

***PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL SUNČEVE ENERGIJE U  
BOSNI I HERCEGOVINI***

***NATURAL AND TECHNICAL SOLAR ENERGY POTENTIAL IN  
BOSNIA & HERZEGOVINA***

*Pregledni znanstveni članak*

*Haris Lulić\*,  
Adnan Đugum\**

***Sažetak***

*Uzimajući u obzir prirodni i tehnički potencijal sunčeve energije u Bosni i Hercegovini, može se reći da nivo iskorištenja solarne energije u Bosni i Hercegovini nije na zadovoljavajućem nivou. U ovom radu data je detaljna procjena intenziteta sunčevog zračenja za područje Bosne i Hercegovine, a rezultati su prikazani u tabelama i na dijagramima. Vrijednosti insolacije date su za različite upadne uglove sunčevih zraka, uključujući i optimalni upadni ugao za dato geografsko područje. Za određene lokacije u Bosni i Hercegovini prikazana je vrijednost ukupnog dnevnog zračenja na nagnutu, južno orjenticanu površinu (nagib u odnosu na horizontalnu ravan-45°). Upoređivanje prosječnih dnevnih vrijednosti insolacije za Neum i Sarajevo predstavljeno je u funkciji ugla nagiba kolektora i doba godine.*

*Ključne riječi: potencijal solarne energije u BiH, solarni toplotni i PV sistem u BiH*

***Abstract***

*Considering the natural and technical solar energy potential in Bosnia & Herzegovina, it can be concluded that the level of utilization of solar energy in Bosnia & Herzegovina is not satisfactory. In this paper, detailed evaluation of solar irradiation for the territory of Bosnia & Herzegovina is made, and the results are shown in*

---

*\* Mašinski fakultet Srajevo, Univerzitet u Sarajevu, lulic@mef.unsa.ba*

*\* IGT - Istraživačko razvojni centar za gasnu tehniku – Sarajevo, adnan.djugum@igt.ba*

*tables and graphs. Values for solar insolation are given for various incident angles, including the optimal angle for the given geographic region. For a number of locations in Bosnia & Herzegovina the total daily irradiation on an inclined, south facing, surface (slope with respect to the horizontal plane-45°) is given. A comparison between average daily solar insulations for Neum and Sarajevo is given as a function of the collector inclination angle and the time of the year.*

*Key words: solar energy potential in B&H, solar thermal and PV systems in B&H.*

## 1. UVOD

Količina sunčevog zračenja, koja dopijeva na specifičnu lokaciju zemljine površine, zavisi od više različitih faktora među kojima su najvažniji: godišnje doba, geografska širina, vremenske i klimatske prilike, zagađenost atmosfere, doba dana i nadmorska visina. S obzirom na velika odstupanja reljefa zavisno od lokacije, dugo vremena se vodila rasprava na kojem mjestu mjeriti sunčevo zračenje i tu vrijednost uzeti kao referentnu. Na kraju je dogovoreno i odlučeno da se kao referentni region uzme region na samom rubu zemljine atmosfere i vrijednost zračenja izmjerena u toj oblasti proglasi osnovnom vrijednošću. Ta osnovna vrijednost nazvana je “solarna konstanta” i predstavlja intenzitet sunčevog zračenja po jedinici površine okomite na ravan prostiranja sunčevih zraka, u jedinici vremena, mjereno na gornjem sloju zemljine atmosfere. Solarna konstanta je referentna vrijednost koja se uzima kao osnova za računanje intenziteta zračenja na bilo kojem drugom mjestu zemljine atmosfere. S tim u vezi, podrazumijeva se da ni na jednom mjestu na površini Zemlje, kao i u atmosferi, vrijednost sunčevog zračenja ne može biti veća od solarne konstante. Pionirske korake u određivanju prosječne vrijednosti solarne konstante napravio je C. G. Abbot sa svojim kolegama sa Smithsonian instituta. Rezultati njihovih istraživanja pokazali su vrijednost za solarnu konstantu od 1322 W/m<sup>2</sup>. Kasnije je, koristeći ova saznanja i nova mjerenja Johnson (1954.) izvršio korekciju solarne konstanta na 1395 W/m<sup>2</sup>. Nakon dugogodišnjih pažljivih promatranja i mjerenja sunčevog zračenja, te

napredovanjem nauke i tehnike, posebno u oblasti istraživanja svemira, mjerenjem različitim instrumentima kroz devet odvojenih programa, određena je prosječna vrijednost solarne konstante. Kao trenutno najpouzdaniji podatak za intenzitet "izvanzemaljskog" zračenja Sunca pri srednjem odstojanju Zemlje od Sunca uzima se  $1353 \text{ W/m}^2$ , sa procijenjenom greškom  $\pm 1,5\%$ , [1].

