

## ZIMSKA HLADNOĆA U SR HRVATSKOJ NA TEMELJU BROJA DANA GRIJANJA I STUPANJ-DANA

### Winter Coldness in Croatia with Respect to the Number of Heating Days and the Degree Days

LIDIJA CVITAN i DRAŽEN POJE

Republički hidrometeorološki zavod SRH, Zagreb

Primljeno 8. travanj 1985., u konačnom obliku 18. rujna 1985.

**Sažetak:** U radu su analizirane zimske toplinske prilike SR Hrvatske na temelju broja dana grijanja i broja stupanj-dana grijanja. Osim toga pronađena je stohastička veza između stupanj-dana grijanja i srednje godišnje temperature kao i način promjene stupanj-dana s visinom iznad jednog lokaliteta.

**Ključne riječi:** Broj dana grijanja; Broj stupanj-dana grijanja; SR Hrvatska

**Abstract:** Winter thermal conditions of Croatia are analysed in the paper by means of the number of heating days and number of degree days of heating. Furthermore the stochastic relation between the degree day of heating and the mean annual temperature have been found as well as the way of changing degree day with height above a selected location.

**Key words:** Number of heating days; Number of degree days of heating; Croatia.

#### 1. UVOD

Zimske toplinske prilike SR Hrvatske proučavane su i prikazane na razne načine i to kako u okviru općih karakteristika o raspodjeli temperature u Jugoslaviji (Sokolović-Ilić, Radičević, Ranković, 1984) tako i preko temperaturnih proučavanja pojedinih područja i gradova u SR Hrvatskoj. Tako je npr. proučavana posebno jaka hladnoća na primorju (Pomorska meteorološka služba, 1947), zime u Gorskom kotaru i na Medvednici (Kirigin, 1952. i 1953), broj ledenih, studenih i hladnih dana u Osijeku (Malovčak, 1956), zime u Crikvenici i njihova klasifikacija (Malovčak, 1957), temperaturna klasifikacija zagrebačkih zima (Penzar, 1957), klima područja između Save i Drave (Milko-  
vić, 1976).

Ovaj rad daje jednu vrstu pregleda toplinskih prilika preko raspodjele broja dana grijanja i broja stupanj-dana grijanja (Smith, 1975; Hammer, 1982) u SR Hrvatskoj. Takav pregled prikladan je za dobivanje uvida o količini energije koju je potrebno osigurati za zagrijavanje stanova. Uz biometeorološke indekse za hladni dio godine on može poslužiti i za ocjenu zimskog termičkog komfora pojedinih područja. I u nas ima pokušaja da se u pregled meteoroloških parametara nekog mjesta uvedu i stupanj-dani (Penzar, Grisogono, 1984). Zbog svoje jednostavnosti stupanj-dan je oblik meteorološke

informacije koji se dosta često koristi i od strane elektroprivrednih organizacija koje se bave toplifikacijom gradova, odnosno problemom potrošnje goriva za stambene i druge prostore.

U ovom radu korišteni su podaci od devetnaest stanica. Nastojalo se odabrati stanice tako da one pokrivaju cijelo područje SR Hrvatske, a da to istovremeno budu većinom više naseljena mjesta koja imaju veće potrebe za energijom. U većim gradovima gdje je postojala mogućnost da se koriste podaci temperature sa ruba gradova (jer oni imaju nekoliko stanica), koristili su se upravo ti podaci jer oni najbolje prezentiraju karakteristike klime tog predjela sa toplinskog stanovišta. Da bi se sagledao utjecaj gradskih izvora topline na temperaturu zraka u gradu, uspoređeni su toplinski parametri stanica Zagreb-Grič i Zagreb-Pleso. Zbog dobivanja približne predodžbe o promjeni zimskih toplinskih prilika s visinom, koristili su se temperaturni parametri stanica Zagreb-Pleso i Puntijarka.

Podaci koji su upotrebljeni su srednje dnevne temperature hladnijeg dijela godine (IX–V mjesec) i to iz razdoblja od deset sezona: 1971/72–1980/81. Srednje dnevne temperature su srednjaci računati na temelju tri terminske temperature – u 7, 14 i 21 sat. Uobičajeno je mišljenje da je za sticanje uvida u prave temperaturne klimatske karakteristike potrebno poznavanje tridesetogodišnjeg prosjeka temperature. Zato postoji

izvjesna manja vjerojatnost da je pomoću ovog deseto-godišnjeg niza dobivena ponešto iskrivljena slika termičkog režima s obzirom na onu koja bi se dobila na osnovi normalnog niza od 30 godina mjerenja.

