

TRAJANJE INSOLACIJE U HRVATSKOJ

Jerko Vukov

Uvod

Sijanje Sunca je od velikog značaja za život na Zemlji i sve promjene u atmosferi. On je važan klimatski činilac. O njemu ovisi temperatura zraka, tla i druge pojave u atmosferi u vezi s temperaturom. Od posebnog je interesa za zdravstvo, turizam i poljoprivredu.

O trajanju insolacije ovisi broj mikroba i bakterija u zraku i na površini tla, koji su štetni po zdravlje ljudi. Stoga se krajevi sa dosta sunca smatraju zdravim.

Sunčani krajevi utječu povoljno na psihičko stanje i raspoloženje za rad ljudi i naroda. Tako Sunce, s drugim klimatskim elementima, utječe, na primjer, na narode oko Sredozemlja da se većinom zadržavaju van kuće, na ulicama i trgovima, čini ih živim i veselim, a takav život dovodi do češćeg i užeg međusobnog kontakta, zbližavanja i prijateljstva, ali i do svađa i nadvikanja, dok hladnija klima sa manje sunca i više naoblake u srednjoj i sjevernoj Evropi utječe na povučенost, ozbiljnost, razmišljanje, marljivost, radišnost i sl. kod ljudi i naroda koji tamo žive.

Insolacija je važna za vegetaciju, jer utječe na asimilaciju, kao i na rast, cvatnju, klasanje i dr.

Instrumenti za mjerenje trajanja sijanja Sunca

Pod trajanjem sijanja Sunca podrazumijeva se vrijeme za koje zemljina površina prima direktnu sunčevu radijaciju. Ono se mjeri heliografima u satima. Kod nas se upotrebljavaju heliografi od Campbell Stokesa. Imaju staklenu kuglu, loptastu školjku, postolje i traku. Staklena kugla ima promjer od 9—12 cm. Ona kao leća sabire sunčane zrake u fokusu iza kugle na traku i pregorjeva je toplinskim djelovanjem. Oko staklene kugle je dijelom plašt od metala sa tri para žljebova za tri vrste traka za

razna godišnja doba (proljetne i jesenske, te ljetne i zimske). Trake su podijeljene na sate. Mijenjaju se svaki dan (večer).

Postoji još jedan tip heliografa, koji radi na kemijskom djelovanju sunčanih zraka. To je heliograf po Jordanu. On ima dva zatvorena poluvaljka. Zrake ulaze u nj kroz pukotinu i ostavljaju trag na papiru, koji je kemijski osjetljiv. Ovakav heliograf je u upotrebi od 1900. godine do danas u Zagrebu na Griču pored tipa Campbell Stokes.

Heliografi se postavljaju na mjesto gdje im ništa ne smeta. Okolni predmeti ne smiju bacati na njih sjenu od izlaska do zalaska Sunca tokom cijele godine. Tako predmeti visoki do 5 m trebaju biti udaljeni od njih oko 100 m da ne bi utjecali na njihovu registraciju.

Iako se nastoji postaviti heliografe na čist prostor, gdje im ne će smetati zgrade, drveće, brda, otoci i sl., u praksi je to skoro nemoguće uvijek sasvim izbjeći, osobito pri niskom položaju Sunca ujutro i navečer. Stoga i kod bliskih mjesta može biti razlika u registracijama o trajanju sijanja Sunca gdje ih ne bismo očekivali. Pri ocjeni trajanja insolacije na temelju očitanih heliografskih traka potrebno je poznavati ove smetnje na pojedinoj stanici koja ima heliograf, a da nas ne bi dovele do pogrešnih zaključaka.

Po vedrom vremenu kod otvorenog horizonta Sunce sja duže nego što heliograf registrira, jer pri niskom Suncu instrument nije dovoljno osjetljiv. Zato je vrijeme registriranja sijanja Sunca uvijek kraće od vremena za koje je Sunce zaista nad horizontom.

Dužina trajanja sijanja Sunca zavisi od geografske širine, nadmorske visine, reljefa zemljišta i naoblake.

Povijest postavljanja heliografa kod nas

Pred nešto više od jedne decenije imali smo kod nas vrlo mali broj heliografa. Tek posljednjih godina njihov broj je zadovoljavajući.

Najstariji heliograf kod nas postavljen je u Zagrebu na Griču 1889. godine, dakle pred nešto više od 80 godina.

Do drugog svjetskog rata postojao je izvjestan broj heliografa u našem obalnom pojasu (u Splitu na Marjanu od 1926. godine, Hvaru od 1931. godine, Rabu, Šibeniku i Dubrovniku od 1936. i Veloj Luci od 1937. godine). Većina njih prestala je s radom u toku rata. Prije rata su postojali i prestali s radom heliografi na Rijeci (od 1902—12.), Senju (od 1933—39.) i Kraljevici (od 1935—39.).

Poslije rata postavljeni su dosad heliografi na Medvednici (Sljemenu) iznad Zagreba (1946. godine), u Splitu na Marjanu (1948. godine), Hvaru (1952. godine), Pargu kod Čabra u Gorskotom kotaru (1953. godine), Brestovcu na PIK »Belje« u Baranji i Zavižanju na sjevernom Velebitu (1954. godine), Rijeci, Sinju i Dubrovniku (1955.), Križevcima (1956.), Osijeku, Daruvaru, Sis-

ku, Karlovcu, Gospiću, Malom Lošinj i Palagruži (1957.), Rovinju (1958.), Varaždinu, Senju i Pagu (1959.), Vinkovcima, Zagrebu (Maksimiri) i Kaštel Starom (1960.), Sl. Brodu, Rabu i Šibeniku (1961.), te Puli (1962.).

Pored potrebe za HM službe, heliografe se postavljalo i na traženje nekih poljoprivrednih stanica, poljoprivrednih dobara, šumarskih instituta, bolnica, solana i dr. (Osijek, B. Manastir, Zagreb, Jastrebarsko, Čepić, Rovinj, Kraljevica, Pag i dr.).

Od poratnih stanica najduži niz godina registracija ima dosad (do zaključno 1969. god.) Sljeme (23), Brestovac (16), Križevci (14), Parg (17), Zavižan, Rijeka, Sinj i Dubrovnik (15), Hvar (18) i Split (22). Većina ostalih stanica ima dosad 12 godina registracija, neke 8 do 10, pa i manje. Za ovu svrhu obrađeni su podaci iz posljednjeg 12-godišnjeg razdoblja (1958—69.) za 18 stanica. Nešto kraće razdoblje registracija ima još 9 stanica, tj. svega 27.

Iz raspoloživih predratnih podataka nije se moglo mnogo reći o sijanju Sunca kod nas, osobito u kontinentalnom dijelu Hrvatske, gdje osim Zagreba nije postojao ni jedan heliograf. Slavonija (Osijek, Daruvar) i Lika (Gospić) su dobile prve heliografe tek 1957. godine (Baranja 1954.).

