

Sunčeva osvjetljenost u ovisnosti o meteorološkim parametrima

Kadić, Josip

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Department of Physics / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Odjel za fiziku**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:160:617983>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-26**

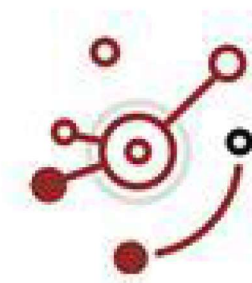


Repository / Repozitorij:

[Repository of Department of Physics in Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U
OSIJEKU
ODJEL ZA FIZIKU**



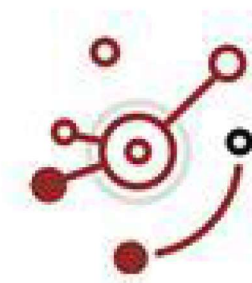
Josip Kadić

**Sunčeva osvjetljenost u ovisnosti o
meteorološkim parametrima**

Završni rad

Osijek, 2022.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U
OSIJEKU
ODJEL ZA FIZIKU**



Josip Kadić

**Sunčeva osvjetljenost u ovisnosti o
meteorološkim parametrima**

Završni rad

Predložen Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku radi stjecanja
zvanja prvostupnika fizike

Osijek, 2022.

Ovaj završni rad je izrađen u Osijeku pod vodstvom mentorice doc.dr.sc Marine Poje Sovilj u sklopu Sveučilišnog preddiplomskog studija fizike na Odjelu za fiziku Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku.

Sunčeva osvjetljenost u ovisnosti o meteorološkim parametrima

JOSIP KADIĆ

Sažetak:

Mjerenja Sunčevog osvjetljenja izvršena su na lokaciji u privatnom vlasništvu nedaleko same meteorološke postaje Gradište što je omogućilo usporedbu vlastitih podataka s podacima koje je prosljedila meteorološka postaja. Podaci se ne mogu direktno usporediti jer meteorološka postaja ne mjeri Sunčevo osvjetljenje kao takvo, već mjeri koliko je dugo Sunce sjalo tokom određenog perioda dana te je li toga dana bilo više ili manje naoblake. Uzimajući u obzir te podatke oni se indirektno mogu povezati s vlastitim mjerenjima koja daju točnu količinu Sunčevog osvjetljenja i na taj način može se napraviti poveznica među ovim podacima.

Rad je pohranjen u knjižnici Odjela za fiziku

Ključne riječi: svjetlost/ Sunčevo osvjetljenje/ meteorološke postaje/ Spearman

Mentorica: doc.dr.sc. Marina Poje Sovilj

Ocjenjivači:

Rad prihvaćen:

Department of Physics

Sunlight dependency on meteorological parameters

JOSIP KADIĆ

Abstract:

Measurements of sunlight illuminance were done at a private location in a close proximity of meteorological station Gradište, which made it possible to compare own data with the data from the meteorological station. The data can not be directly compared because the meteorological station does not measure sunlight as such, but it does measure how long has the Sun shone during a certain period of the day and whether if there was more or less cloud cover that day. Taking this data into account, they can be indirectly linked to own measurements that give the exact amount of sunlight and thus a correlation can be made between own measurements and data provided by meteorological station.

Thesis deposited in Department of Physics library

Keywords: light/ sunlight illuminance/ meteorological stations/ Spearman

Assistant professor: doc.dr.sc. Marina Poje Sovilj

Reviewers:

Thesis accepted:

SADRŽAJ

1. Uvod.....	1
2. Svjetlost	2
3. Fotometrija.....	4
4. Meteorologija	7
4.1 Meteorološke postaje	7
5. Eksperimentalni dio.....	9
5.1 Mjerna oprema	9
5.2 Problematika i rezultati mjerenja.....	10
5.3 Spearmanov koeficijent korelacije	13
5.4 Postavljanje hipoteze i izračun vjerojatnosti	15
6. Zaključak	20
Popis literature.....	21
Popis slika.....	23
Popis tablica	23

1. Uvod

Sunčeva svjetlost jedna je od najvažnijih pojava jer upravo ona omogućava život na planetu Zemlji. Upravo zato mnogi znanstvenici su htjeli pojasniti što je to svjetlost i što se iz nje može očitati. Kroz prvo poglavlje ovog rada pojasniti će se kako se viđenje svjetlosti mijenjalo kroz povijest i kakva su sve otkrića pronađena promatrajući ju. Kolika je važnost Sunčeve svjetlosti dokazuje i jedna od osnovnih pojava u prirodi a to je fotosinteza.

Nadalje, kroz ovaj rad ukratko će biti pojašnjeno koja grana optike se bavi energijom koju svjetlost prenosi. Iako je spektar svjetlosti raznolik, za nas ljude je najvažniji samo mali dio tog spektra. Također, Sunce je samo jedan od izvora svjetlosti koji imamo na planetu Zemlji, a još neki od njih navedeni su u drugom poglavlju.

Promatranje Sunčeve svjetlosti nije jedina stvar koja je fascinirala čovjeka. Još od antičke Grčke, Aristotel je promatrao Zemljinu atmosferu te promjene koje su se događale u njoj. On je bio začetnik jedne znanosti koja se danas naziva meteorologija. Nažalost, meteorologija nije zaživjela svoj uzrast sve do 1800-tih godina kada su nastali prvi mjerni instrumenti koji su mogli mjeriti određene pojave. Uz stvaranje takvih instrumenata nastale su i mjesta gdje se vrše mjerenja uz pomoć istih a to su meteorološke postaje.

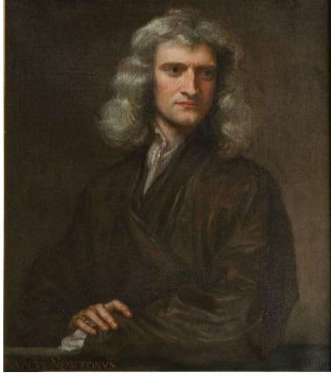
U ovom radu usporediti će se rezultati mjerenja Sunčeve osvjetljenosti s rezultatima s lokalne meteorološke postaje kako bi se vidjele sličnosti i razlike u mjerenjima te kako bi se dokazalo imali kakve korelacije između Sunčeve svjetlosti i naoblake.