## 2. BROJ DANA GRIJANJA KUĆNIH LOŽIŠTA

### 2.1. Definicija dana grijanja

Granične temperature za početak i kraj grijanja stanova se s vremena na vrijeme mijenjaju. Naime, na osnovi novijih istraživanja temperatura ugodnih za boravak u pojedinim prostorima, kao i na temelju visine standarda i ekonomskih mogućnosti koje on pruža, propisuju se nove zahtjevano temperature unutarnjih prostora kao i pragovi vanjskih temperatura kada toplane počinju (prestaju) grijati. U mnogim zemljama prihvaćeno je pravilo da sa loženjem prostorija treba početi onda kada je tri dana uzastopno temperatura zraka u 21 h bila  $\leq 12^{\circ}\text{C}$  (Sokolović-Ilić, 1974). Budući da je temperatura zraka u 21 h približno jednaka srednjoj dnevnoj temperaturi zraka, u ovom radu je kao dan grijanja tretiran dan kada srednja dnevna temperatura ne prelazi  $12^{\circ}\text{C}$ . Ovakva praksa postoji npr. u Zagrebu za ocjenu toplinskog režima grada i određivanje dana početka, odnosno prestanka grijanja centralnim toplinskim mrežama.

### 2.2. Karakteristike pojedinih područja SR Hrvatske

Na temperaturu zraka utječu geografska širina, doba godine, nadmorska visina, opća cirkulacija atmosfere, položaj orografskih prepreka u odnosu na prevladavajući smjer strujanja, a ovisno o otvorenosti i udaljenosti, značajan je i zagrijavajući utjecaj mora u hladnom dijelu godine, odnosno rashlađujući u toplom dijelu.

Utjecaj geografske širine na srednju temperaturu očituje se u porastu temperature spuštanjem prema nižim geografskim širinama, odnosno prema jugu na sjevernoj hemisferi. Na području SR Hrvatske su srednje temperaturne razlike između njenih ravničarskih sjevernih područja i južnih primorskih krajeva značajno uvjetovane i pružanjem dinarskog planinskog lanca u smjeru morske obale, kao klimatske barijere koja otežava u određenoj mjeri prodor hladnog zraka sa sjevera prema Primorju i toplog zraka u obrnutom smjeru. Temperatura se s visinom smanjuje, tako da mjesta na istoj udaljenosti od mora i na istoj geografskoj širini ali na različitim visinama imaju različite temperature zraka. Spomenute temperaturne karakteristike se na tlu SR Hrvatske na adekvatan način odražavaju i u broju dana grijanja kućnih ložišta, te se i prema broju takvih dana sa srednjom dnevnom temperaturom manjom ili jednakom  $12^{\circ}\text{C}$  mogu uočiti klimatske prilike pojedinih područja.

Jedno takvo područje je pretežno ravničarski ili slabije brežuljkast Panonski i Peripanonski prostor. Srednji broj dana grijanja stanova određen kao srednjak podataka o temperaturi stanica Varaždina, Zagreb-Plesa, Daruvara, Slavenskog Broda i Osijeka je 203

dana. Najhladnija su tri mjeseca – prosinac, siječanj i veljača u kojima je potrebno svakodnevno grijanje. U toj zoni su i rujanj i svibanj mjeseci u kojima postoji potreba za grijanjem stambenog prostora. Prosječno ima od 4.4 (svibanj u Osijeku) do 8.0 (rujan u Varaždinu) dana grijanja u tim mjesecima. Međutim, mada su vrlo rijetki slučajevi toplog vremena u rujnu ili svibnju kada opće nema potrebe za grijanjem, manje su rijetki slučajevi da je po pola mjeseca (pogotovo u rujnu) srednja dnevna temperatura manja od  $12^{\circ}\text{C}$ .

Iako južniji od promatrane ravnice, Središnji planinski prostor, veće nadmorske visine, koji zaprema područje Like i Gorskog kotara, zona je sa najvećim brojem dana grijanja. Stanice koje prezentiraju to područje su Skrad, Ogulin i Gospić. Srednji broj dana sa srednjom dnevnom temperaturom ispod  $12^{\circ}\text{C}$  je na tim lokacijama 223 godišnje. Broj dana grijanja povećava se prema jugoistoku tog područja gdje su velika krška polja kao što je Ličko polje u kojem se nalazi Gospić. Tu se zbog smanjene mogućnosti vertikalnog miješanja zraka i čestih pojava temperaturne inverzije hladan zrak dulje zadržava nego nad ravnim tlom. Najveći broj dana grijanja (približno cijeli mjesec) imaju prosinac, siječanj i veljača, dok studeni i ožujak imaju najviše 2.2 dana u kojima nije potrebno grijanje. Rujan i svibanj su osjetno hladniji nego u sjevernoj ravničarskoj zoni, pa se srednji broj dana grijanja u rujnu kreće oko 10.3, a u svibnju oko 13.0, dok je rijetko koje godine rujanj ili svibanj sa manje od 5 dana grijanja.