Iz očitanih traka i donekle sređenih podataka sada već zadovoljavajućeg broja heliografa u Hrvatskoj iznosimo ovdje prvi put rezultate za cijelu Hrvatsku iz posljednjeg 12-godišnjeg razdoblja registracija. Dosad iznošeni podaci u školskoj i stručnoj literaturi o sijanju Sunca kod nas ponekad se prilično razlikuju od onih koje ovdje iznosimo, a koji se osnivaju na stvarnim registracijama sadašnjeg zadovoljavajućeg broja heliografa.

Kod trajanja insolacije razlikujemo teoretski moguće trajanje, stvarno trajanje, relativnu insolaciju i broj sunčanih sati.

Moguće trajanje insolacije

Moguće trajanje insolacije se dobije na temelju heliografske širine mjesta i deklinacije Sunca pod pretpostavkom da nema oblaka. Ono donekle karakterizira solarnu klimu pojedinog mjesta. Stvarnu insolaciju određuje naoblaka. Ako se usporedi moguće trajanje sunca sa stvarnim, dobije se relativna insolacija.

Kad ne bi bilo oblaka, insolacija bi mogla trajati kod nas neprestano tokom godine od 8 sati ujutro do 4 sata popodne. Zimi ima nešto sunca prije 8 sati i poslije 16, dok u ljetnim mjesecima (od V—VIII) Sunce izlazi prije 5, a zalazi poslije 19 na večer. U toku godine minimum pada u vrijeme zimskog, a maksimum kod ljetnog solsticija.

Tab. 1. Moguće trajanje sijanja Sunca na 45° sjeverne širine

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
286	292	370	405	461	467	471	435	376	339	387	274	4463

Stvarno trajanje insolacije

Stvarno trajanje insolacije se dobije uz pomoć instrumenata. S tim podacima se upoznajemo s osvjetljenošću pojedinog mjesta i kraja, mogućnošću zagrijavanja zemljišta, a s insolacijom i sunčevom radijacijom i s biološkim djelovanjem Sunčeve energije.

a) Dnevni hod

U prvoj polovini dana tokom svih mjeseci on pokazuje na krivulji uglavnom pravilan porast, a u drugoj polovini dana pad. Oni su strmiji u toplim nego u hladnim mjesecima. Jutrom i večerom je malo sunca. Maksimum pada oko sredine dana. U Zagrebu u mjesecu ožujku, lipnju i srpnju dolazi u podnevnim satima do izvjesne depresije sa dva maksimuma: glavni prije i sporedni poslije podne.

Ako se uspoređi prijepodneva i poslijepodneva suma insolacije, vidi se da je u hladnijem dijelu godine (u Zagrebu od IX—III) popodneva nešto veća od prijepodneve. U toplom dijelu godine (u Zagrebu od IV—VIII) je obratno. To je u vezi s dnevnim i godišnjim hodom naoblake, koji je vezan s cirkulacijom u atmosferi. Naoblaka je u jeseni i zimi veća prije podne nego poslije podne, dok je u proljeće i ljeti obratno. U toploj polovini godine naoblaka je veća oko podne, a insolacija prije podne. Što se ide više k ljetnom solsticiju, to se dnevni maksimum insolacije pomiče na ranije sate. Kasnije on prelazi na popodneve sate. Najduže je trajanje sisanje Sunca u dnevnim satima u unutrašnjosti zemlje ljeti između 10 i 11 sati, a može biti i između 9 i 10. Zimi je između 13 i 14 sati, a javlja se još između 12 i 13 sati (kao i u srednjoj Evropi). U primorju i nekim planinskim krajevima je zimi od 11 do 12 sati. Najveće trajanje insolacije nije, dakle, u satima oko podneva. U prosječnoj godini mjesečni maksimum je u unutrašnjosti zemlje od 11—12 sati, odnosno od 10 do 12 sati. Razvoj dnevne naoblake (osobito konventivni oblaci oko podne) ima veći utjecaj na dužinu trajanja insolacije nego na radijaciju, koja je najveća oko podne. Pri naoblaci heliograf prestaje s registracijom, prekinuta je direktna radijacija, ali difuzna i reflektirana s oblaka ipak dolazi do zemlje. Utjecaj naoblake na globalnu radijaciju je nešto drukčiji nego kod insolacije. Promjenljiva konventivna naoblaka ne mora smanjivati globalnu radijaciju. Povoljan položaj oblaka na nebu s obzirom na refleksiju može povećati radijaciju.¹¹

S insolacijom i naoblakom su povezani temperatura, vlaga zraka, oborine i drugi klimatski elementi.

b) Godišnji hod

Zimi je Sunce nisko, a ljeti visoko, pa mu je i sisanje zimi znatno kraće nego ljeti. Najviše je sunca u srpnju i kolovožu (4—9 puta više nego u zimskim mjesecima), a najmanje u pro-

sincu, što je u vezi s naoblakom i duljinom dana. Minimum u prosincu je jako nizak ne samo zbog najmanjeg mogućeg trajanja insolacije, nego i zbog naoblake. Godišnje trajanje insolacije je obrnuto naoblaci. U hladnom dijelu godine je dosta dana bez sunca. Što je mjesec topliji, to ima više sunca. Ljetni mjeseci imaju malo dana bez sunca i sa dnevnim sijanjem do 4 sata.

Relativno trajanje insolacije

Pod relativnim trajanjem insolacije se razumije kvocijent stvarnog i mogućeg trajanja insolacije. On se izražava u postocima. Postoji veza između relativne insolacije i naoblake.

U toplom dijelu godine relativno trajanje insolacije je nešto dulje prije podne nego poslije podne. U hladnom dijelu godine je obratno.

Iz dana u dan vrijednosti srednjeg dnevnog relativnog trajanja insolacije su vrlo različite. U godišnjem hodu ljetne vrijednosti su velike, jesenske i zimske malene, dok proljetne jako osciliraju. To ovisi o vremenskim prilikama u pojedinom djelu godine.

Godišnji hod pokazuje pravilnost: relativno trajanje ima najviše vrijednosti u kolovozu, a najmanje u prosincu. Postotak godišnje vrijednosti je u kontinentalnom dijelu zemlje ispod 50% mogućeg.¹¹

Broj sunčanih sati

Srednji broj sati u toku dana u kojima Sunce sja barem 6 minuta nešto se razlikuje od ranijeg dnevnog hoda trajanja insolacije.

