

UDK 551.506:511.588:551.52.577 (497.12)-863

## Testna referenčna leta za nekatere kraje v Sloveniji In njihova priprava za neposredno uporabo

### Test Reference Years for Various Locations in Slovenia and their Adaptation for Direct Use

ANDREJ HOČEVAR – LUČKA KAJFEŽ–BOGATAJ – DAMJANA VIRANT

#### 0. UVOD

#### 0. INTRODUCTION

Raziskovalci, ki se ukvarjajo z ocenami ogrevalnih in hladilnih potreb stavb pri svojem delu vse bolj uporabljajo dinamične simulirne modele s podrobno uren časovno skalo [1], [2], [3], [4], [5], [6]. V teh modelih pomenijo hkratne vrednosti atmosferskih parametrov okolja, kakršne so: temperatura zraka, globalno sončno obsevanje in njegovo trajanje, parni tlak, hitrost vetra, oblakost itn., pomembne in močno spremenljive pogonske parametre modelov.

Glede na upravičenost rezultatov takih raziskav, na katere vpliva velika spremenljivost atmosferskih parametrov okolja v prostoru in času, je treba v modelih uporabljati njihove hkratne reprezentativne vrednosti kakor tudi njihove skrajnosti, npr. izrazito topla in izrazito hladna meteorološka leta [7]. Priti do njih pa ni zelo preprosto, saj obstajajo številne omejitve in zahteve. Posebej moramo obravnavati posamezne lokacije, na voljo moramo imeti cel niz opazovanj (vsaj 30 let) teh parametrov v urni časovni skali in metode za oblikovanje njihovih reprezentativnih in skrajnih vrednosti.

Pri poglobljenih raziskavah vplivov okolja na delovanje sistemov, katerih rezultate bomo uporabili za načrtovanje sistemov, ki bodo delovali nekaj desetletij, pa bomo morali upoštevati tudi ocene klimatskih sprememb, ki za daljša obdobja niso zanemarljive.

V Sloveniji smo se z dinamičnimi simulirnimi metodami začeli ukvarjati v preteklem desetletju. V ta čas sodijo tudi prve raziskave testnih referenčnih let za Ljubljano [8] ter Ljubljano, Maribor in Koper [9]. Za njihovo izdelavo so bile uporabljeni različni metode.

Na vseh lokacijah ne merijo istih parametrov; nekje globalno sončno obsevanje in trajanje sončnega obsevanja, druge pa samo trajanje obsevanja; zato so tudi podatki hkratnih urnih vrednosti testnega meteorološkega leta različni. Nekaterih testnih referenčnih let ne moremo neposredno uporabiti v simulirnih modelih in rezultatov primerjati.

Dynamic simulation models with a fine time scale [1], [2], [3], [4], [5], [6] are used more and more in theoretical studies of heating and cooling requirements of buildings. In these models, synchronous values of various atmospheric parameters of the environment i.e. air temperature, global radiation, sunshine duration, vapour pressure, wind velocity, cloudiness, etc. are important and highly variable driving variables of the models.

In order for the results of such research work, which is influenced by large spatial and time variability of the meteorological parameters of the environment, to be reusable, synchronous and representative values have to be used in such models together with extremes, e.g., extremely warm and extremely cold meteorological years [7]. To obtain such values is not easy, since there are numerous restrictions and demands. Particular locations have to be studied separately, there must be a long time series of observation (30 years minimum) of parameters required on an hourly basis and methods are needed to create representative hourly values and to chose extreme values.

Environmental influences on system functioning results which will be used for the planning of systems which will operate for several decades have to take into account an assessment of climate change, which cannot be neglected over an extended time period.

Dynamic simulation modelling was started in Slovenia in the past decade. The first studies of test reference years for Ljubljana [8] and for Ljubljana, Maribor and Koper [9] were published during this period. Various methods were used in their creation.

The same meteorological parameters were not measured at all locations. At some locations, global radiation and sunshine duration are measured and at others, sunshine duration only. The synchronous hourly data of meteorological parameters in various test reference years are different, so some of the test reference years cannot be used directly in simulation models, and the results compared.