Još uvijek u unutrašnjosti, ali otvoren prema utjecaju mora, Knin je smješten u prijelaznoj klimatskoj zoni. On ima prosječno samo 176,8 dana grijanja. U tom gradu su samo prosinac i siječanj mjeseci koji zahtijevaju svakidašnje grijanje, dok u rujnu i svibnju ima u prosjeku samo 1.4, odnosno 3.5 dana kad bi trebalo zagrijavati prostorije.

Mediteranski prostor je najtopliji i tu je najmanje dana grijanja i to od 176 na sjeveru (Pula) do 108 na jugu (Hvar). Taj veliki raspon ukazuje na to da bi se i ovo područje još moglo podijeliti na potpodručja. Srednji broj dana grijanja na Jadranu određen kao srednjak Pule, Rijeke, Malog Lošinja, Zadra, Šibenika, Splita, Hvara i Dubrovnika je približno 150. Uz općenito smanjenje broja dana grijanja idući prema jugu, primjećuju se i posljedice lokalnih utjecaja na broj dana grijanja. Tako npr. M. Lošinj koji je zimi pod značajnim zagrijavajućim utjecajem mora i dovoljno udaljen na pučini od rashlađujućeg utjecaja bure sa kopna, ima 32 dana grijanja manje od Zadra koji je položen južnije, ali je na kopnu i relativno otvoreniji prema utjecaju hladnih strujanja iz unutrašnjosti. U cijelom području, od Istre do Južne Dalmacije, nema u prosjeku niti jednog cijelog dana grijanja u rujnu i svibnju. Kako se more počevši od rujna postepeno hladi kroz zimske mjesece, njegov utjecaj je takav da najviše dana grijanja ima u siječnju te u veljači kada je more hladnije nego u prosincu.

Opisane karakteristike broja dana grijanja u SRH predočene su na tabeli 1. i slici 1. gdje je prikazan prosječan broj dana grijanja po mjesecima (od IX–V u unutrašnjosti i od X–IV na obalnom području) te maksimalno kolebanje broja dana grijanja u deset sezona loženja od 1971/72–1980/81.

U uvodu je već napomenuto da se za izradu karte broja dana grijanja nastojalo koristiti podatke o temperaturi od rubnih gradskih stanica. Opravdanost tog postupka prikazana je na primjeru Zagreba. Zagreb je najveći gradski centar u SRH i on ima značajne vlastite izvore topline (kućna ložišta, industrija itd.).

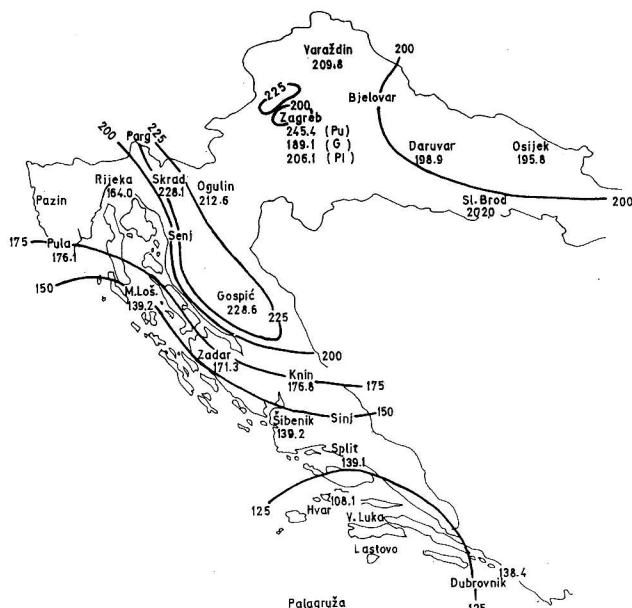
To je i najvažniji razlog da je broj dana grijanja određen na temelju temperaturnih podataka sa stanice u njegovom središtu (Zagreb–Grič) za 17 manji od broja dana grijanja određenih na temelju temperaturnih podataka sa stanice izvan grada (Zagreb–Pleso).

Kao što je u uvodu istaknuto, planinski krajevi, iako veći potencijalni potrošači energije za zagrijavanje (s obzirom na temperaturne prilike), slabije su naseljeni; te u ovom radu nije niti određen broj dana grijanja za te krajeve. Gruba predodžba o povećanju broja dana grijanja s visinom dobivena je iz broja dana na stanicama Zagreb–Pleso i Puntijarka, a iznosi 4.5 dana/100 m.

Tabela 1. Prosječan broj dana grijanja u nekoliko gradova SR Hrvatske u sezoni loženja, 1971/72–1980/81.