U Zagrebu Sunce se najčešće vidi u svim mjesecima između 12 i 13 ili 13 i 14 sati. U prosincu i studenom Sunce sja u određenom satu tek svaki treći dan, u proljetnim i jesenskim mjesecima (III—VI, IX i X) sunca nema u nekom satu svaki četvrti dan, a u srpnju i kolovozu ono ne sja u nekom satnom intervalu svega četiri puta u mjesecu.¹¹

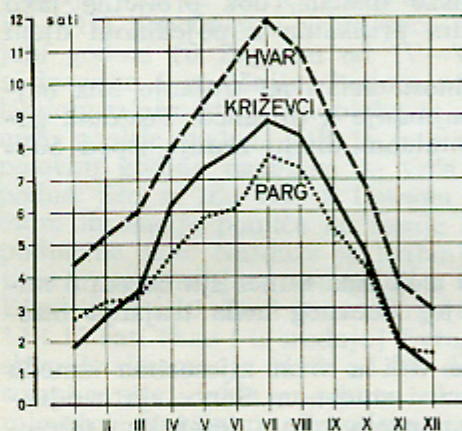
Regionalni raspored insolacije u Hrvatskoj

Dužina insolacije je to veća što se ide od pola prema ekvatoru. Najviše je sunca u području pasata. U pustinjским krajevima oko 30° geografske širine ima oko 3500 sati sijanja Sunca godišnje (Teksas). U Evropi ga ima od ispod 1000 sati (Ben Nevis na 1343 m oko 736 do blizu 3000 (Madrid) sati.

Prema instrumentalnom mjerenju na u početku spomenutim stanicama, prosječno godišnje trajanje insolacije u većem dijelu Slavonije i Baranje iznosi oko 1920 sati (Osijek 1998), sjeverozapadnoj Hrvatskoj oko 1870 do 1900 Zagreb-Grič 1801, Sisak 1845, Varaždin 1822), Lici (Gospiću) blizu 1900, sjevernom dijelu Gorskog kotara (u Pargu kod Čabra na 863 m nadmorske visine)

blizu 1700 (točnije 1660) sati, sjevernom dijelu Velebita (Zavižan na 1594 m) blizu 1900 (točnije 1866) sati. Neki naši planinski krajevi (stanice u Pargu, na Zavižanu i Sljemenu) imaju, dakle, od 1660 do 1880 sati sijanja Sunca godišnje. Liburnijsko i Vinodolsko primorje, te Velebitsko podgorje ima prosječno godišnje 2050 do 2200 sati trajanja sijanja Sunca, a Istra i nutarnji Kvarnerski otoci 2350 do 2450, vanjski Kvarnerski otoci, većina dalmatinskih otoka i istaknutiji dijelovi obale 2500 do 2700 sati (M. Lošinj u spomenutom razdoblju 1546, Dubrovnik 2558, Split-Marjan 2600, Šibenik (razd. 1961—69.) 2693, Hvar 2711 sati).

U ostalom priobalskom dijelu, kojem u jutarnjim i večernjim satima dijelom smetaju primorska brda, planine ili otoci i imaju veću naoblaku za puhanja juga ili bure, kao i u Dalmatinskoj zagori, insolacija iznosi prosječno oko 2250 do 2450 sati (Pag, Kaštel Stari, Sinj).



Sl. 1. Prosječno, srednje dnevno sijanje Sunca u satima po mjesecima u Križevcima, Pargu i Hvaru (razdoblje 1958—1969.).

Tab. 2. Prosječni mjesečni i godišnji broj sati sijanja Sunca u nekim mjestima Hrvatske (razd. 1958—69.)*

Mjesto	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Osijek	61	87	140	188	231	251	290	264	211	170	64	41	1998
Daruvar	63	82	127	184	228	238	286	265	201	155	55	46	1921
Križevci	56	80	112	188	228	242	276	259	196	146	56	35	1874
Zagreb-Grič	51	78	111	172	212	231	275	249	191	141	56	34	1801
Sisak	55	78	120	181	224	239	280	254	189	135	56	34	1845
Karlovac	58	79	122	178	232	245	289	265	195	140	56	32	1891
Gospić	64	82	118	176	222	243	290	275	192	143	56	35	1896
Rovinj	109	119	160	206	274	297	341	307	239	197	92	96	2437
M. Lošinj	114	130	163	227	289	317	361	323	244	202	94	80	2546
Rijeka	110	109	138	172	228	241	294	265	200	162	85	84	2088
Sinj	104	118	154	198	232	266	325	306	218	161	81	68	2231
Split	133	145	175	220	288	298	354	326	246	206	114	94	2600
Hvar	135	149	187	238	290	321	371	340	257	212	115	95	2711
Dubrovnik	131	134	164	211	268	293	354	331	259	206	113	94	2558

Tab. 3. Prosječni broj sati sijanja Sunca na dan u nekim mjestima Hrvatske (razd. 1958—69.)*

Mjesto	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Ostijek	2,0	3,1	4,5	6,3	7,5	8,4	9,3	8,5	7,0	5,5	2,1	1,3	5,5
Daruvar	2,0	2,9	4,1	6,1	7,3	7,9	9,2	8,6	6,7	5,0	1,8	1,5	5,5
Križevci	1,8	2,8	3,6	6,2	7,4	8,0	8,9	8,4	6,5	4,7	1,9	1,1	5,1
Zagreb-Grič	1,6	2,8	3,6	5,7	6,8	7,7	8,9	8,0	6,4	4,6	1,9	1,1	4,9
Sisak	1,8	2,8	3,9	6,0	7,2	8,0	9,0	8,2	6,3	4,4	1,8	1,1	5,0
Karlovac	1,9	2,8	3,9	5,9	7,5	8,2	9,3	8,6	6,5	4,5	1,9	1,0	5,2
Gospić	2,1	2,9	3,8	5,9	7,2	8,1	9,4	8,9	6,4	4,6	1,9	1,2	5,2
Rovinj	3,5	4,2	5,2	6,9	8,8	9,9	11,0	9,9	8,0	6,4	3,1	3,1	6,6
M. Lošinj	3,7	4,6	5,3	7,6	9,3	10,6	11,6	10,4	8,1	6,5	3,1	2,6	7,0
Rljeka	3,6	3,9	4,5	5,7	7,4	8,0	9,5	8,5	6,7	5,2	2,8	2,7	5,7
Sinj	3,3	4,2	5,0	6,6	7,5	8,9	10,5	9,9	7,3	5,2	2,7	2,2	6,1
Split	4,3	5,2	5,6	7,3	9,3	9,9	11,4	10,5	8,2	6,7	3,8	3,0	7,1
Hvar	4,4	5,3	6,0	7,9	9,4	10,7	12,0	11,0	8,6	6,8	3,8	3,0	7,4
Dubrovnik	4,2	4,8	5,3	7,0	8,6	9,8	11,4	10,7	8,6	6,6	3,8	3,0	7,0

Kako u tab. 2. i 3. ne iznosimo podatke o trajanju insolacije za sva mjesta u kojima postoje heliografi, to ovdje dajemo prosječan broj sati trajanja insolacije (iz razd. 1958—69.):

Mjesec	Kontinentalna Hrvatska	Jadransko primorje
I	55—65	100—135
II	77—87	100—150
III	110—140	135—200
IV	175—190	170—240
V	220—230	220—290
VI	240—250	250—320
VII	270—290	300—370
VIII	250—270	280—340
IX	190—210	210—260
X	140—170	160—220
XI	55—70	90—120
XII	34—45	75—95
God.	1870—2000	2100—2700

Kod godišnje sume insolacije nismo uzeli u obzir Zagreb-Grič i Sisak. O insolaciji u gradovima bit će kasnije govora.