V tem kratkem prispevku želimo prikazati pregled izdelanih testnih referenčnih let slovenskih krajev; metode, po katerih so bila izdelana, in metodo, s katero smo ocenili urne vrednosti globalnega sončnega obsevanja v krajih, za katere nimamo meritev. S tem bomo dobili testna referenčna leta treh krajev Slovenije v obliki, ki bo neposredno uporabna v simulirnih modelih.

### 1. METODE ZA IZDELAVO TESTNEGA REFERENČNEGA LETA

Za izdelavo testnih referenčnih let sta v rabi dve različni skupini metod: zgodovinska in sintetična.

Zgodovinske metode slonijo na primerni izbiri hkratnih nizov opazovanih podatkov, ki so po svojih značilnostih blizu povprečnim vrednostim. Pri tem lahko uporabljam neparametrične statistične metode [10]. Tako metodo smo uporabili pri oblikovanju testnega referenčnega leta za Ljubljano, ki je sestavljeno iz 12 mesecev, vzetih iz različnih let na podlagi povprečnih mesečnih vrednosti 23 meteoroloških podatkov. Za osnovo te obdelave smo vzeli opazovalno obdobje let 1961–1980.

Zupančič in Pristov [9] sta za oblikovanje testnega meteorološkega leta za Ljubljano, Maribor in Koper izbrala metodo numeričnega urejanja, ki na podlagi evklidskih razdalj poišče mesec, ki je najblžje vzorcu povprečnih vrednosti. Upoštevane so povprečne mesečne vrednosti 26 meteoroloških podatkov, za analizo pa je uporabljen obdobje let 1956–1984.

Med sintetične metode oblikovanja testnih referenčnih let, ki smo jih uporabili pri nas, spadata le izdelava kratkega meteorološkega leta [11] in prikaz povprečnega sintetičnega dnevnega poteka temperature zraka in trajanja sončnega obsevanja v desetdnevnom obdobju [12]. V tem delu je prikazana tudi primerjava vrednosti obeh meteoroloških elementov med testnimi referenčnimi leti, izdelanimi po dveh različnih metodah: zgodovinski in sintetični. Pri sintetičnih metodah moramo posebej opozoriti na problem neizpolnjevanja zahteve po hkratnosti sprememb vseh v energijski bilanci pomembnih parametrov okolja, ki še ni rešen.

### 2. OCENA URNIH VREDNOSTI CELOTNEGA OBSEVANJA

Za oceno povprečnih mesečnih vrednosti globalnega obsevanja na podlagi podatkov o povprečnem trajanju sončnega obsevanja so znane številne metode, od katerih je najstarejša Angströmova [13]. Te metode pa niso uporabne pri krajsih časovnih intervalih, kakor je pokazala analiza njihovih desetdnevnih vrednosti [14]. Za to oceno moramo uporabiti deterministične dinamične metode.

This paper presents a survey of test reference years for locations in Slovenia, of methods used in their creation and of the method of assessment of hourly values of global radiation for locations without this measurement. This will provide test reference years for three locations in Slovenia in a form which could be used directly in simulation models.

### 1. METHODS FOR CREATION OF TEST REFERENCE YEAR

For creation of test reference years two different groups of methods are used: The first one is historical and the second one synthetic.

Historical methods are based on an appropriate choice of a synchronous series of observed data which are close to mean values. Nonparametric statistical methods can be used in this procedure, as well [10]. Such a method was used in the creation of the test reference year for Ljubljana which consists of 12 months taken from different years on the basis of 23 mean monthly values of meteorological parameters. The 1961–1980 observation period was used for this study [8].

Zupančič and Pristov [9] used the method of numerical taxonomy for the creation of their test reference year for Ljubljana, Maribor and Koper. This method finds the month which is the closest to the mean value on the basis of euclidian distance. The mean monthly values of 26 meteorological elements observed during the period 1956–1984 were used.