Table 1. The mean number of residential heating days in several towns of Croatia in the heating season, 1971/72–1980/81.

Mjesec stanica	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	Σ	Sezonsko kolebanje
VARAŽDIN		304.0	462.6	591.5	633.3	484.4	406.7	279.2		3161.7	516.4
ZAGREB-PLESO		289.0	453.9	596.8	626.3	496.5	388.6	264.8		3115.9	583.9
DARUVAR		268.0	427.0	559.5	599.4	480.8	360.3	250.2		2945.2	745.1
SL. BROD		278.0	450.6	591.2	628.6	512.0	376.4	248.5		3085.3	732.9
OSIJEK		262.6	443.9	578.1	626.7	497.9	367.7	224.7		3001.6	500.1
ZAGREB-GRIČ		226.4	406.5	545.8	578.8	455.6	317.6	204.6		2735.3	530.8
PUNTIJARKA		409.9	538.8	641.2	713.8	605.7	540.5	458.6		3908.5	615.7
SKRAD		331.2	469.7	592.2	633.8	545.3	472.4	373.6		3418.2	615.7
OGULIN		299.4	440.8	572.9	607.6	503.3	410.5	311.8		3146.3	735.2
GOSPIĆ		342.9	478.7	631.8	649.9	542.0	468.5	372.2		3486.0	740.4
KNIN		142.4	326.4	465.8	499.7	397.6	306.4	201.6		2339.9	602.3
PULA		118.0	306.5	433.3	458.8	390.9	341.7	245.6		2294.8	545.3
RIJEKA		87.1	271.4	407.5	441.2	369.0	300.0	168.2		2044.4	391.4
MALI LOŠINJ		43.5	163.0	332.4	377.4	315.9	250.4	120.5		1603.1	719.9
ZADAR		120.2	295.8	423.9	451.3	376.8	325.9	203.1		2197.0	475.3
ŠIBENIK		49.1	201.6	339.2	395.2	308.3	234.3	123.3		1651.0	493.6
SPLIT		68.0	197.7	331.5	387.6	305.4	236.6	121.2		1648.0	452.8
HVAR		20.6	96.8	200.4	322.6	246.8	180.0	66.2		1173.4	600.4
DUBROVNIK		32.2	169.4	313.3	389.3	309.8	240.9	117.5		1577.4	491.0



Sl. 1. Prosječan broj dana grijanja stanova u SR Hrvatskoj u sezoni loženja, 1971/72–1980/81.

Fig. 1. The mean number of residential heating days in Croatia in the heating season, 1971/72–1980/81.

### 3. BROJ STUPANJ-DANA GRIJANJA

#### 3.1. Definicija stupanj-dana grijanja

Kao druga mjera toplinskih prilika hladnog dijela godine u SRH određeni su iznosi tzv. stupanj-dana u pojedinim klimatskim područjima. Broj stupanj-dana ne osniva se samo na duljini zadržavanja niskih temperatura zraka već i na iznosima tih temperatura. Zato je broj stupanj-dana kvalitativno vredniji podatak od broja dana grijanja za proračun količine energije potrebne za grijanje. U tu svrhu su već pronađene (poluempiričke) veze između stupanj-dana i količine energije potrebne za grijanje u koje su uključeni i razni tehnološki faktori vezani uz vrstu i način zagrijavanja.

Pojam stupanj-dana kao mjere za gubitak topline iz zagrijavanog prostora prva je uvela američka plinska industrija (1933) (Conrad, 1950). Ukupni gubitak topline je, u slučaju da je u jednom danu samo u toku jednog sata temperatura u prostoriji npr.  $10^{\circ}\text{C}$  viša od vanjske, proporcionalan sa 10 stupanj-sati. Broj stupanj-sati podijeljen sa 24 (broj sati u danu) daje veću jedinicu–stupanj–dan dotičnog dana ( $\frac{10}{24}$ ).

Službena američka definicija stupanj-dana glasila je (1941): „Stupanj–dan je razlika između  $18^{\circ}\text{C}$  i srednje temperature dana (kad je srednja dnevna temperatura ispod  $18^{\circ}\text{C}$ )“. Američka plinska industrija je prihvatila  $18^{\circ}\text{C}$  ( $65^{\circ}\text{F}$ ) kao granicu za početak i kraj grijanja.

Računanje stupanj–dana moguće je i preko satnih temperatura. No određivanje te veličine za duga razdoblja na temelju satnih vrijednosti temperatura prilično je teško. V. Conrad je 1950. dao metodu za računanje stupanj–dana (G) preko čestina satnih temperatura u traženom periodu:

$$G = \frac{1}{24} (\theta \sum_{i \leq \theta} f_i - \sum_{i \leq \theta} X_i f_i) \quad (1)$$

$\theta$  označava temperaturni prag, tj. gornju granicu vanjskih niskih temperatura zraka pri kojima se zahtijeva zagrijavanje unutarnjih prostora ( $\theta$  je, naravno, uvijek manje od zahtjevanje unutarnje temperature).  $f_i$  je oznaka za apsolutne čestine, a  $X_i$  su sredine klasa čestina.