Sunce sja prosječno dnevno sati u:

* U tabelama objavljujem višegodišnje podatke samo nekih stanica naprijed spomenutih na temelju kojih je ovo rađeno. Podaci za ostale stanice nalaze se u arhivi Hidrometeorološkog zavoda Hrvatske, Zagreb, Grič 3.

Mjesec	Kontinentalna Hrvatska	Jadransko primorje
I	1,8—2,0	3,4—4,4
II	2,8—3,2	3,8—5,3
III	3,8—4,5	4,5—6,0
IV	5,9—6,3	5,8—7,9
V	7,1—7,5	7,4—9,4
VI	7,9—8,4	8,0—10,7
VII	8,9—9,4	9,5—12,0
VIII	8,2—8,9	8,5—11,0
IX	6,3—7,0	7,0—8,6
X	4,5—5,5	5,2—7,0
XI	1,8—2,1	2,9—4,0
XII	1,0—1,6	2,5—3,0
God.	5,0—5,5	5,7—7,4

Pored srednje mjesečne insolacije, u tabeli na str. 185 dajemo u satima i postocima najčešće kretanje insolacije po mjesecima i za godinu za neka mjesta Hrvatske u razdoblju 1958—69.

Razlike između stvarnog i mogućeg trajanja insolacije su velike. Dok bi prema astronomskim uvjetima Sunce moglo sjati, na primjer, u većem dijelu sjeverne Hrvatske u srpnju oko 470 sati, ono stvarno sja tek oko 270—290, a u prosincu od oko 275 svega 30—45 ili prosječno dnevno u srpnju oko 9 i prosincu samo 1—1,5 sat.

Godišnji hod apsolutnog trajanja sijanja Sunca u Hrvatskoj je pravilan. Maksimum je u srpnju, a minimum u prosincu. Uzlaz i silaz na godišnjoj krivulji nije poremećen sporednim ekstremima.

Maksimum u srpnju, pored duljine dana, ima veću vedrinu nego lipanj, dok kolovoz, uz vedrinu, ima nešto kraći dan od srpnja. On ne zaostaje mnogo za srpnjom. Minimum u prosincu dolazi uslijed kratkoće dana i najveće mjesečne naoblake.

Položaj ekstrema nije stalan. Mjesečni maksimum je pao u posljednjih 12 godina (1958—69.) na stanicama u kontinentalnom dijelu Hrvatske u VII mjesecu 6—8 puta, VIII mjesecu 3—4 puta, VI mjesecu 1—2 puta samo u sjevero-zapadnim krajevima, V mjesecu 1 put u Daruvaru i Varaždinu.

Na planinskim stanicama (Sljeme, Parg, Zavižan) maksimum je pao slično kao i u nizinskim.

U Jadranskom primorju maksimum je pao u

VII mjesecu 7—10 puta,

VIII mjesecu 2—4 puta,

VI mjesecu od Istre do Šibenika 1 put.

Najčešće kretanje insolacije po mjesecima i godišnje za neka mjesta Hrvatske u razdoblju od 1958—1969.

Mjesto Mjes.	Osijek Sati	%	Križevci Sati	%	Karlovac Sati	%	Gospić Sati	%	Rovinj Sati	%	Split Sati	%	Hvar Sati	%	Dubrovnik Sati	%
I	50—60	67	50—65	75	50—70	67	40—80	100	80—120	75	120—150	67	110—150	67	100—160	92
II	50—90	58	65—100	67	80—100	67	60—110	75	70—170	67	110—165	75	100—170	83	90—140	75
III	130—190	67	80—160	75	60—150	75	60—150	75	100—170	67	125—200	75	140—220	75	110—180	75
IV	190—220	67	160—210	75	150—220	75	140—200	83	180—210	83	200—230	92	220—260	83	180—235	83
V	210—300	75	200—260	75	200—260	83	200—260	83	250—280	83	270—290	50	270—330	83	240—290	75
VI	230—280	92	210—280	100	200—280	100	200—290	100	280—330	92	270—330	92	280—350	100	300—325	75
VII	280—320	75	250—320	83	250—340	92	270—330	67	340—350	58	330—380	100	350—400	92	330—375	92
VIII	260—310	67	260—320	67	220—320	92	230—310	67	300—350	75	290—370	92	300—380	92	300—370	92
IX	200—250	67	180—240	75	180—240	67	150—200	75	220—260	67	210—270	92	230—290	83	220—280	92
X	160—200	67	110—200	92	110—160	75	100—190	75	180—210	67	170—270	83	200—280	75	200—270	75
XI	50—90	75	50—80	50	35—85	75	30—90	75	75—100	75	100—130	83	90—150	100	100—130	83
XII	35—65	67	35—55	50	30—60	67	30—60	75	60—100	83	80—100	75	80—100	75	80—110	75
God.	1950—2100	67	1800—2000	67	1800—2000	75	1800—2000	67	2350—2500	83	2500—2700	67	2600—2800	75	2500—2700	67

U Rabu je u 8 posljednjih godina (1962—69.) maksimum padao u:

VI mjesecu 5 puta,
VII mjesecu 3 puta,
VIII mjesecu 0 puta.

U Rijeci i M. Lošinj maksimum je padao u srpnju 8 puta, kolovozu 3 puta i lipnju 1 put;
u Splitu u srpnju 8 puta i kolovozu 4 puta,
u Hvaru u srpnju 10 puta i kolovozu 2 puta.

Mjesečni minimum je padao u posljednjih 12 godina (1958—69.): u kontinentalnom dijelu Hrvatske u XII mjesecu 6—9 puta,
XI mjesecu pretežno 2—3 puta i
I mjesecu 1—2 puta.

On nije padao u veljaču (u duljem razdoblju bilo je i takvih slučajeva).