The creation of a short reference year, only [11] and the presentation of a synthetic daily course of air temperature and sunshine duration as the means for a ten day period [12] is a synthetic method used by our group for the creation of a test reference year. This work compares meteorological elements among test reference years created in two different historical ways and in a synthetic one. We have to stress that the problem of the synchronous change of all parameters that effect the energy balance has not yet been solved.

### 2. ASSESSMENT OF HOURLY VALUES OF GLOBAL IRRADIATION

A number of methods have been used to assess mean monthly values of global irradiation on the basis of sunshine duration data, the oldest being that of Angström [13]. These methods cannot be used for shorter time intervals, as an analysis of their 10 day averages has shown [14]. Deterministic dynamic methods have to be used for the assessment of their values for shorter time intervals.

Pri naših računih smo uporabili metodo, ki sta jo oblikovala Hočevar in Rakovec [15]. Za vsako uro dneva smo z znanim trajanjem sončnega obsevanja ( $D$ ) izračunali vse tri dele globalnega obsevanja: del neposrednega obsevanja, del razpršenega obsevanja z jasnega dela neba in del razpršenega obsevanja z oblačnega dela neba z izrazom:

$$J_{go} = \rho^2 I_o (q_a q_s)^m D \cos z + 0.5 \rho^2 I_o q_a (1-q_s) \cos^{4/3} z (D + (1-D) C(r, z)) \quad (1)$$

kjer pomenijo:  $\rho$  – razdaljo med Soncem in Zemljo,  $I_o$  – solarno konstanto ( $1353 \text{ W/m}^2$ ),  $q_a$  in  $q_s$  transmisijska koeficienta atmosfere glede na absorpcijo in razpršitev,  $m$  – optično zračno maso,  $z$  – zenitni kot Sonca in  $C(r, z)$  – funkcija, ki je odvisna od rodu oblakov, ki ustvarjajo oblačnost ( $r$ ) in od zenitnega kota.

Vrednosti transmisijskih koeficientov smo ugotovili na podlagi primerjav med izmerjenimi urenimi energijami globalnega obsevanja in trajanja sončnega obsevanja Ljubljane v letih 1961–1980. Zadnje, ponovne analize podatkov o globalnem obsevanju v vsej opazovalni dobi doslej, s katerimi se ukvarjajo na Hidrometeorološkem zavodu Slovenije in še niso v celoti končane, pa kažejo, da je globalnega obsevanja več, kakor izhaja iz analiz v letih 1961 do 1980. Torej imata oba transmisijska koeficiente premajhno vrednost!

Če se želimo izogniti obsežnemu in zapletenemu računanju, ki upošteva verjetnostne spremembe  $q_a$ ,  $q_s$ ,  $m$  in  $C(r, z)$  med letom, si lahko pomagamo tudi s približno vrednostjo, ki jo dobimo takole: Iz literature [13] so znane urne vrednosti globalnega sončnega obsevanja v povsem jasnom ( $J_j$ ) in v povsem oblačnem vremenu ( $J_o$ ). Če poznamo urne vrednosti trajanja sončnega obsevanja, dobimo urne vrednosti globalnega obsevanja z izrazom:

$$J_{go} = J_j D + J_o (1 - D) \quad (2)$$

Glede na to, da so vrednosti  $J_j$  in  $J_o$  izračunane s prenizkimi transmisijskimi koeficienti, bodo tudi vse urne vrednosti globalnega obsevanja nekoliko premajhne. Pravilno pa bodo dokaj dobro prikazani dnevni potek globalnega obsevanja kakor tudi absolutne razlike med obdelanimi kraji.

### 3. REZULTATI

V testnih referenčnih letih za Ljubljano, Maribor in Koper, v nekaterih od njih ni podatkov o globalnem sončnem obsevanju, je to obsevanje preračunano na podlagi trajanja sončnega obsevanja na opisani način.

Testno referenčno leto sestavlja tako meritve ozliroma preračunane vrednosti naslednjih mesecev (preglednica 1).