2. Svjetlost

Svjetlost je elektromagnetsko zračenje koje je vidljivo ljudskom oku. Gledano sa strane fizike svjetlost ima dvojnu prirodu. Ono je val i čestica. Kroz povijest su se mijenjala mišljenja o tome što je svjetlost zapravo. Isaac Newton (4.1.1643 - 31.3.1727.) je pretpostavio da se svjetlost sastoji od roja sitnih čestica koja se gibaju određenom brzinom. Ova pretpostavka se još naziva i korpuskularna teorija [1]. Zaslužila je naziv teorija zato što je uspješno potvrdila hipotezu koju je Newton postavio, a to je pravocrtno gibanje svjetlosti te pojave refleksije i refrakcije. Potvrđena je tek početkom 20. stoljeća kada je Albert Einstein (14.3.1879. – 18.4.1955.) objavio svoju teoriju o fotoelektričnom efektu. Nedugo nakon Newtona, Christiaan Huygens [2] (14.4.1629. - 8.7.1695.) je objavio svoj rad u kojem predstavlja svjetlost kao val koji se širi kroz sredstvo.

Početkom 19. stoljeća, Thomas Young i Augustin Fresnel, otkrili su interferenciju i difrakciju svjetlosti te time učvrstili stajalište da je svjetlost val, a teorija koja je pojasnila sve dotadašnje poznate pojave svjetlosti bila je elektromagnetska teorija Jamesa Clerka Maxwella (13.6.1831. - 5.11.1879.) koja je dokazana pokusima koje je izveo Heinrich Rudolf Hertz (22.2.1857. - 1.1.1894.). Ona kaže kako je svjetlost elektromagnetski val u kojem sinusni titraji električnog polja uzrokuju sinusne titraje magnetskog polja okomitog na električno polje.

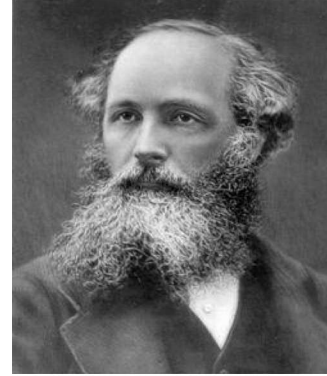
Teorija koja je potvrdila dualnost svjetlosti bila je kvantna teorija [3] po kojoj svjetlost nastaje kvantnim prijelazima elektrona iz jednog energetskeg stanja u drugo. Ako je razlika u energijama tolika da se frekvencija nalazi u rasponu od $4 \times 10^{14} \text{ Hz}$ do $8 \times 10^{14} \text{ Hz}$, emitirana energija ima oblik vidljive svjetlosti.



Slika 1. Isaac Newton



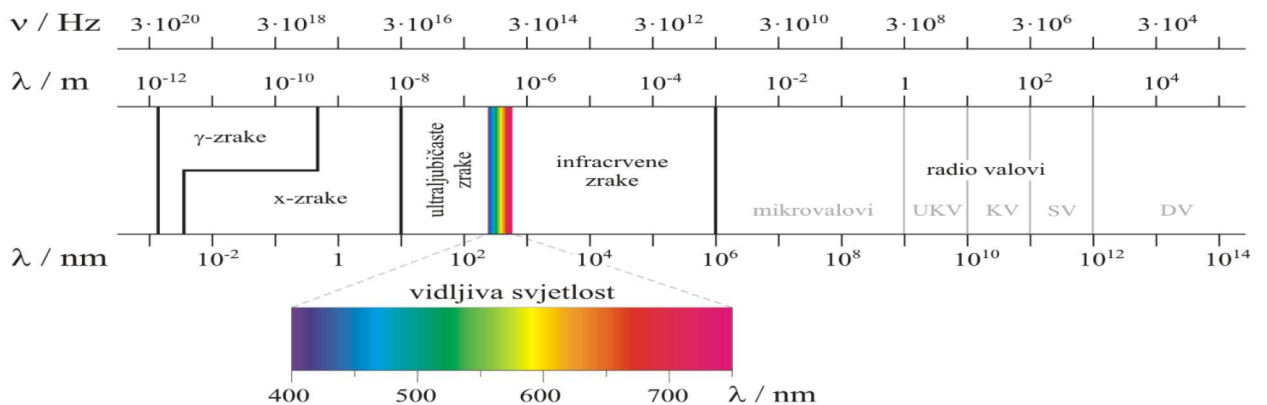
Slika 2. Christiaan Huygens



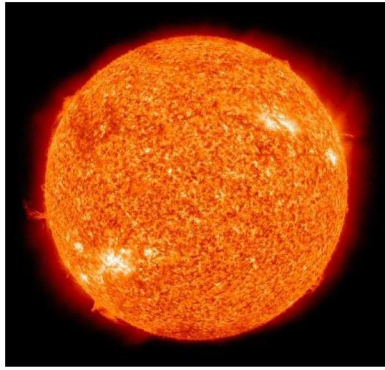
Slika 3. James Clerk Maxwell

3. Fotometrija

Fotometrija je grana optike koja se bavi energijom koju prenosi vidljiva svjetlost [4]. U fotometriji promatramo tri dijela a to su izvor svjetlosti, svjetlosni tok i osvjetljenje površine. Vidljiva svjetlost je dio spektra elektromagnetskog zračenja i proteže se u rasponu od 400 do 750 nm i nama je najbitniji dio spektra za svakodnevni život. Svjetlost dolazi iz različitih izvora koji se mogu podijeliti u sljedeće kategorije: primarni, sekundarni, prirodni i umjetni. Primarni izvori su Sunce, zvijezde, tijela visoke temperature pa čak i neki svijetleći kukci odnosno ona tijela koja sama proizvode svjetlost. Sekundarni izvori su sva tijela od kojih se svjetlost odbija, a nama najpoznatiji takav izvor je Mjesec. Umjetni izvori osvjetljenja su tijela koja svijetle izgaranjem, na primjer baklje, šibice, svijeće, te ona tijela koja se zagrijavaju zbog električne energije a u tu kategoriju spadaju žarulje [5].