Na planinskoj stanici Sljeme minimum je padao u ovom razdoblju kao i na nizinskim stanicama, dok je na Pargu i Zavižanu padao u

XII mjesecu	5 puta	
XI	4—6	"
I	1	"
II	1	" na Zavižanu
X	1	" "
III	1	" na Pargu

U Istri i dijelu Kvarnerskog kraja (Rovinj, Pula, Rijeka, Rab) minimum je padao u ovim godinama:

u XII mjesecu	oko 4 puta,
u XI	" 2—3 "
u I	" 0—1 "
u II	" 2—5 "
u III	" 1 " u Rijeci.

U ostalom većem dijelu primorja minimum je padao:

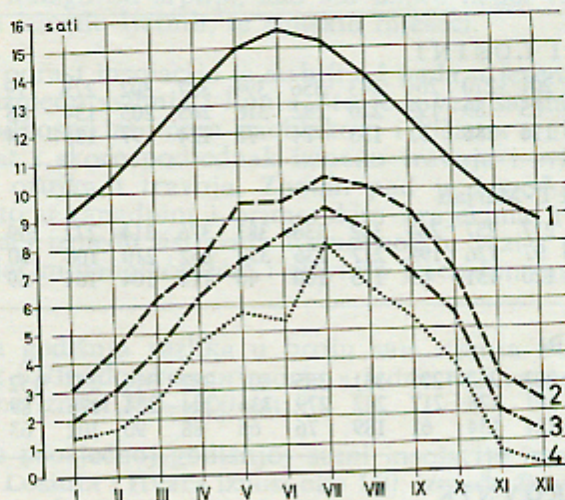
u XII mjesecu	2—10 puta
u XI	" oko 2 "
u I	" 0—1 "
u II	" 0—2 "

Srpanjski maksimum je isto toliko stalan kao i prosinački minimum.

Kao i drugi meteorološki elementi tako i insolacija zna znatno varirati iz godine u godinu. U posljednjih 12 godina (od 1958—69.) ona se kretala:

Mjesec	Kontinentalna Hrvatska	Jadransko primorje
I	20—100	90—200
II	35—135	85—230
III	45—225	110—270
IV	130—230	170—280
V	160—300	210—340
VI	160—300	230—360
VII	200—370	300—400
VIII	200—370	250—390
IX	150—280	200—320
X	60—220	100—280
XI	10—120	60—200
XII	2—75	40—140
God.	1600—2300	2350—2900

Najveći apsolutni mjesečni maksimum iznosi u kontinentalnom dijelu Hrvatske 330—370 sati i pada u srpnju i kolovozu, a minimum svega 2 (Osijek u prosincu 1969. godine). U Jadranskom primorju maksimumi se dižu do 400 sati u srpnju, a nisu mnogo niži ni u kolovozu, dok minimumi padaju u spomenutom razdoblju do 40 sati u prosincu. U duljem vremenskom razdoblju razlike bi bile sigurno još veće. Najveće su razlike osobito u ožujku i listopadu, ali su velike razlike i od svibnja do kolovoza, u primorju i u veljači i studenom. Godišnji hod apsolutnih maksimuma ima pravilan uzlaz i silaz, osim u nekim mjestima u lipnju u mnogim mjestima je to slučaj i kod minimuma.



Sl. 2. Moguće, te stvarno najveće, najmanje i prosječno srednje dnevno sisanje Sunca u satima po mjesecima u Osijeku za razdoblje 1958—1969.

Tab. 4. Apsolutni ekstremi i apsolutna promjenljivost insolacije (razdoblje 1958—1969.)

Mjes.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
OSIJEK													
Max.	96	123	192	223	296	287	323	314	278	222	102	76	2271
Min.	44	49	84	143	177	162	252	204	163	116	21	2	1764
Razl.	52	74	108	80	119	125	71	110	115	106	81	74	507
KRIŽEVCI													
Max.	98	137	207	233	301	288	326	321	261	192	117	74	2071
Min.	30	37	46	130	171	206	205	198	128	62	20	9	1735
Razl.	68	100	161	103	130	82	121	123	133	130	97	65	336
ZAGREB-GRIC													
Max.	87	128	196	232	278	277	317	316	258	183	121	71	2006
Min.	25	34	34	123	158	193	228	198	143	63	15	4	1623
Razl.	62	94	162	109	120	84	89	118	115	120	106	67	383
GOSPIC													
Max.	87	133	215	224	285	290	371	368	274	216	99	68	2145
Min.	37	34	49	131	155	199	184	198	148	67	19	11	1697
Razl.	50	99	166	87	130	91	187	170	126	149	80	57	448
ROVINJ													
Max.	162	196	266	261	336	337	386	358	301	257	116	125	2679
Min.	73	52	86	177	241	253	228	243	190	139	75	60	2124
Razl.	89	144	180	84	95	84	98	115	111	118	41	65	555
MALI LOSINJ													
Max.	168	201	270	264	343	356	394	387	302	275	119	110	2779
Min.	92	85	89	193	210	282	316	263	205	134	65	45	2382
Razl.	76	116	181	71	133	74	78	124	97	138	54	55	397
SPLIT-Marjan													
Max.	193	217	257	264	332	336	381	376	314	272	159	124	2817
Min.	87	97	126	195	217	236	335	262	210	108	90	62	2361
Razl.	106	120	131	69	115	100	46	114	104	164	69	64	456
HVAR													
Max.	189	222	262	278	331	355	401	382	314	277	152	134	2893
Min.	92	101	128	217	242	279	336	294	224	175	89	64	2518
Razl.	97	121	134	61	189	76	65	88	90	102	63	70	375
DUBROVNIK													
Max.	201	229	246	261	322	326	395	368	319	270	130	134	2798
Min.	103	86	108	167	226	189	333	280	222	104	75	74	2351
Razl.	98	143	138	94	96	137	62	88	97	166	55	60	447

Apsolutna promjenljivost (apsolutni maksimum manje apsolutni minimum), ako se izrazi u postocima, pokazuje u Zagrebu, na primjer, izrazit godišnji hod. Vrijednosti u vegetacijskom razdoblju su male, a u predvegetacijskom velike.³

U variranju broja sati sisanja Sunca u pojedinom mjesecu u spomenutom razdoblju su najbliži mjeseci svibanj i lipanj, te srpanj i kolovoz, osobito u unutrašnjosti zemlje.

Razlike u mjesečnoj sumi insolacije pojedine godine u dosadašnjem razdoblju iznose od 40—190 sati.

U pojedinim zimskim mjesecima (XI—II) može biti vrlo malo sunca, osobito u kontinentalnom dijelu zemlje (od svega 2—50 sati).

Godišnja suma insolacije varirala je u spomenutom razdoblju od 250—500 sati. Najveći broj sati sisanja Sunca u unutrašnjosti zemlje u posljednjih 12 godina (2300 sati) bio je najmanji u primorju (izuzev Rovinj).