R. Grierson je predložio kraću metodu za računanje stupanj–dan na osnovi satnih vrijednosti. Ona se osniva na 30 temperaturnih vrijednosti u mjesecu. To su temperature izmjerene prvog, osmog, petnaestog, dvadeset drugog i dvadeset devetog dana u mjesecu u šest termina, i to u 4,8, 12, 16, 20 i 24 h. Množenjem sume, načinjene od razlika temperaturnog praga i svake od navedenih temperatura u pojedinom danu (ako je ona niža od temperaturnog praga) faktorom 1,67 ( $1,67 = 4 \times 7/24$ ) dobivaju se stupanj–dani pojedinog tjedna. Dakle, na taj način se pretpostavlja ista temperatura i u svakom od sljedećih 6 dana tog tjedna u pojedinom terminu, kao i održavanje iste temperature u sljedeća 4 sata.

Jedan od novijih načina definiranja stupanj–dana kao temperaturne sume razlika temperatura vanjskog i unutarnjeg zraka opisao je Hammer u svom radu iz 1982. Spomenute razlike su razlike između uspostavljene temperaturnog praga koji predstavlja željenu temperaturu unutarnjeg prostora i srednje dnevne temperature koja ne prelazi neki drugi temperaturni prag koji se odnosi na vanjsku temperaturu kao graničnu temperaturu za početak (kraj) grijanja. (Negativne razlike se računaju kao nule). Ovisno o tome za koje razdoblje se provodi to sumiranje, dobivaju se stupanj–dani tjedna, mjeseca, sezone i sl. Uz planiranu unutrašnju temperaturu od  $20^{\circ}\text{C}$ , stupanj–dan G dat je ovim izrazom (Hammer, 1982):

$$G = \sum_i^n (20 - T_{m_i}) \quad (2)$$

$T_{m_i}$  je srednja dnevna temperatura ( $T_{m_i} \leq 12^{\circ}\text{C}$ ).

Recnagel–Spengerov priručnik za grijanje i hlađenje (1983) daje definiciju stupanj–dana grijanja (G) preko srednje dnevne temperature u periodu grijanja ( $t_{am}$ ), pretpostavljene srednje sobne temperature ( $t_i$ ) od  $20^{\circ}\text{C}$  i broja dana grijanja u periodu grijanja od 1. X do 30. IV (Z):

$$G = Z (t_i - t_{am}). \quad (3)$$

Pri tom se kao granična temperatura za početak i kraj grijanja ( $t_{am}$ ) uzima  $15^{\circ}\text{C}$ .

### 3.2. Karakteristike pojedinih područja SR Hrvatske

Uvid u klimatske prilike pojedinih geografskih područja SRH preko stupanj-dana grijanja stečen je preko istih stanica za koje je određen broj dana grijanja. Budući da kod nas toplane počinju zagrijavati stanove kada je srednja dnevna temperatura 12°C, korištena je Hammerova metoda za određivanje stupanj-dana. Broj stupanj-dana koji uvažavaju iznos srednjih dnevnih temperatura bolji je pokazatelj zimskih hladnoća od čistog broja dana sa temperaturom manjom od

12°C. Tako npr. Daruvar koji se prema broju dana grijanja čini nešto hladnijim od Osijeka ima manji broj stupanj-dana od Osijeka. Dakle, zaštićenost Daruvara Papukom za najhladnijeg vremena pri strujanju sa sjeveroistoka bolje je došla do izražaja u broju stupanj-dana nego u broju dana grijanja. Ali, osim što je preciznija za pojedine lokalitete, globalna temperaturna podjela područja SRH ne razlikuje se bitno od toplinske podjele dobivene samo na osnovi broja dana grijanja. Također se i godišnji hod stupanj-dana grijanja

Tabela 2. Prosječan broj stupanj-dana grijanja stanova u nekoliko gradova SR Hrvatske u sezoni loženja, 1971/72–1980/81.

Table 2. The mean number of degree days of residential heating in several towns of Croatia in the heating season, 1971/72–1980/81.