Slika 4. Spektar elektromagnetskog zračenja



Slika 5. Sunce



Slika 6. Mjesec

Komponenta prijenosa svjetlosti jest svjetlosni tok koji se računa kao kvocijent diferencijala energije i vremena $\phi = \frac{dQ}{dt}$, pri čemu je Q energija vidljivog zračenja koju odašilje tijelo, to jest izvor svjetlosti, u cijeli prostor. Jedinica svjetlosnog toka je lumen s oznakom *lm*.

Svjetlosna jakost, ili intenzitet izvora svjetlosti definira se kao tok izvora svjetlosti po jedinici prostornog kuta: $I = \frac{d\phi}{d\Omega}$. Jedinica za svjetlosnu jakost jest kandela s oznakom *cd*.

Luminacija ili sjaj je svjetlosna jakost po jedinici površine izvora: $L = \frac{dI}{dS}$, a mjerna jedinica je [*cd * m⁻²*].

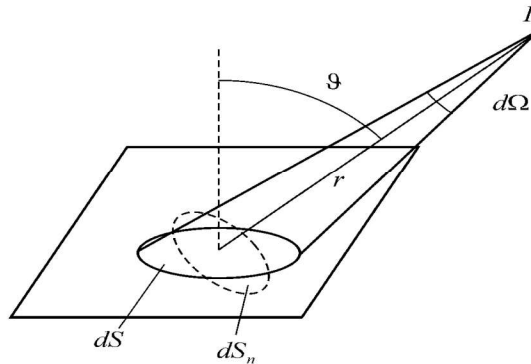
Osvjetljenje ili iluminacija, poznato kao i rasvjeta, nešto je s čime se susrećemo svakodnevno. Nalazi u našim domovima, na ulicama, u gradovima, odnosno ono je svuda oko nas. Osvjetljenje neke površine definira se kao tok svjetlosti po jedinici površine i izražava se u luksima: $E = \frac{d\phi}{dS} \rightarrow lx = [lm * m^{-2}]$, a uređaj kojim se mjeri osvjetljenje naziva se luksmetar. Sunce u zenitu, najvišoj točki na nebeskoj sferi, na površini Zemlje daje osvjetljenje od približno 100 000 lx dok je na granici atmosfere ta brojka bliža 200 000 lx. Puni Mjesec daje osvjetljenje od 0,25 lx dok svjetlost zvijezda daje osvjetljenje od samo 0,0003 lx.

Tablica 1. Fotometrijske veličine i mjerne jedinice

Veličina	Oznaka	Mjerna jedinica	Oznaka
Svjetlosni tok	ϕ	lumen	lm
Svjetlosna jakost	I	kandela	cd
Luminacija	L	kandela po kvadratnom metru	$[cd * m^{-2}]$
Osvijetljenost	E	luks	lx

Kako bi izračunali osvjetljenost neke površine koristit ćemo formulu za svjetlosnu jakost i formulu za osvjetljenost:

$$I = \frac{d\phi}{d\Omega} \rightarrow d\phi = Id\Omega, \quad E = \frac{d\phi}{dS} \quad E = \frac{Id\Omega}{dS}$$

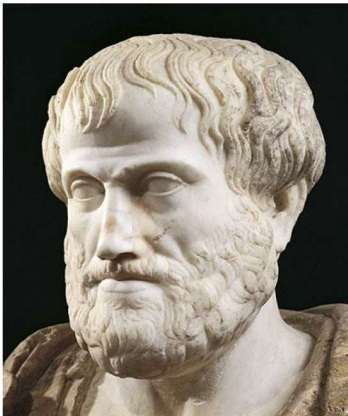


Slika 7. Skica osvjetljenosti površine

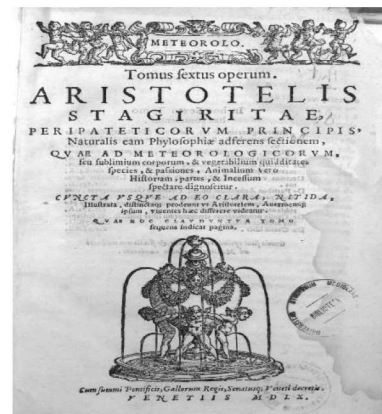
Sa slike vidimo da je r udaljenost izvora od elementa promatrane površine, a dS_n je diferencijal površine koja je okomita na radijus r pri čemu je taj diferencijal ortogonalna projekcija površine dS . Tada vrijedi da je $dS_n = dS \cos\vartheta$. Budući da je $d\Omega = \frac{dS_n}{r^2} \rightarrow d\Omega = \frac{dS \cos\vartheta}{r^2}$, za osvjetljenost plohe dobivamo: $E = \frac{I \cos\vartheta}{r^2}$. Ovaj izraz naziva se Lambertov zakon po fizičaru Johannu Lambertu [6] (26.8.1728. - 25.9.1777.) koji je prvi došao do ovog zakona koji glasi kako je osvjetljenost neke površine proporcionalna umnošku jakosti svjetlosti i kosinusa kuta što ga upadne zrake zatvaraju s okomicom na danu površinu, a obrnuto proporcionalna kvadratu udaljenosti.

