podatkov. Na koncu je sledila še logična kontrola podatkov. Tiste podatke, ki so se nam po interpolaciji zdeli sumljivi, smo popravili subjektivno. Podoben postopek smo uporabili tudi pri interpolaciji smeri vetra. Manjkajočemu terminu smo pripisali terminski podatek z izbrane postaje seštet s povprečno razliko hitrosti vetra med izbrano in interpolirano postajo v obdobju, ki smo si ga izbrali za pregled podatkov. Sledila je logična kontrola podatkov. Pri smereh vetra nad vrednostjo 359 smo upoštevali periodičnost merske skale smeri vetra. Ostale sumljive vrednosti smo popravili subjektivno.

Določitev reprezentativnih območij postaj z nizom za značilno meteorološko leto

Izračunani časovni nizi značilnega meteorološkega leta na 23 postajah pokrivajo večino podnebne oziroma vremenske spremenljivosti v Sloveniji, zaradi razgibanega reliefa pa je za običajnega uporabnika izbira najprimernejše postaje težavna.

Samo razdalja med krajem, za katerega nas zanima značilno meteorološko leto, in postajo z izračunanim značilnim meteorološkim letom, je običajno nezadosten podatek, saj je vpliv nadmorske višine ali izoblikovanosti površja pogosto odločilen na podnebje kraja. Za lažjo uporabo izračunanih časovnih nizov smo določili reprezentativna območja posameznih postaj.

Na Agenciji za okolje so bili, v okviru drugega dela, nedavno pripravljene podnebni podatki v pravilni mreži ločljivosti 1 km za vso Slovenijo, za obdobje 1981–2010 (Dolinar, 2016). Za vsako od izbranih 23 postaj smo poiskali najbližjo celico te kilometrske mreže in jo označili za centroid. Če se je nadmorska višina celice, ki je bila najbližje postaji, precej razlikovala od nadmorske višine postaje, smo izbrali eno izmed sosednjih celic, oziroma tisto, ki se je po nadmorski višini najboljše ujemala z referenčno postajo.

Za izbranih 23 centroidov smo iz zemljevidov izpisali dolgoletne povprečne vrednosti naslednjih spremenljivk: trajanje sončnega obsevanja marca, trajanje sončnega obsevanja julija, trajanje sončnega obsevanja oktobra, trajanje sončnega obsevanja decembra, povprečje dnevne minimalne in maksimalne temperature najhladnejšega in najtoplejšega meseca v letu (januar in julij). Poleg meteoroloških spremenljivk smo v nabor spremenljivk dodali še geografski koordinati in nadmorsko višino.

Vrednosti vseh spremenljivk smo najprej standardizirali (npr. Kachigan, 1991). Nato smo za vsako točko kilometrske mreže (20916 točk) in vsako spremenljivko izračunali evklidsko razdaljo do vsakega izmed 23 centroidov. Ker smo imeli opravka z 11 spremenljivkami, smo računali 11-dimenzionalno evklidsko razdaljo.

V n -dimenzionalnem evklidskem prostoru izračunamo razdaljo med točkama $A(a_1, a_2, \dots, a_n)$ in $B(b_1, b_2, \dots, b_n)$ po formuli (Deza in Deza, 2009):

$$d(A, B) = \sqrt{(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + \dots + (a_n - b_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2}$$

V naslednjem koraku smo za vsako točko kilometrske mreže določili najkrajšo razdaljo med vsemi 23 evklidskimi razdaljami. Posamezno mrežno točko smo tako pripisali centroidu, do katerega je imela ta najkrajšo razdaljo. To je bila za izbrano točko reprezentativna postaja.

Na koncu smo na zemljevidu Slovenije izrisali reprezentativna območja (oz. nabor točk), ki pripadajo vsaki od 23 postaj.

Na ta način je mogoče za katerokoli območje Slovenije najti primeren niz za značilno meteorološko leto, ki

opiše podnebne značilnosti tega območja. Opisana razdelitev Slovenije po reprezentativnih območjih močno olajša izbiro primerne niza za posamezni kraj, na primer pri načrtovanju novega objekta.

Rezultati

Končni rezultat interpolacije manjkajočih polurnih vrednosti temperature za eno izmed 23 izbranih postaj lahko vidimo na sliki 5.