Mjesec stanica	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	Σ	Sezonsko kolebanje
VARAŽDIN	8.0	24.5	28.8	31.0	30.9	28.3	28.4	23.2	6.7	209.8	34
ZAGREB-PLESO	6.6	23.8	28.9	30.9	30.9	28.0	27.7	23.2	6.1	206.1	36
DARUVAR	6.9	21.7	27.8	30.6	30.7	27.9	26.2	21.1	6.0	198.9	37
SL. BROD	5.9	22.7	28.8	30.9	30.9	28.2	27.2	21.3	6.1	202.0	30
OSIJEK	4.7	21.1	29.0	31.0	31.0	28.3	27.0	19.3	4.4	195.8	33
ZAGREB-GRIČ	4.4	19.8	27.8	31.0	30.9	28.1	24.2	18.3	4.6	189.1	35
PUNTIJARKA	17.4	27.9	29.7	30.7	30.4	28.3	30.5	29.3	21.2	245.4	26
SKRAD	10.7	25.2	29.3	30.8	31.0	28.3	30.2	27.8	14.8	228.1	20
OGULIN	8.9	23.5	27.8	30.8	30.9	28.2	28.1	24.8	9.6	212.6	31
GOSPIĆ	11.4	26.0	28.6	30.9	31.0	28.2	30.2	27.8	14.5	228.6	27
KNIN	1.4	13.5	25.7	30.3	30.9	27.6	25.4	18.5	3.5	176.8	37
PULA		11.4	25.4	30.2	30.7	28.1	28.2	22.1		176.1	29
RIJEKA		8.7	23.6	30.3	30.9	28.1	25.9	16.5		164.0	37
MALI LOŠINJ		2.9	15.7	27.4	30.6	26.5	22.4	13.7		139.2	34
ZADAR		11.7	24.3	29.8	30.8	27.6	27.6	19.5		171.3	31
ŠIBENIK		4.8	18.5	26.9	30.2	24.9	21.6	12.3		139.2	35
SPLIT		4.6	18.1	26.2	29.9	25.6	21.9	12.5		139.1	40
HVAR		2.2	9.4	21.9	27.8	22.1	18.0	6.7		108.1	38
DUBROVNIK		3.2	17.1	27.0	30.1	26.2	22.6	12.2		138.4	41

s obzirom na položaj maksimuma i minimuma poklapa sa godišnjim hodom broja dana grijanja pojedinog mjesta.

Broj stupanj-dana grijanja svih promatranih gradova je određen za razdoblje od X do IV mjeseca, čak i u unutrašnjosti koja ima više dana grijanja i u IX i u V mjesecu. To je učinjeno zato što se kod nas u praksi počinje zagrijavati tek kada je temperatura u 21 sat tri dana uzastopno manja od 12°C. Budući da zbog tog kriterija u početku i završetku grijanja potrošnja goriva nije proporcionalna stupanj-danu, za IX i V mjesec nisu proračunati stupanj-dani.

Sjeverna Hrvatska ima prosječno 3062 stupanj-dana grijanja u sezoni X–IV mjesec. Najveći broj stupanj-dana imaju XII, I i II mjesec, a kao posljedica kontinentalnosti klime broj stupanj-dana u IV mjesecu je manji nego u X.

Neke prije spomenute klimatske karakteristike Gorskog kotara i Like izražene su brojem od prosječno 3350 stupanj-dana u sezoni od X–IV mjeseca. Dok se maksimalni broj stupanj-dana koji pripada XII mjesecu ne razlikuje mnogo od stupanj-dana XII mjeseca u sjevernom ravničarskom području, prosječni stupanj-dan listopada i travnja još je prilično visok u odnosu na Sjevernu Hrvatsku.

I prema broju stupanj-dana (prosječno 2340 u sezoni X–IV mj.) vidi se da je Knin smješten na prijelazu prema toplijem području.

Najtoplije područje-Istra i Dalmacija s otocima ima prosječno 1774 stupanj-dana u hladnom dijelu godine. Broj stupanj-dana tu se kreće od svega 1173 na Hvaru do 2295 stupanj-dana u Puli.

Karakteristike pojedinog područja Hrvatske su sa stanovišta stupanj-dana grijanja predočene na tabeli 2 i slici 2.

Za četiri grada u SRH (Zagreb, Osijek, Rijeku i Split) računati su stupanj-dani grijanja prema Griersonovoj metodi (Cvitan i Penzar, 1984), između ostalog i za slučaj da je gornja granica vanjskih temperatura koje zahtijevaju grijanje 15°C. Ti stupanj-dani su određeni na temelju pet sezona loženja iz razdoblja 1975–1980. U Recnagel-Spenderovom priručniku dane su vrijednosti stupanj-dana grijanja za dva od navedenih gradova (Zagreb i Split) i to prema definiciji i kriterijima o kojima je već bilo riječi. Tabela 3. predočava vrijednosti dobivene pomoću ove druge dvije metode.

Kao što je bilo učinjeno i u prethodnom odjeljku gdje je bilo riječi o broju dana grijanja, provedena je usporedba broja stupanj-dana na Zagreb-Griču (2735,3) i Zagreb-Plesu (3115,9) iz koje se uočava zagrijavajući utjecaj grada u hladnim mjesecima.