4. Meteorologija

Meteorologija je grana geofizike koja se bavi proučavanjem Zemljine atmosfere i promjenama koje se događaju u njoj. Ovo je relativno nova znanost jer se razvoj meteorologije počeo odvijati tek od 17. stoljeća kada su nastali prvi mjerni instrumenti za mjerenje meteoroloških pojava. Prvo pojavljivanje pojma meteorologija datira još u antičku Grčku gdje je Aristotel (384. pr. Kr. – 322. pr. Kr.) u svojoj knjizi *Meteorologica* opisao određene vremenske pojave. Nažalost nakon Aristotela, meteorologija se jako malo razvijala sve do pojave instrumenata koji su mogli mjeriti temperaturu, tlak i vlagu. Sredinom 19. stoljeća u većini zemalja uspostavljena je mreža meteoroloških postaja u kojima se proučavaju atmosferski utjecaji, a već sredinom 20. stoljeća meteorologija doživljava snažan razvoj zbog upotrebe sve preciznijih mjernih instrumenata kao što su meteorološki baloni te sateliti [7].



Slika 8. Aristotel



Slika 9. Meteorologica

4.1 Meteorološke postaje

Meteorološke postaje [8], [9] su mjesta gdje se redovito obavljaju mjerenja i promatranja atmosfere. Također, ove postaje se koriste i u znanstvene svrhe kako bi olakšale rad u granama ljudskih djelatnosti kao što su poljoprivreda, šumarstvo i promet. Prema opsegu rada meteorološke postaje se dijele na sinoptičke, klimatološke,

oborinske, agrometeorološke, zrakoplovne te specijalne postaje. Lokalna meteorološka postaja, s koje su preuzeti podaci koji se nalaze u Tablici 3, je sinoptička postaja što znači da se u njoj obrađuju podaci za potrebe u prognozi vremena. Takva postaja je opremljena s instrumentima koja kontinuirano bilježe temperaturu, tlak, vlažnost zraka i tla, oborine, naoblaku i trajanje sisanja Sunca.



Slika 10. Lokalna meteorološka postaja Gradište

5. Eksperimentalni dio

5.1 Mjerna oprema

Kako bi započeli s pravilnim mjerenjem Sunčeve osvjetljenosti potrebna je odgovarajuća aparatura. Za ovaj pokus korišteni su: luksmetar, luksmetarska sonda, stalak te mufa. Princip rada luksmetarske sonde i luksmetra temelji se na količini Sunčeve svjetlosti koja dolazi do sonde. Budući da je svjetlost elektromagnetski val ono sadrži energiju koju luksmetarska sonda prikuplja te ju pretvara u električni signal. Komponenta luksmetarske sonde koja prikuplja svjetlost zove se fotoćelija, odnosno fotodetektor. Fotodetektor je sastavljen od katode i anode, koje su spojene tako da tvore strujni krug. Kada svjetlost dolazi do sonde, odnosno do fotodetektora, svjetlost iz katode izbija elektrone koje tada privlači anoda, a gibanje elektrona od katode do anode stvara strujni krug što dovodi do električnog signala. Što je veće osvjetljenje to je i veći električni signal koji će luksmetar zabilježiti. Nakon toga potrebno je samo očitati koju vrijednost na ekranu prikazuje luksmetar te će ona biti izražena u luksima odnosno u kiloluksima, sve u zavisnosti od količine svjetlosti koja padne na luksmetarsku sondu.



Slika 11. Luksmetar



Slika 12. Luksmetarska sonda



Slika 13. Stalak i mufa

5.2 Problematika i rezultati mjerenja

Postavlja se pitanje koja je povezanost Sunčeve osvjetljenosti te meteoroloških parametara i kako oni utječu na osvjetljenost.

Mjerenja su izvršena u vremenskom roku od mjesec dana kako bi se dobili što precizniji rezultati. U sljedećim tablicama nalaze se vlastiti podaci koji su izmjereni na istom mjestu u isto vrijeme te tablica s podacima s meteorološke postaje. U Tablici 2 podaci koji nedostaju nisu zabilježeni zbog padalina. U Tablici 3, podaci koji nedostaju su podaci kada nije bilo Sunčevog osvjetljenja, odnosno na te datume bila je izrazito velika naoblaka popraćena padalinama.