Prosječna dnevna insolacija kroz godinu iznosi u kontinentalnom dijelu zemlje 5 do 5,5, a na Jadranu 5,7 do 7,4 sati.

Tokom vegetacijskog razdoblja (IV—IX) prosječno dnevno sisanje Sunca je iznad godišnjeg srednjaka, a kroz predvegetacijsko razdoblje (X—III) je ispod njega.

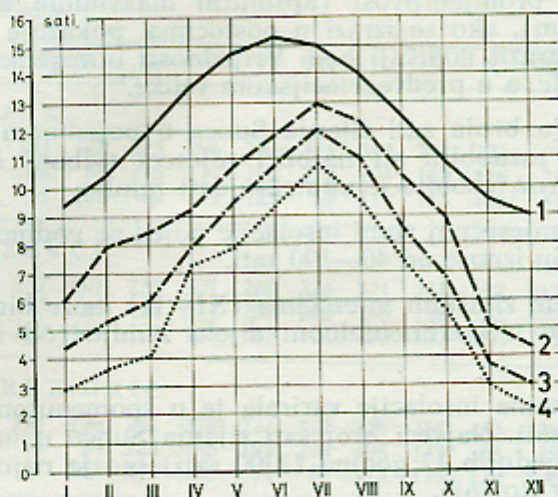
Po srednjoj mjesečnoj insolaciji približuju se travanj i rujna (u nekim mjestima u primorju travanj i listopad), te siječanj i studeni, osobito u nizinskim krajevima u unutrašnjosti. Kolovoz se ne razlikuje mnogo od srpnja, kao što uopće nema velike razlike među sobom između ljetnih, te zimskih mjeseci.

Proljetni porast insolacije je slabiji od pada u jeseni. Osobito je slab porast između svibnja i lipnja, što je u vezi sa slabijim razvedranjem odnosno znatnom naoblakom i kišama u lipnju. Nešto je jači porast i skoro podjednak između travnja i svibnja, lipnja i srpnja, te ožujka i travnja. Znatna pad je između kolovoza i rujna, osobito u zapadnim i primorskim krajevima, rujna i listopada, a najjači između listopada i studenog, u vezi s promjenama cirkulacije, jačim naoblačenjem i glavnim jesenskim maksimumom kiša.

Prosječna godišnja razlika u broju sati sisanja Sunca između Liburnijskog i Vinodolskog primorja s jedne te Kvarnerskih otoka s druge strane iznosi 250—500 sati.

Razlika u prosječnoj godišnjoj sumi insolacije između, na primjer, Malog Lošinja i Hvara iznosi oko 160, između Rovinja i Hvara 270 sati, a između Rijeke i Kraljevice, te Hvara i 600 do 700 sati.

Razlika u insolaciji vegetacijskog razdoblja (IV—IX) između unutrašnjosti zemlje i obalnog pojasa iznosi od 200 pa do 450 sati.



Sl. 3. Moguće, te stvarno najveće, najmanje i prosječno srednje dnevno sisanje Sunca u satima po mjesecima u Hvaru za razdoblje 1958—1969.

1. moguće sisanje Sunca; 2. maksimalno stvarno sisanje Sunca; 3. višegodišnje srednje sisanje Sunca; 4. minimalno sisanje Sunca.

Razlika u prosječnoj srednjoj mjesečnoj insolaciji između mjesta u unutrašnjosti zemlje i najsunčanijeg dijela obale iznosi oko 50—100 sati. One su najmanje u jeseni, a najveće ljeti.

Tab. 5. Broj sati sisanja Sunca u pojedinim godišnjim dobima i u vegetacijskom periodu (razd. 1958—1969.)

Mjesto	Proljeće (III—V)	Ljeto (VI—VIII)	Jesen (IX—XI)	Zima (XII—II)	Vegetacij. razdoblje (IV—IX)
Osijek	560	805	444	190	1435
Daruvar	538	788	411	192	1402
Križevci	528	768	398	171	1390
Zagreb-Grič	495	755	388	162	1330
Sisak	525	773	380	166	1366
Karlovac	533	800	391	168	1405
Gospić	517	808	391	183	1399
Rovinj	640	945	528	324	1665
M. Lošinj	679	1002	540	324	1761
Rijeka	538	800	447	303	1400
Sinj	584	896	461	290	1545
Split-Marjan	682	978	567	372	1732
Hvar	716	1032	584	379	1817
Dubrovnik	643	978	577	359	1715

U proljeće Sunce sja (u spomenutom razdoblju) prosječno u nižim krajevima u unutrašnjosti zemlje 520 do 560 sati (izuzev Zagreb—Grič), obalnom pojasu 550 do 700; ljeti u kontinentalnom dijelu oko 750 do 800, primorskom 800 do 1000 (Hvar 1030); u jeseni u Panonskom, Peripanonskom i nižim dijelovima planinskog prostora 380 do 440, Mediteranskom 450 do 600 i zimi u prvim regijama 170 do 200 (Sljeme 235, Parg 224, Zavižan 245) i posljednjoj 300 do 380 sati.

Sunca ima najviše ljeti, a najmanje zimi. Znatno više ga je u cijeloj zemlji u proljeće nego u jesen. U vegetacijskom razdoblju (IV—IX) ono sja u unutrašnjosti zemlje prosječno 1350 do 1400 (Osijek 1435, Parg nešto ispod 1200), a u Jadranskom primorju 1500 do 1800 sati.

Mali Lošinj ima u proljeću prosječno isti broj sati sijanja Sunca kao Split, a ljeti i više od Splita, dok u jeseni i zimi ima manje (zbog čestih ciklona koje tada prolaze sjevernim Jadranom).

Naši krajevi, osobito Jadransko primorje, spadaju u najsunčanije u Evropi.

Naše stanice u unutrašnjosti zemlje imaju prosječnu godišnju insolaciju od 5 do 5,5 sati na dan, te spadaju u srednje sunčane krajeve.

Slavonija ima nešto više sunca nego sjeverozapadna Hrvatska, osobito krajem zime i u početku proljeća, te u jeseni. Od spomenutih mjesta koja imaju heliograf, u unutrašnjosti zemlje najviše sunca ima Osijek (prosječno 1998 sati), na Jadranu Hvar (oko 2711), a najmanje u nizinskim krajevima u unutrašnjosti gradovi Zagreb (Grič 1801) i Sisak (1845 sati u spomenutom razdoblju).