Na sličan način kao i za dobivanje uvida u promjenu broja dana grijanja s visinom, na temelju stupanj-dana grijanja na Zagreb-Plesu i Puntijarki, može se grubo reći da se broj stupanj-dana u sezoni grijanja povećava za 90 na svakih daljnjih 100 m visine.

Table 3. The degree days calculated by means of Grierson's and Recnagel-Spender's method.

Tabela 3. Stupanj-dani određeni pomoću Griersonove i Recnagel-Spenderove metode.

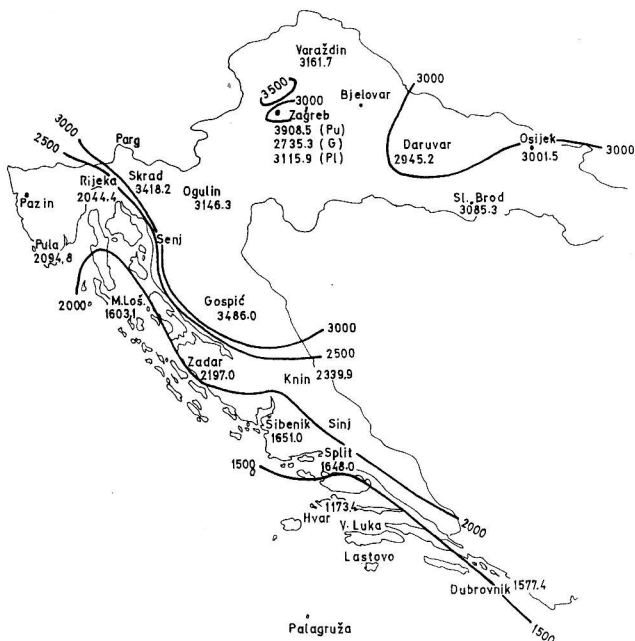
	Σ (Grierson)	Σ (Recnagel-Spender)
ZAGREB	2767	2769
OSIJEK	2980	
RIJEKA	1766	
SPLIT	1305	1584

### 3.3. Veza gradijenta stupanj-dana i gradijenta temperature

Stupanj-dan je definiran na temelju temperature zraka na nekom području. Za planinsko područje Medvednice iznad Zagreba određena je i veza između visinskih promjena temperature i visinskih promjena stupanj-dana zimskih mjeseci. To je prikazano u obliku matematičke veze između vertikalnog gradijenta temperature na 100 m (x) i vertikalnog gradijenta stupanj-dana na 100 m (y):

$$y = -261.8x - 5704,2 \quad (4)$$

Pretpostavljena je linearna promjena temperature i linearna promjena stupanj-dana s visinom. Vertikalni gradijenti temperature su stoga određeni samo na osnovi poznatih srednjih mjesečnih temperatura (XII, I i



Sl. 2. Prosječan broj stupanj-dana grijanja stanova u SR Hrvatskoj u sezoni loženja, 1971/72–1980/81.

Fig. 2. The mean number of degree days of residential heating in Croatia in the heating season, 1971/72–1980/81.

II mjesec iz 10 sezona 1971/72 – 1980/81) Puntijarke i Zagreb-Pleso. Vertikalni gradijent stupanj-dana je određen preko mjesečnih stupanj-dana iz istog perioda. Poznavanje veze između vertikalnog gradijenta temperature i vertikalnog gradijenta stupanj-dana omogućuje da se na temelju poznatog visinskog temperaturnog gradijenta odredi i vrijednost stupanj-dana na planinskim stanicama. Veze dobivene na temelju podataka stanica Zagreb-Pleso i Puntijarka mogle bi dobro poslužiti za takva izračunavanja na području sjeverozapadnog dijela SR Hrvatske.

### 3.4. Veza stupanj-dana grijanja i srednje godišnje temperature

Srednja godišnja temperatura odražava srednje temperaturne prilike cijele godine, pa su osrednjavanjem donekle prikrivene neke značajke pojedinog dijela godine. Međutim, pronađena veza između stupanj-dana grijanja ( $y$ ) i srednje godišnje temperature  $x$  u obliku:

$$y = 5973.3 - 291.3 x, \quad (5)$$

dobivene na temelju 19 promatranih stanica, vrlo je čvrsta (koeficijent korelacije  $r = 0.92$ ). Prema tome, karta srednjih godišnjih temperatura može se koristiti kao pomoćno sredstvo pri izvlačenju izolija stupanj-dana grijanja za područja za koja u datom momentu ne raspolažemo srednjim dnevnim, već samo srednjim godišnjim vrijednostima temperatura.