Tablica 2. Vlastita mjerenja Sunčeve osvjetljenosti u periodu od mjesec dana

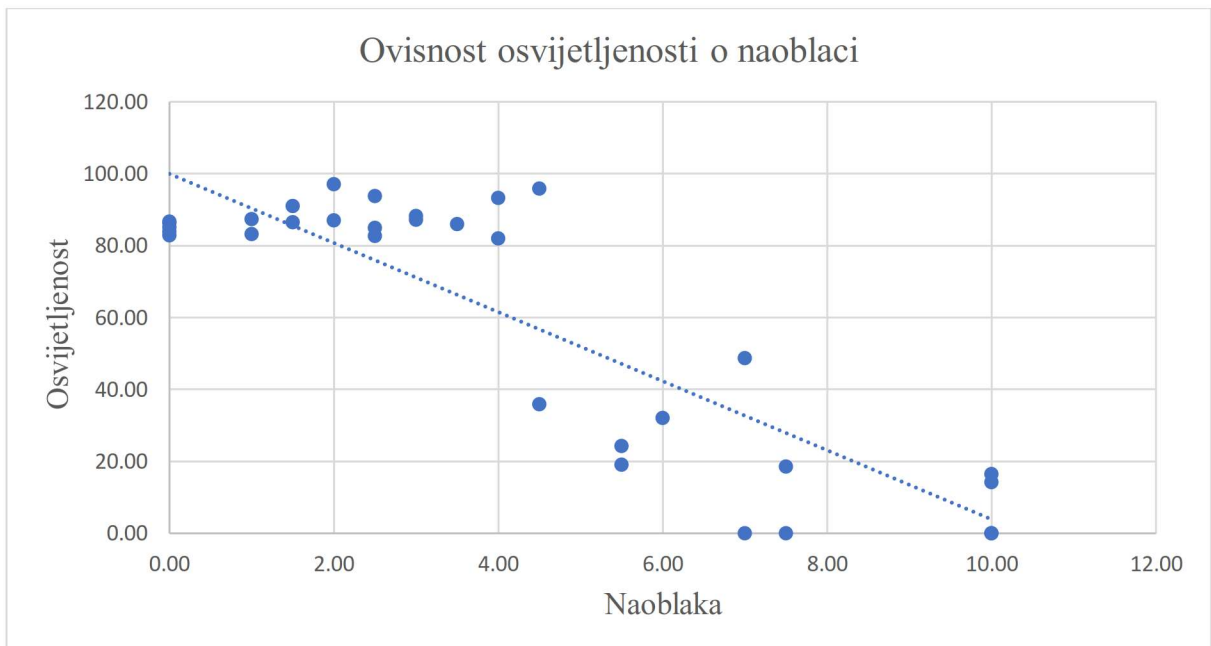
Datum	Vrijeme [h]	Osvjetljenost [klx]
20.6.2020	12:25	18,55
21.6.2020	12:25	16,50
22.6.2020	12:25	14,18
23.6.2020	12:25	32,10
24.6.2020	12:25	87,20
25.6.2020	12:25	-
26.6.2020	12:25	83,14
27.6.2020	12:25	86,50
28.6.2020	12:25	86,90
29.6.2020	12:25	82,60
30.6.2020	12:25	35,80
1.7.2020	12:25	86,30
2.7.2020	12:25	90,90
3.7.2020	12:25	93,20
4.7.2020	12:25	95,90
5.7.2020	12:25	84,90
6.7.2020	12:25	86,00
7.7.2020	12:25	48,74
8.7.2020	12:25	85,10
9.7.2020	12:25	83,80
10.7.2020	12:25	86,70
11.7.2020	12:25	82,80
12.7.2020	12:25	93,80
13.7.2020	12:25	97,10
14.7.2020	12:25	24,21
15.7.2020	12:25	82,00
16.7.2020	12:25	88,24
17.7.2020	12:25	-
18.7.2020	12:25	19,07
19.7.2020	12:25	-
20.7.2020	12:25	-
21.7.2020	12:25	87,34

Tablica 3.Mjerenja s meteorološke postaje

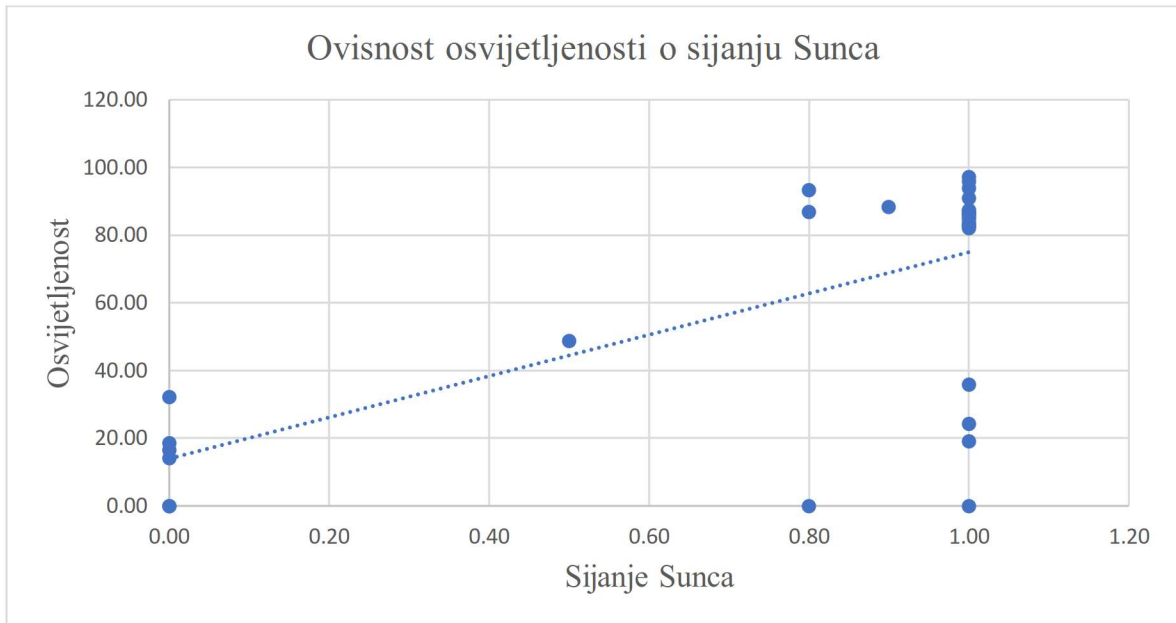
SAT	DDMMYYYY	SIJANJE SUNCA	NAOBLAKA
		[u satima]	[desetine 1/10]
12:30	20.6.2020.	-	7,50
12:30	21.6.2020.	-	10,00
12:30	22.6.2020.	-	10,00
12:30	23.6.2020.	-	6,00
12:30	24.6.2020.	1,00	3,00
12:30	25.6.2020.	1,00	7,50
12:30	26.6.2020.	1,00	1,00
12:30	27.6.2020.	1,00	1,50
12:30	28.6.2020.	0,80	2,00
12:30	29.6.2020.	1,00	2,50
12:30	30.6.2020.	1,00	4,50
12:30	1.7.2020.	1,00	-
12:30	2.7.2020.	1,00	1,50
12:30	3.7.2020.	0,80	4,00
12:30	4.7.2020.	1,00	4,50
12:30	5.7.2020.	1,00	2,50
12:30	6.7.2020.	1,00	3,50
12:30	7.7.2020.	0,50	7,00
12:30	8.7.2020.	1,00	-
12:30	9.7.2020.	1,00	-
12:30	10.7.2020.	1,00	-
12:30	11.7.2020.	1,00	-
12:30	12.7.2020.	1,00	2,50
12:30	13.7.2020.	1,00	2,00
12:30	14.7.2020.	1,00	5,50
12:30	15.7.2020.	1,00	4,00
12:30	16.7.2020.	0,90	3,00
12:30	17.7.2020.	-	10,00
12:30	18.7.2020.	1,00	5,50
12:30	19.7.2020.	-	10,00
12:30	20.7.2020.	0,80	7,00
12:30	21.7.2020.	1,00	1,00