Obalni dio od Malog Lošinja do Dubrovnika sa 2500 do 2700 sati godišnje sunca ili prosječno 7 do 7,4 sati na dan premašuje talijanska, pa i sicilijanska mjesta (Rim 6,5, Palermo 6,8), a dostiže francusku i talijansku Rivijeru (Nica i San Remo 7,2 sati na dan), te Grčku (Atena 7,3). Naš Jadran zaostaje u Evropi jedino za Španjolskom (Madrid 8, Malaga 8,1, Almeria 8,7).*

Srpanjske vrijednosti u dijelu Srednje i Južne Dalmacije, a osobito na zapadnom dijelu otoka Hvara, Korčule i na Visu su vrlo velike. Hvar je najsunčaniji (VII 12,0). Ove vrijednosti dostižu one u Španjolskoj, pa čak i u Egiptu (Aleksandrija VII 12,3). Naše zime, međutim, zaostaju za sunčanim krajevima ostalog Sredozemlja i do 2 sata dnevno, pa i više (prosjek zime u Dubrovniku iznosi 3,9, Hvaru 4,2, a u Nici 4,9, Madridu 5,3, Almeriji 6,5, Aleksandriji 6,7 sati* na dan)²

* Prosječna dnevna insolacija naših mjesta na Jadranu i spomenutih gradova Sredozemlja nije iz istog vremenskog razdoblja.

Godišnji hod insolacije i naoblake) posljedica je prolaza ciklona i anticiklona preko naših krajeva, odnosno zadržavanja određenih tipova vremena. Ciklone smanjuju, a anticiklone povećavaju broj sati sijanja Sunca.

Najveći broj ciklonskih tipova vremena javlja se kod nas u studenom, a vrlo velik broj dolazi i u prosincu.

Centri ciklone se drže bliže Jadranskom moru, a cirkulacija u cikloni dovlači na kopno velike količine toplog i vlažnog zraka, koji prilikom dizanja stvara zatvorenu slojevituu naoblaku.

Ciklone češće zahvaćaju sjeverni Jadran, najviše iz Genovskog zaljeva, osobito u proljeće.

Ljeti je vrijeme na Jadranu stabilno, a najstabilnije u njegovom južnom dijelu.

Zimi ciklone češće prolaze Jadranom. Tu je ipak tada viša insolacija nego u kontinentalnom dijelu zemlje, koji je, doduše, pod utjecajem anticiklone, ali sa niskom naoblakom.

Južni Jadran, Otrant, Jonsko more, Grčka i južna Italija izvrgnuti su tada čestim atmosferskim poremećajima.

Srednja Dalmacija osobito od Šibenika do Pelješca, koja se nalazi između dva područja kojima često prolaze ciklone, najvrediji je dio naše obale.

Otvoreno more ima više sunca nego ono u blizini obale, pa zapadne dijelove otoka Hvara i Korčule, te otok Vis smatramo našim najsunčanijim krajevima.⁶

Na strmim planinama uz obalu dolazi do formiranja oblaka za vrijeme juga i oblačne »kape« za puhanje bure, koji smanjuju insolaciju.

Za puhanja juga, osobito u proljeće i jesen, dolazi do pojačane naoblake i nad otocima Korčulom, Hvarom i Bračom, te smanjene insolacije.

Nad Ravnim kotarima prilikom puhanja bure dolazi do razvedranja uslijed spuštanja zraka s planina, te povećane insolacije.¹³

U kontinentalnom dijelu zemlje doline su zimi pod maglom i niskom naoblakom, koje sprečavaju prodiranje Sunčanih zraka do tla.

U proljeće je naoblaka manja nego zimi, postepeno nestaje magle i niske naoblake nad dolinama, a prevladavaju orografski i konvektivni oblaci.

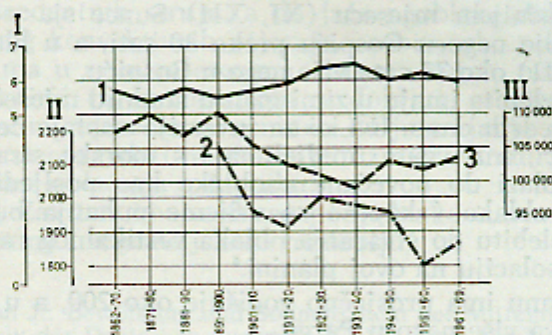
Ljeti prevladava lijepo i vedro vrijeme.

U jeseni dolazi do porasta naoblake, pa je insolacija znatno manja nego u proljeće.

Planine mnogo utječu na naoblaku, a preko nje i na insolaciju. Na planinama je zimi veća insolacija, a ljeti manja nego nad okolnim nižim predjelima zbog različite naoblake ljeti i zimi do koje dolazi utjecajem gora.

Insolacija u nekim našim gradovima

U nekim našim gradovima, osobito u Zagrebu, opaža se posljednjih decenija pogoršanje klimatskih prilika, pa i insolacije. To je posljedica promjena u atmosferskim strujanjima s jedne, a s druge strane u povećanju grada, njegove industrije i prometa, što sve zagađuje atmosferu nad njim s čađom, prašinom, dimom, plinovima i parama iz stambenih zgrada, tvornica, raznih strojeva, automobila i dr. Povećane primjese u zraku pogoduju stvaranju niskih slojevitih oblaka i magle u zimi i noću, a gromadastih oblaka ljeti i po danu. Tako Zagreb u posljednjem stoljeću ima sve veću naoblaku, a sve manje sunca. Naoblaka je veća u svim godišnjim dobima, osobito zimi, a posebno ujutro i navečer u hladnoj polovini godine. Povećao se i broj potpuno oblačnih dana (u posljednjih 100 godina od 127 na 157 godišnje), a smanjio broj vedrih dana



Sl. 4. Promjene naoblake, trajanja sisanja Sunca i sunčeve radijacije u Zagrebu za posljednjih stotinu godina

- I — 1. trajanje naoblake
 II — 2. trajanje sisanja Sunca u satima godišnje
 III — 3. sunčeva radijacija u Kcal/cm² godišnje.

(od 87 na 67). Insolacija se smanjila ujutro i navečer tokom cijele godine za oko 80 posto prema onoj pred 70 godina. U siječnju, veljači, svibnju i studenom satni srednjaci su tokom cijelog dana manji od onih iz ranijih godina registracije. Razlike su izazvane povećanjem naoblake u posljednjih 30 godina, osobito zimi. Srednje godišnje satne sume su općenito manje u novije vrijeme nego prije i to tokom cijelog dana, a osobito ujutro i navečer.¹² Mjesečnu godišnju i sezonsku sumu insolacije u Zagrebu, Sisku i drugim gradovima naprijed smo iznijeli, pa to ovdje ne bismo ponavljali, već samo naglasili potrebu borbe protiv zagađenosti zraka u gradovima.

Insolacija nad nekim našim planinama

U planinama je obično manje sunca nego u nizinama u njihovoj okolini. Međutim, planinski vrhovi imaju u kasnoj jeseni i zimi (XI—II) više sunca nego mjesta u nizini, a u ostalim godišnjim dobima, osobito od svibnja do srpnja, manje. Planinski učinak razvedravanja očituje se jače kod insolacije nego kod naoblake. I ljetni je učinak planine jak.