## 4. ZAKLJUČAK

Dobivene vrijednosti korištenih temperaturnih pokazatelja za zimsko razdoblje, za nekoliko stanica iz svakog područja SR Hrvatske, omogućile su ukupnu toplinsku ocjenu hladnog dijela godine pojedinih zona, kao i ocjenu toplinskih prilika u cijeloj Republici. Unutar svakog područja ima i manjih predjela koji značajnije odstupaju od temperaturnih karakteristika područja kojem pripadaju. To su orografski specifična područja – više planine u nizinskom području ili doline u brdovitoj regiji. Na temelju pronađene veze između vertikalnog temperaturnog gradijenta i vertikalnog gradijenta stupanj-dana grijanja može se i za ta područja, koja ovdje nisu bila od značenja zbog nenaseljenosti, odrediti vrijednost stupanj-dana grijanja. Utvrđena veza između stupanj-dana grijanja i srednje godišnje temperature zraka omogućuje da se izračuna stupanj dan grijanja pa odatle i potrebna količina energije za grijanje samo na temelju srednje godišnje temperature.

Glavna prednost ovog načina prikaza toplinskih prilika je u njegovoj jednostavnosti i primjenljivosti za praktične potrebe.

## Zahvala

Ovo istraživanje je sufinancirala Republička zajednica za znanstveni rad SRH (SIZ I).

## LITERATURA:

- CONRAD V.: "Methods in Climatology" Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1950. 170–175.
- CVITAN L. i PENZAR I.: „Analiza zimskih toplinskih uvjeta u Hrvatskoj pomoću stupanj-dana“, Sunčeva energija, Vol. 5. No 1–2, Rijeka 1984, str. 21–25.
- HAMMER, V. N.: Methoden zur Abschätzung von Gradtagszahlen, Wetter und Leben 34. 1982, 109–118.
- KIRIGIN, B.: „Zima 1950/51. na području Gorskog kotara i Medvednice“, Naše planine, 1952, str. 66–73.
- KIRIGIN, B.: „Zima 1951/52. na području Gorskog kotara i Medvednice“, Naše planine, 1953.
- MALOVČAK, P.: „Zime u Osijeku od 1900/01. do 1955/56. godine i njihova klasifikacija prema temperaturnim podacima“, Vesnik HMS FNRJ, 1956, god. V, br. 1–2, str. 45–49.
- MALOVČAK, P.: „Zime u Crikvenici od 1900/01. do 1955/56. godine i njihova klasifikacija prema temperaturnim podacima. Vesnik HMS FNRJ, 1957, god. VI, br. 1–2, str. 80–87.
- MILKOVIĆ, J.: „Klima područja između Save i Drave“, RHMZ SRH, Zagreb, 1976.
- PENZAR, B.: „Temperaturna klasifikacija zagrebačkih zima“, Radovi Geofizičkog instituta, Ser. III, br. 9, 1957.
- PENZAR, I. i GRISOGONO, B.: „Geofizičko-meteorološki parametri grada i općine Virovitica“, Zbornik „Virovitica 1234–1984“, JAZU i Skupština općine Virovitica, 1984.
- POMORSKA METEOROLOŠKA SLUŽBA SPLIT: „Jaka studen na našem primorju“, Vremenske prilike god.2, 1947, br. 2, str. 6–8.
- SMITH, K.: Principles of Applied Climatology, McGraw-Hill, 164–187, London, 1975.
- SOKOLOVIĆ-ILIĆ, G.: „Neke karakteristike prostorne raspodjele broja dana sa loženjem u Jugoslaviji“, IX savjetovanje klimatologa Jugoslavije, Sarajevo 1973, SHMZ, Beograd, 1974, str. 267–274.
- SOKOLOVIĆ-ILIĆ, RADIČEVIĆ, RANKOVIĆ: „Opće karakteristike raspodjele temperature zraka u Jugoslaviji“, Beograd, 1984.

## SUMMARY

The winter coldness in Croatia is discussed in terms of spatial distributions of the mean number of heating days and the mean number of the degree days of heating. These parameters are indicators of the energy necessary for heating. Therefore they are calculated for the most populated towns which are the most important consumers of the energy mentioned. (Tables 1 and 2).

The differences between the values of the two mentioned parameters for Zagreb-Pleso and Zagreb-Grčić show the existence of a heat island over the town.

The thermal classification of Croatia performed with respect to the mean number of heating days and the mean number of degree days of heating (Figures 1 and 2) correspond to a classification performed with respect to mean annual temperatures. The relation between heating degree day and the mean annual temperature is given in paragraph 3.4.

On the basis of monthly mean temperature data and the values of degree days for Zagreb-Pleso and Puntijarka, the relation was found between gradients of the degree day and the temperature. It is presented in paragraph 3.3.