5.3 Spearmanov koeficijent korelacije

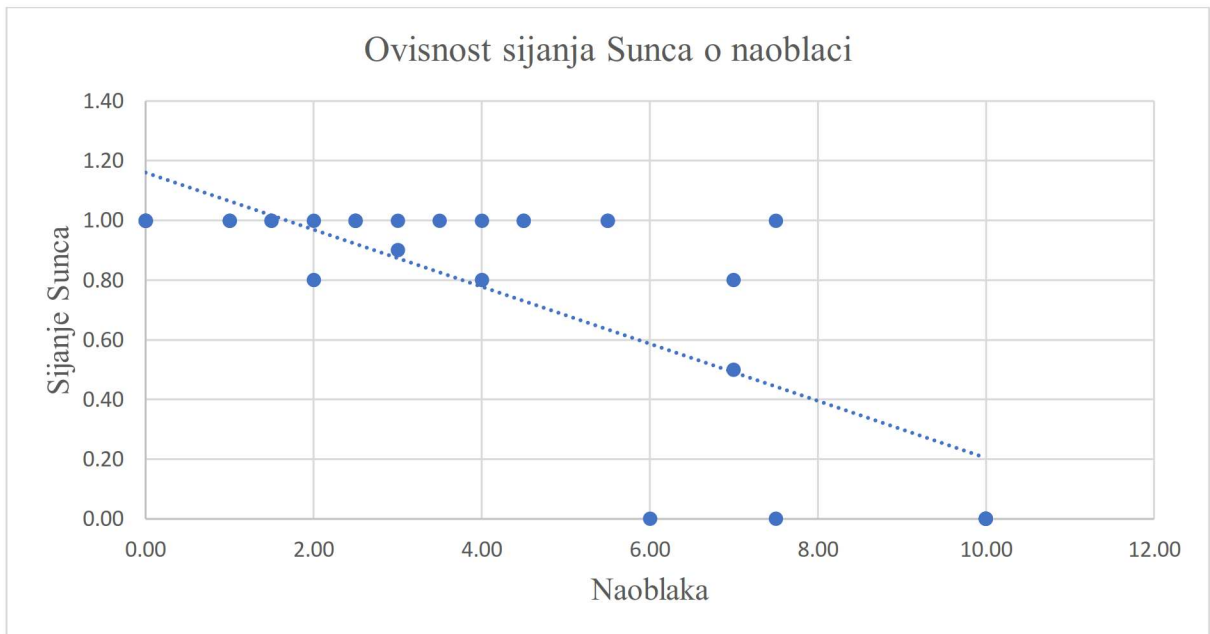
Kako bi se usporedili rezultati iz Tablica 2 te Tablice 3 potrebno je upotrijebiti određeni test kako bi se pronašla veza među tim podacima. Test koji je korišten u ovom radu jest Spearmanov korelacijski test [10]. To je statistički test koji se koristi kada ima malo podataka i za određivanje jačine i smjera povezanosti između rangiranih podataka koji nisu linearno raspoređeni. Upravo iz tih razloga je odabran ovaj test, a što se može vidjeti na Slici 14, Slici 15 te na Slici 16. Rezultat ovog testa jest Spearmanov koeficijent korelacije r_s , koji može poprimiti vrijednosti -1, 0 te 1. Vrijednost -1 označava savršeno negativnu povezanost, 0 označava nikakvu povezanost, a vrijednost 1 označava savršeno pozitivnu povezanost između podataka. Također, iz ovog testa može se saznati i vrijednost varijable p , odnosno kolika je vjerojatnost da je postavljena nul hipoteza istinita. Nul hipoteza je tip statističke hipoteze koja predlaže kako nema statističke povezanosti između određenih podataka i najčešće se označava s H_0 . Ukoliko je vrijednost varijable $p \leq 0.05$, nul hipoteza se odbacuje i prihvaća se alternativna hipoteza, ali ako je $p > 0.05$, tada se null hipoteza prihvaća, a odbacuje se alternativna hipoteza koja se označava s H_1 [11], [12].



Slika 14. Graf ovisnosti osvjetljenosti o naoblaci



Slika 15. Graf ovisnosti osvjetljenosti o sisanju Sunca



Slika 16. Graf ovisnosti sisanja Sunca o naoblaci

5.4 Postavljanje hipoteze i izračun vjerojatnosti

Za početak potrebno je postaviti nul i alternativnu hipotezu. U ovom slučaju nul hipoteza glasi: osvjetljenost nikako ne ovisi o meteorološkim parametrima, a alternativna hipoteza glasi: osvjetljenost u nekoj mjeri ovisi o meteorološkim parametrima. Hipoteze će biti označene na ovaj način:

H_0 – osvjetljenost nikako ne ovisi o meteorološkim parametrima

H_1 – osvjetljenost u nekoj mjeri ovisi o meteorološkim parametrima

Prije nego nastavimo na izračun vjerojatnosti ovih hipoteza, potrebno je naglasiti kako su svi izračuni obavljani u *Microsoft Excel* programu [13].

Kako bi došli do vrijednosti p najprije je potrebno izračunati Spearmanov koeficijent korelacije. On se računa kao:

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{N \cdot (N^2 - 1)},$$

pri čemu je s d_i označena razlika rangiranih podataka, a N je označen ukupan broj podataka. U Tablici 4 nalaze se rangirani podaci iz Tablice 2 i Tablice 3, a u Tablici 5 nalaze se razlike rangiranih podataka te njihovi kvadrati. Decimalna mjesta u rangiranim podacima označavaju podatke koji imaju isti rang odnosno njihov iznos je jednak. Nadalje, potrebno je sumirati kvadrate rangiranih podataka čije se sume nalaze se u Tablici 6, i uvrstiti ih u formulu za Spearmanov koeficijent. Kada to učinimo dobijemo rezultat koji se nalazi u Tablici 7.