Na planinama Hrvatske imamo kroz nešto duži niz godina samo tri heliografa: na Medvednici (Sljeme) iznad Zagreba na 999 m, Zavižanu na sjevernom Velebitu na 1594 m i Pargu kod Čabra u Gorskom kotaru na 863 m nadmorske visine.

Na Zavižanu ima prosječno godišnje oko 1866 sati sunca, u Gospiću oko 1896 i u Senju 2202 sata. To je u Zavižanu na Velebitu svega oko 30 sati manje nego u Lici (Gospiću), a 336 sati manje nego na južnim pristrancima Velebita u priobalnom dijelu (Senju).

U najoblačnijem mjesecu (XI, XII) Sunce sja u prosjeku na Zavižanu dulje nego u Gospiću preko 30 sati, a u hladnom dijelu godine (X—II) oko 73 sata više nego u Gospiću.

Vrhovi Velebita imaju u zimi manju srednju mjesečnu naoblaku i veći broj vedrih dana. U Lici za inverzija nastaje često magla ili stratus oblaci, a u višim predjelima i s morske strane je vedro. U ožujku dolazi do povećane naoblake kao posljedica stvaranja orografskih oblaka (»kape«) za vrijeme puhanja bure. U jeseni dolazi na Velebitu do stvaranja oblaka vertikalnog razvoja. Sve to utječe na insolaciju na ovoj planini.⁵

Na Zavižanu ima prosječno godišnje oko 200, a u Gospiću oko 240 sati sunca više nego u Pargu.

Parg ima prosječno godišnje oko 1660 sati sijanja Sunca (prosječno dnevno oko 4,6 sati). Insolacija je zimi (XIII—II) veća u Pargu nego u Gospiću za 42 sata. Parg ima zimi više sunca i od Zagreba (Grič).

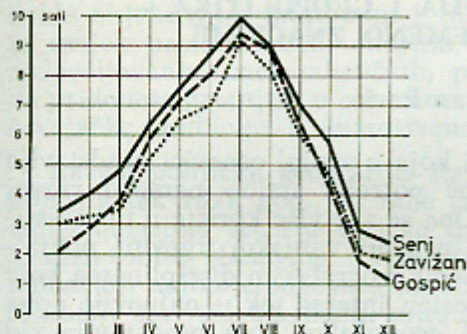
Ovo govori o prednosti planina u zimskim mjesecima kada je u nizini magla, a na visinama sunčano vrijeme, s velikom vidljivošću.

Na većim visinama je trajanje insolacije vićenom dulje prije podne nego poslije podne, što je uzrokovano različitom naoblakom.

Parg ima godišnje, u svim godišnjim dobima, vegetacijskom razdoblju i svima mjesecima (osim XII—II najmanje Sunca od svih stanica kod nas koje mjere insolaciju.

Na Sljemenu (Medvednici) ima prosječno godišnje 1878 sati sijanja Sunca (prosječno dnevno 5,1), a u Zagrebu na Griču 1801 sat (prosječno 4,9). Sljeme ima godišnje prosječno oko 80 sati sunca više nego Zagreb-Grič, dok Zagreb-Maksimir (s nešto kraćim razdobljem registriranja insolacije) ima samo nešto manje sunca nego Sljeme.

Sljeme ima veći broj vedrih dana od studenoga do ožujka. Zagreb-Grič ima oko 12 dana više bez sunca nego Sljeme, osobito



Sl. 5. Prosječno srednje dnevno sijanje Sunca u satima po mjesecima u Gospiću, Senju i Zavižanu (razdoblje 1958—1969.).

u jeseni, zimi i proljeću. Na Sljemenu je veći broj dana bez sunca ljeti, a vedrina u jeseni i zimi (I,II). Vedro vrijeme nastupa za visokog tlaka kod stabilnog vremena, kod azorskih anticiklona ljeti, te descendentnih struja, a do jače naoblake dolazi u travnju i svibnju zbog konvektivnih utjecaja, osobito oko podnevnih sati¹⁴.

Sljeme ima u svim mjesecima, izuzevši rujana, nešto više sunca nego Zagreb-Grič (u spomenutom razdoblju), osobito u zimi (XII—II). U ostalim mjesecima neznatno dulje trajanje sunca na Sljemenu može se opravdati onečišćenjem zraka, ranim jutarnjim maglama i niskim oblacima u Zagrebu.

Sljeme i Zavižan imaju skoro podjednako sunca u godini, godišnjim dobama i vegetacijskom razdoblju.

1. Friedmann J.: Bewölkung und Sonnenschein des Mittelmeergebietes; Aas dem Archiv der Deutschen Seewarte XXXV Jhrg, Nr. 2 (1912.).
2. Goldberg J.: Sijanje Sunca, Zemljopis Hrvatske, Zagreb 1942.
3. Goldberg J.: Trajanje insolacije u Zagrebu na osnovi 36-godišnjih registracija, Rad JAZ, knjiga 246/1933, Zagreb.
4. Kirigin B.: Prikaz klimatskih prilika Medvednice, Zagreb, 1963.
5. Kirigin B.: Klimatske karakteristike sjevernog Velebita, Naše planine, br. 5—6, Zagreb, 1966.
6. HMZ: Klimatske prilike za Projekt Južni Jadran (knjižnica HMZ, Zagreb).
7. Maksić-Sikić-Penzar-Knežević: Klimatske i agroklimatske osobine južno-kalničkog Prigorja, Zagreb, 1962.
8. i 9. Milosavljević M.: Klimatologija, Beograd, 1963.
10. Podaci o sijanju Sunca u Hrvatskoj, HMZ, Zagreb.
11. Penzar I.: Studija klime grada Zagreba (Sunčeva radijacija, trajanje insolacije i naoblaka, Zagreb, 1968, rukopis, knjižnica Geofizičkog zavoda, Zagreb, Grič 3.
12. Penzar I.: Zagreb — grad sa sve manje sunca, Priroda br. 9/69.
13. Penzar I.: Raspodjela globalne radijacije nad Jugoslavijom i Jadranskim morem, Hidrografski godišnjak, 1959, Split.
14. Penzar I.: Trajanje i intenzitet insolacije na podnožju i vrhu Zagrebačke gore, VI Intern. kongres za alpsku meteorologiju na Bleđu 1960. godine.
15. Šinik N.: Sekularne varijacije temperature, naoblake i insolacije, knjižnica HMZ, Zagreb, Grič 3.
16. Vujević P.: Meteorologija, Beograd 1948.
17. Vujević P.: O trajanju sunčeva sjaja u južnoj Srbiji, Glasnik Skopskog naučnog društva, knjiga VI, Prirodne nauke sv. 2, 1928.