In our calculations, we used the method developed by Hočevar and Rakovec [15]. For each hour of the day, we calculated all three terms of global irradiation, i.e. direct irradiation, diffuse irradiation from the clear part of the sky and diffuse irradiation from the clouded part of the sky obtained on a horizontal surface on the basis of hourly sunshine duration ( $D$ ) by the following expression:

where:  $\rho$  – distance of Sun to Earth,  $I_o$  – solar constant ( $1353 \text{ W/m}^2$ ),  $q_a$  and  $q_s$  – transmission coefficients of the atmosphere in relation to absorption and scattering,  $m$  – optical air mass,  $z$  – zenith angle of the Sun and  $C(r, z)$  – a function which depends on cloud genera ( $r$ ) and on zenith angle.

Values of transmission coefficients were obtained on the basis of comparison between measured hourly values of global radiation and sunshine duration at Ljubljana during the period 1961–1980. The later reanalysis of data on global radiation for the whole observation period to date, which is not yet finished, shows that the values of global radiation are underestimated. The obtained transmission coefficients are therefore too small!

In order to avoid a large and sophisticated calculation which takes into account non deterministic changes of  $q_a$ ,  $q_s$ ,  $m$  and  $C(r, z)$  during the year, we can use an approximate value which can be obtained by the following method: hourly values of global irradiation at entirely clear ( $J_j$ ) and at fully cloudy sky ( $J_o$ ) are known from the literature [13]. If we know hourly values of sunshine duration, hourly values of global irradiation can be estimated using the expression:

Since values of  $J_j$  and  $J_o$  were calculated by underestimated transmission coefficients, hourly values of global irradiation will also be somewhat underestimated. Daily courses of global irradiation will be assessed correctly and also absolute differences among various studied locations.

### 3. RESULTS

In the test reference years for the locations Ljubljana, Maribor and Koper, where values of measured global irradiation are lacking, this has been calculated on the basis of sunshine duration using the described method.

The test reference year for the various locations consists of measurements or assessed hourly values of the following months (table 1).

Preglednica 1: Pregled izbranih mesecev, ki sestavljajo testno referenčno leto in obdobje, iz katerega je bilo izbrano.

Table 1: Survey of selected months from which the test reference year is constructed and the period from which it was selected.

|           | 1961–1980<br>Ljubljana | 1956–1984<br>Maribor | 1956–1984<br>Koper |           |
|-----------|------------------------|----------------------|--------------------|-----------|
| januar    | 67                     | 57                   | 71                 | January   |
| februar   | 70                     | 57                   | 60                 | February  |
| marec     | 66                     | 67                   | 64                 | March     |
| april     | 75                     | 83                   | 61                 | April     |
| maj       | 74                     | 69                   | 77                 | May       |
| junij     | 72                     | 61                   | 61                 | June      |
| julij     | 75                     | 56                   | 69                 | July      |
| avgust    | 75                     | 63                   | 64                 | August    |
| september | 79                     | 63                   | 57                 | September |
| oktober   | 63                     | 66                   | 66                 | October   |
| november  | 77                     | 63                   | 63                 | November  |
| december  | 75                     | 78                   | 70                 | December  |

#### 4. SKLEP

Testna referenčna leta, ki jih sestavljajo merjene in preračunane urne vrednosti hkratnih nizov meteoroloških podatkov: temperature zraka, globalnega sončnega obsevanja, parnega tlaka, oblačnosti in hitrosti veta, so za Ljubljano, Maribor in Koper na disketi na voljo pri Hidrometeorološkem zavodu Slovenije in pri avtorjih tega prispevka.

Pri tem moramo opozoriti, da so pri enem od parametrov – globalnem obsevanju – uporabni predvsem dnevni poteki in razlike med posamezni kraji, absolutne vrednosti pa so nekoliko prenizke. Za oceno odstopanj pa moramo počakati do sklepa ponovnih analiz.

#### 4. CONCLUSION

Test reference years which consist of measured or assessed hourly values of a synchronous series of meteorological data, i.e., air temperature, global irradiation, vapour pressure, cloudiness and wind velocity for Ljubljana, Maribor and Koper can be obtained from the Hydrometeorological Institute of Slovenia and from the authors of the present paper on diskette.