Nakon što dobijemo iznos Spearmanovog koeficijenta potrebno je izračunati varijablu t [14]. Ova varijabla označava omjer odstupanja procijenjene vrijednosti parametra od njegove pretpostavljene vrijednosti i njegove standardne pogreške te se koristi u statističkim testovima kako bi pripomogla u odlučivanju za ili protiv postavljene nul hipoteze te se računa na ovaj način:

$$t = \frac{r_s \cdot \sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r_s^2}},$$

pri čemu je r_s Spearmanov koeficijent, a varijabla N označava ukupan broj podataka. Uz Spearmanov koeficijent i varijablu t potreban je i broj stupnjeva slobode. Njega ćemo dobiti s formulom $N - 2$. Sada kada imamo sve potrebne varijable, može se izračunati kolika je vjerojatnost p . U programu *Microsoft Excel* iskoristiti ćemo formulu *TDIST* koja računa vrijednost varijable p , a svi rezultati se mogu vidjeti u Tablici 8.

Tablica 4. Rangirani podaci

Osvijetljenost [a]	Naoblaka [b]	Sijanje Sunca [c]
7,0	27,5	3,5
6,0	30,5	3,5
5,0	30,5	3,5
10,0	24,0	3,5
25,0	15,5	22,0
2,5	27,5	22,0
16,0	6,5	22,0
22,0	8,5	22,0
24,0	10,5	9,0
14,0	13,0	22,0
11,0	20,5	22,0
21,0	3,0	22,0
28,0	8,5	22,0
29,0	18,5	9,0
31,0	20,5	22,0
18,0	13,0	22,0
20,0	17,0	22,0
12,0	25,5	7,0
19,0	3,0	22,0
17,0	3,0	22,0
23,0	3,0	22,0
15,0	3,0	22,0
30,0	13,0	22,0
32,0	10,5	22,0
9,0	22,5	22,0
13,0	18,5	22,0
27,0	15,5	11,0
2,5	30,5	3,5
8,0	22,5	22,0
2,5	30,5	3,5
2,5	25,5	9,0
26,0	6,5	22,0

Tablica 5. Razlika rangiranih podataka te njihovi kvadrati

$d_1 = a - b$	$d_2 = a - c$	$d_3 = b - c$	d_1^2	d_2^2	d_3^2
-20,5	3,5	24,0	420,25	12,25	576,00
-24,5	2,5	27,0	600,25	6,25	729,00
-25,5	1,5	27,0	650,25	2,25	729,00
-14,0	6,5	20,5	196,00	42,25	420,25
9,5	3,0	-6,5	90,25	9,00	42,25
-25,0	-19,5	5,5	625,00	380,25	30,25
9,5	-6,0	-15,5	90,25	36,00	240,25
13,5	0,0	-13,5	182,25	0,00	182,25
13,5	15,0	1,5	182,25	225,00	2,25
1,0	-8,0	-9,0	1,00	64,00	81,00
-9,5	-11,0	-1,5	90,25	121,00	2,25
18,0	-1,0	-19,0	324,00	1,00	361,00
19,5	6,0	-13,5	380,25	36,00	182,25
10,5	20,0	9,5	110,25	400,00	90,25
10,5	9,0	-1,5	110,25	81,00	2,25
5,0	-4,0	-9,0	25,00	16,00	81,00
3,0	-2,0	-5,0	9,00	4,00	25,00
-13,5	5,0	18,5	182,25	25,00	342,25
16,0	-3,0	-19,0	256,00	9,00	361,00
14,0	-5,0	-19,0	196,00	25,00	361,00
20,0	1,0	-19,0	400,00	1,00	361,00
12,0	-7,0	-19,0	144,00	49,00	361,00
17,0	8,0	-9,0	289,00	64,00	81,00
21,5	10,0	-11,5	462,25	100,00	132,25
-13,5	-13,0	0,5	182,25	169,00	0,25
-5,5	-9,0	-3,5	30,25	81,00	12,25
11,5	16,0	4,5	132,25	256,00	20,25
-28,0	-1,0	27,0	784,00	1,00	729,00
-14,5	-14,0	0,5	210,25	196,00	0,25
-28,0	-1,0	27,0	784,00	1,00	729,00
-23,0	-6,5	16,5	529,00	42,25	272,25
19,5	4,0	-15,5	380,25	16,00	240,25

Tablica 6. Suma kvadrata rangiranih podataka

$\sum d_1^2$	$\sum d_2^2$	$\sum d_3^2$
9048,5	2471,5	7779,5

Tablica 7. Spearmanov koeficijent korelacije

	Osvijetljenost	Naoblaka	Sijanje Sunca
Osvijetljenost	1,000	-0,657	0,547
Naoblaka	-0,657	1,000	-0,425
Sijanje Sunca	0,547	-0,425	1,000

Tablica 8. Vjerojatnost p triju izračunatih ovisnosti

	Osvijetljenost u ovisnosti o naoblaci	Osvijetljenost u ovisnosti o sijanju Sunca	Sijanje Sunca u ovisnosti o naoblaci
Spearmanov koeficijent:	-0,657	0,547	-0,425
N varijabla:	32	32	32
t varijabla:	4,772	3,583	2,568
Stupnjevi slobode:	30	30	30
p vrijednost:	2,217E-05	0,001	0,008