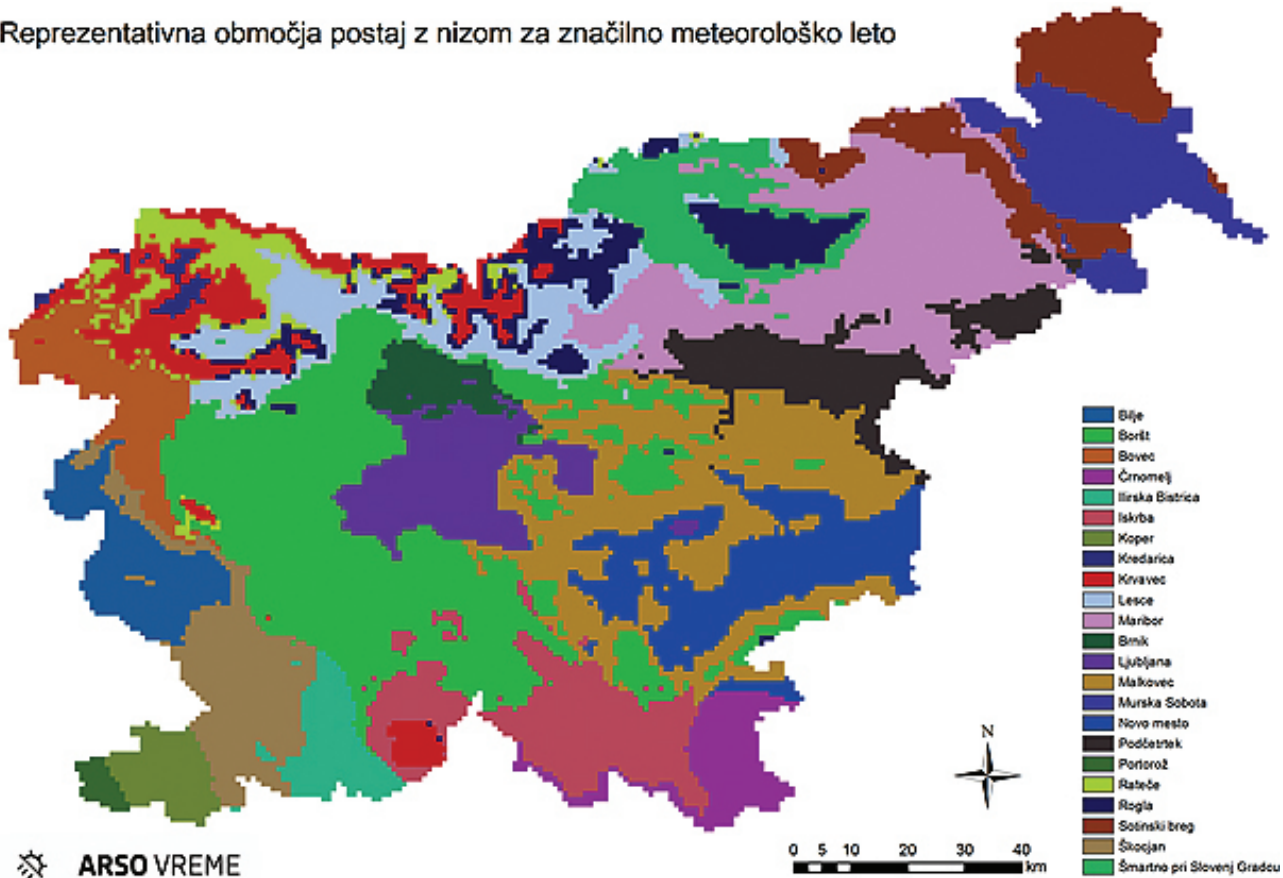
Vsi izračuni so bili opravljeni s programskim jezikom R. Končni zemljevid reprezentativnih območij, ki pripadajo vsaki od 23 postaj smo izrisali s pomočjo paketa ggplot2() v R-u (slika 4).

Zaključki

Glavni namen izdelave značilnega meteorološkega leta je potreba po vhodnih podatkih za modeliranje energijske bilance zgradbe. Za območje Slovenije smo po prilagojeni metodi Sandia pripravili 23

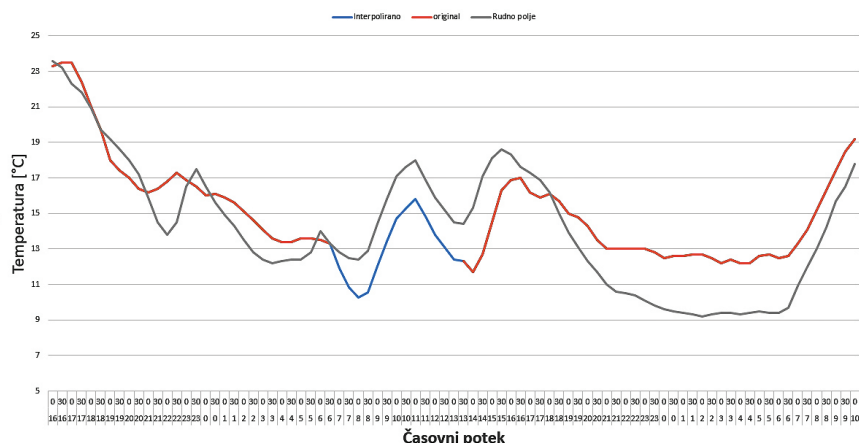
časovnih nizov značilnega meteorološkega leta, ki odražajo značilno vremensko dogajanje v obliki petih spremenljivk. Pri pripravi smo upoštevali razpoložljivost in kakovost polurnih meritev s samodejnih merilnih postaj v nedavnem 15-letnem obdobju. Pri nekaterih merilnih mestih ali spremenljivkah je bil izpad meritev znaten, a smo z interpolacijo manjkajočih vrednosti nize dopolnili, da vsaj v grobem odgovarjajo dejanskemu časovnemu poteku vremena. Ti nizi skupaj s pripadajočimi reprezentativnimi območji omogočajo enostavno uporabo vremenskih podatkov pri izračunu energijske bilance stavbe v posameznem kraju v Sloveniji. Zaradi sorazmerno majhnega nabora postaj, ki ne zajame čisto vseh posebnosti podnebja na razgibanih območjih, obstaja še znaten prostor za izboljšave značilnega meteorološkega leta z vidika prostorske primernosti. Z razširitvijo mreže merilnih mest v okviru projekta Bober bodo že čez nekaj let na voljo časovni nizi meritev mnogo večjega števila samodejnih postaj, kar je lahko podlaga za povečanje števila nizov značilnega meteorološkega leta in še večjo zanesljivost pri uporabi teh podatkov.