It should be noted that in one of the parameters – global irradiation – daily courses and differences among various locations are useful ones but the absolute values are a little too low.

#### 5. LITERATURA

#### 5. REFERENCES

- [1] Olgyay, V.: Design with climate. Princeton University Press. Princeton, New Jersey, 1962. 190 p.
- [2] Stephenson, D.G.-Mitalas, G.P.: Cooling loads calculations by thermal response factor method. ASHRAE Trans. 1967, Vol. 73, part I.
- [3] Zupančič, J.: Toplotne obremenitve zgradbe pri nestacionarnem režimu ogrevanja, RAVE 1985. Portorož, Zbornik referatov str. 133–149.
- [4] Jokl, M.V.: Requirements on climatic conditions within building-trends of development. Symposium Building Climatology. Moskva 1982. Proceedings, p. 22–30.

- [5] Krainer, A.-Kladnik, R.: Toplotni pridobitki zbiralno-shranjevalne stene. 5. posvetovanje o racionalni rabi energije. Ljubljana 1984. Zbornik referatov, str. 187–192.
- [6] Zupančič, J.-Novak, P.-Jernejc, B.-Medved, S.: Thermal analysis of multistorey building cell with test and short reference year. Int.Conf. on Passive Solar Architecture. Bled 1988. Proceedings. p. 304–308.
- [7] Riebsame, W.E.: Climate hazards, climatic change and development planning. Land use policy, Vol. 8 (1990), No.4, p. 288–296.
- [8] Kajfež-Bogataj, L.-Hočevar, A.: Oblikovanje in uporaba standardnega meteorološkega leta. Zbornik Biotehniške fakultete, 45 (1985), str. 9–21.
- [9] Zupančič, B.-Pristov, J.: Metoda in izbor standardnega meteorološkega leta. Razprave–Papers. Društvo meteorologov Slovenije. Ljubljana, 29 (1987), str. 1–12.
- [10] Siegel, S.: Nonparametric Statistic. International Student Edition. McGraw Hill Book Comp. New York 1956, 312 p.
- [11] Kajfež-Bogataj, L.: Testno referenčno in kratko referenčno leto – izbor meteoroloških podatkov pri modeliranju vpliva okolja za razne namene. Mednarodni kongres Energija i zaštita čovjekove okoline. Opatija, 1990. Zbornik radova II, str. 247–254.
- [12] Virant, D.-Hočevar, A.: Primerjava karakterističnih meteoroloških parametrov različno oblikovanih standardnih meteoroloških let za Ljubljano. Mednarodni kongres Energija i zaštita čovjekove okoline. Opatija, 1990. Zbornik radova I, str. 431–444.
- [13] Angström, A.: Solar and terrestrial radiation. Royal Meteorological Society. London. Q.J. 50 (1924), p. 121–12.
- [14] Hočevar, A.-Kajfež-Bogataj, L.-Petkovšek, Z.-Pristov, J.-Rakovec, J.-Roškar, J.-Zupančič, B.: Sončno obsevanje v Sloveniji. trajanje in energija. Ljubljana. Zbornik Biotehniške fakultete, Suplement 6 (1982), 96 str.
- [15] Hočevar, A.-Rakovec, J.: General models of circumglobal and quasi-global radiation on hills of simple geometric shapes. Part I and Part II. Arch. Met. Geoph. Biokl., Ser. B 25 (1977), p. 151–1.

Naslov avtorjev: prof. dr. Andrej Hočevar, dipl. inž.  
prof. dr. Lučka Kajfež-Bogataj, dipl. inž.  
Damjana Virant, dipl. inž.  
Biotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani  
Oddelek za agronomijo  
Jamnikarjeva 101  
Ljubljana, Slovenija

Authors' Address: Prof. Dr. Andrej Hočevar, Dipl. Ing.  
Prof. Dr. Lučka Kajfež-Bogataj, Dipl. Ing.  
Damjana Virant, Dipl. Ing.  
Biotechnical Faculty  
Agronomy Department  
Jamnikarjeva 101  
Ljubljana, Slovenia