6. Zaključak

Vraćajući se na pitanje koja je povezanost između Sunčeve osvjetljenosti i meteoroloških parametara odgovor se može vidjeti na Slici 14, Slici 15 te na Slici 16 i u Tablici 7 te Tablici 8. Na slikama se vidi kako podaci nisu linearno povezani što dovodi do korištenja Spearmanovog testa za određivanje koeficijenta korelacije. Iz Tablice 7 mogu se očitati tri koeficijenta korelacije, a koji nam govore kakva je povezanost između određenih podataka. Najveći koeficijent korelacije jest između osvjetljenosti i naoblake, koji je ujedno i negativan, a to nam pokazuje, da ako jedna vrijednost opada druga raste, odnosno osvjetljenost će biti veća što je naoblaka manja. Korelacija između osvjetljenosti i sijanja Sunca je pozitivna i malo manja u odnosu na prvu korelaciju ali i dalje je u rangu gdje se može reći kako postoji određena veza između tih dvaju podataka. Pozitivan predznak u ovom slučaju kaže, ako jedna vrijednost raste tada raste i druga vrijednost, odnosno osvjetljenost će biti veća što je veće sijanje Sunca. Treća korelacija jest korelacija između naoblake te sijanja Sunca i opet se javlja negativan predznak. U ovom slučaju koeficijent korelacije je nešto manji što nam ukazuje na dvije mogućnosti. Prva mogućnost je da između tih dvaju podataka ne postoji značajna veza koja bi povezivala te podatke. Druga mogućnost predstavlja greške pri mjerenju što onda utječe i na sami rezultat. Vraćajući se na postavljene hipoteze koje glase:

H_0 – osvjetljenost nikako ne ovisi o meteorološkim parametrima

H_1 – osvjetljenost u nekoj mjeri ovisi o meteorološkim parametrima,

rješenje je dano u Tablici 8. Očitavajući posljednje vrijednosti koje se nalaze u ovoj tablici vidimo da je svaka od triju vrijednosti manja od 0,05 što nas dovodi do odbacivanja nul hipoteze H_0 te prihvatanje alternativne hipoteze H_1 . Uzimajući u obzir vrijednosti iz Tablice 7 te krajnje vrijednosti iz Tablice 8, sa sigurnošću se može potvrditi glavna teza ovog rada, a to je da Sunčevo osvjetljenje na površini Zemlje ovisi o meteorološkim parametrima.

Popis literature

- [1] Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža; (2016.), URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Korpuskularna_teorija (16.10.2021.)
- [2] Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krlež ; (2014.), URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Christiaan_Huygens (16.10.2021.)
- [3] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža; (2021.), URL: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=59121> (29.10.2021.)
- [4] Katedra za fiziku u grafičkoj tehnologiji; (2010.), URL: http://phy.grf.unizg.hr/media/download_gallery/6%20F2%20FOTOMETRIJA.pdf (3.11.2021.)
- [5] Hrvatska enciklopedija, Leksikografski zavod Miroslav Krleža; (2017.); Cecie Starr, *Biology: Concepts and Applications*; (2005.); Goran Pichler, Svjetlost, Leksikon Ruđera Boškovića, 129 – 131; (2011.), URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Svjetlost> (29.10.2021.)
- [6] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža; (2021.), URL: <https://enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=35243> (3.11.2021.)
- [7] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža; (2017.), URL: <https://hr.wikipedia.org/wiki/Meteorologija> (14.7.2022.)
- [8] Vojna enciklopedija, drugo izdanje, knjiga 5, 434, Vojno izdavački zavod Beograd; (1973.); Hrvatska opća enciklopedija, knjiga 7, 262, Leksikografski zavod Miroslav Krleža; (2005.), URL: https://hr.wikipedia.org/wiki/Meteorolo%C5%A1ka_postaja (28.6.2022.)

- [9] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje, Leksikografski zavod Miroslav Krleža; (2021.), URL: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=40415> (28.6.2022.)
- [10] Statistics solutions, Correlation (Pearson, Kendall, Spearman); (2022.), URL: <https://www.statisticssolutions.com/free-resources/directory-of-statistical-analyses/correlation-pearson-kendall-spearman/> (9.9.2022.)
- [11] Key Differences, Difference Between Null and Alternative Hypothesis; (2022.), URL: <https://keydifferences.com/difference-between-null-and-alternative-hypothesis.html> (9.9.2022.)
- [12] SimplyPsychology, What a p – value tells you about statistical significance; McLeod, S.A.; (2019.), URL: <https://www.simplypsychology.org/p-value.html> (9.9.2022.)
- [13] Top Tip Bio, How To Perform A Spearman's Rank Correlation Test In Excel; (2021), URL: <https://toptipbio.com/spearman-correlation-excel/> (10.9.2022.)
- [14] Wikipedia, t – statistic; (2022.), URL: https://en.wikipedia.org/wiki/T-statistic#cite_ref-1 (11.9.2022.)

Popis slika

Slika 1. Isaac Newton Clerk Maxwell	Slika 2. Christiaan Huygens	Slika 3. James
3		
Slika 4. Spektar elektromagnetskog zračenja		4
Slika 5. Sunce	Slika 6. Mjesec	5
Slika 7. Skica osvjetljenosti površine		6
Slika 8. Aristotel	Slika 9.	
Meteorologica		7
Slika 10. Lokalna meteorološka postaja Gradište		8
Slika 11. Luksmetar	Slika 12. Luksmetarska sonda	9
Slika 13. Stalak i mufa		10
Slika 14. Graf ovisnosti osvjetljenosti o naoblaci		13
Slika 15. Graf ovisnosti osvjetljenosti o sijanju Sunca		14
Slika 16. Graf ovisnosti sijanja Sunca o naoblaci		14

Popis tablica

Tablica 1. Fotometrijske veličine i mjerne jedinice	6
Tablica 2. Vlastita mjerenja Sunčeve osvjetljenosti u periodu od mjesec dana	11
Tablica 3. Mjerenja s meteorološke postaje	12
Tablica 4. Rangirani podaci	17
Tablica 5. Razlika rangiranih podataka te njihovi kvadrati	18
Tablica 6. Suma kvadrata rangiranih podataka	19
Tablica 7. Spearmanov koeficijent korelacije	19
Tablica 8. Vjerojatnost p triju izračunatih ovisnosti	19