Reprezentativna območja postaj z nizom za značilno meteorološko leto



Slika 4. Reprezentativna območja postaj z nizom za značilno meteorološko leto.

Figure 4. Test reference year representative station area.



Slika 5. Primer interpolacije temperature zraka za postajo Krvavec od 22. 7. do 24. 7. 2003
Figure 5. An example of an air temperature interpolation for the Krvavec station for the period from 22nd to 24th July 2003.

Viri

Deza, E., Deza, M. M. (2009). *Encyclopedia of Distances*. Springer, Berlin, 94 p.

Dolinar, M. (2016). *Monthly gridded data sets for temperature and precipitation over Slovenia. Proceedings of GeoMLA – Geostatistics and Machine Learning, Belgrade, Serbia.*

Finkelstein, J.M., Schafer, R.E. (1971). *Improved Goodness-of-Fit Tests. Biometrika, 58(3), pp. 641–645.*

Kachigan, S. K. (1991). *Multivariate Statistical Analysis (Second Edition)*. Radius Press, New York, 252 p.

Kajfež-Bogataj, L., Hočvar, A. (1986). *Standardno meteorološko leto oblikovano na historičen način in omejitve*

njegove uporabe, 6. Posvetovanje o racionalni rabi energije, Ljubljana, 16. 5. 1986, Zbornik ref. str. 78–89.

Levermore, G., Chow, D. (2003). *Climate change Test Reference Years for Buildings and the Urban Environment. Fifth International Conference on Urban Climate 2003 Proceedings, (1st-5th September, Łódź, Poland), 2, pp. 445–448.*

Marion W., Urban, K. (1995). *User's Manual for TMY2 (Typical Meteorological Years) – Derived from the 1961-1990 National Solar Radiation Data Base. NTIS/GPO Number: DE95004064, NREL Tech. Report TP-463-7688, 1995.*

Song, K.D. (1989). *Optimization of building shape with respect to building orientation and local climatic conditions. Master's Thesis, University of Oklahoma, pp. 178.*

Dodatek

Preglednica. Mesečne vrednosti Finkelstein-Schaferjeve statistike (FS) za postajo Lesce. Za mesece z manjkajočimi meteorološkimi podatki FS statistika ni izračunana.

Table. Monthly values of Finkelstein-Schafer statistics (FS) for meteorological station Lesce. For months with missing data the FS values are not calculated.

	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	avg	sep	okt	nov	dec
2004					2,396		0,773		-0,134	-0,046	0,254	-0,576
2005	-0,407			1,406	-0,802	-0,774	0,339	1,201	-1,076	-0,256	0,612	2,178
2006	1,096	0,499	0,925	-0,535	0,015	1,580	1,391	2,232	-0,090	-0,542	-0,514	0,047
2007	0,164	1,759	-0,396	1,118	-0,686	0,240	-0,731	-0,815	1,476	0,775	0,510	
2008	-0,112	-0,849	-0,744	1,360	-0,990	-0,867	-0,936	-1,042	0,875	-1,134	-1,218	-0,197
2009	0,257	-1,146	-0,495	0,467	0,471	2,020	-0,805	0,228	-0,346	-1,110	0,024	-0,361
2010	1,061		-0,914	-0,895	-0,309	-0,489	-0,240	-0,847	0,454	0,683	-0,890	
2011	-1,199	-1,015	-1,073	-0,145	0,249	0,407	0,203	-0,095	2,004	1,566	1,986	-0,265
2012	-1,199	0,744	0,883	0,217	-1,102	-0,593	-2,124	0,388	-0,922	-1,275	0,838	
2013		0,145	1,746	-0,686	1,172	-0,023	0,382	-0,902	-0,791	-0,579	-0,951	-0,826
2014	1,486	-0,137	0,862	-0,697	-0,443	-0,494	0,821	-0,066	-0,759	1,592	0,673	
2015	-1,148		-0,795	-1,611	0,030	-1,006	0,928	-0,281	-0,691	0,327	-1,324	
povprečje	-0,001	0,000	-0,001	-0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	0,000	0,000