Prolazeći kroz Zemljinu atmosferu, intenzitet sunčevih zraka opada i njihov se spektralni sastav mijenja. Intenzitet sunčevog zračenja na nekoj lokaciji na površini Zemlje često se kraće naziva i "insolacija". Preciznije rečeno, insolacija predstavlja količinu dostupne energije sunčevog zračenja u vremenu prema jedinici površine prijemnika zračenja.

Na intenzitet ukupnog sunčevog zračenja utiču različiti astronomski, meteorološki, fizički, geografski i geometrijski faktori i njena stvarna vrijednost se može dobiti samo putem fizičkih mjerenja u dužem vremenskom periodu. U područjima za koja podaci o mjerenjima insolacije nisu dostupni, približne vrijednosti mogu su izračunati zavisno od izabranog modela atmosfere. Podaci o distribuciji insolacije na određenom području imaju veliki značaj na naučnom i stručnom planu.

U razvijenim zemljama postoji dovoljno gusta mreža meteoroloških stanica na osnovu kojih se dobija realna slika intenziteta sunčevog zračenja na datom području. U ovom radu biće predstavljeno istraživanje insolacije u Bosni i Hercegovini na bazi specijalizovanog software-a METEONORM, koje su autori članka u saradnji sa stručnim timom Mašinskog fakulteta u Sarajevu proveli kao "rane radove" na polju istraživanja sunčevog zračenja. Rezultati su upoređeni sa dostupnim mjerenjima [4], kao i mapom solarnog zračenja u susjednoj Republici Hrvatskoj napravljenoj na osnovu stvarnih mjerenja [5].

## **2. Intenzitet sunčevog zračenja na površini Zemlje**

Insolacija se sastoji iz tri komponente:

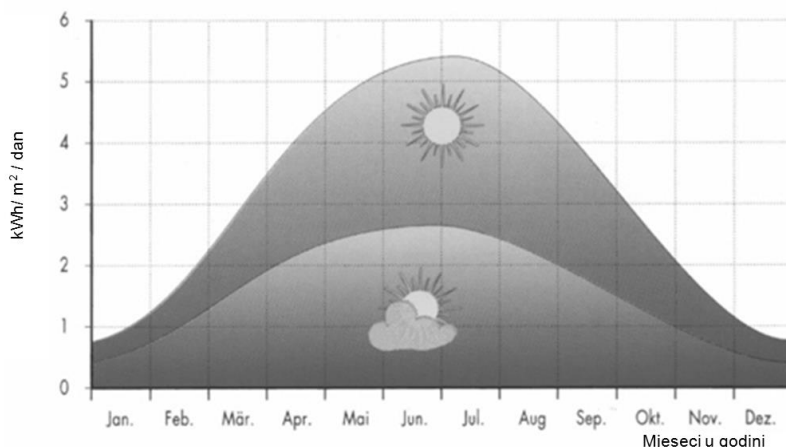
- Intenzitet direktnog sunčevog zračenja,
- Intenzitet difuznog sunčevog zračenja,
- Intenzitet reflektirajućeg sunčevog zračenja

Pod direktnim sunčevim zračenjem podrazumijeva se zračenje kod kojeg elektromagnetni talasi prelaze put od Sunca do prijemne površine relativno neometani na tom putu i formiraju sa normalom na datu površinu upadni ugao.

Difuzno sunčevo zračenje nastaje odbijanjem sunčevih zraka od molekula troatomnih gasova sadržanih u vazduhu, zatim od zagađivača u atmosferi, te oblaka.

Treću komponentu insolacije čini reflektujuće zračenje nastalo odbijanjem sunčevih zraka od okolnih objekata, asfaltiranih i vodenih površina, te usljed refleksije tla, odnosno “albeda”. U slučaju velikog “albeda”, npr. površina na Zemlji prekrivena snijegom, udio ukupnog sunčevog zračenja na posmatranu površinu može se značajno povećati obzirom da se dio zračenja koji ne dopijeva direktno do površine reflektuje sa površine Zemlje u atmosferu, a onda ponovo na datu površinu.

Budući da se vrijednost insolacije mijenja tokom dana iz sata u sat i dostiže nultu vrijednost u noćnim terminima, uobičajena je praksa da se izvještaji o vrijednostima insolacije za datu lokaciju na zemljinoj površini daju za period čitavog dana, odnosno da se daju prosječne dnevne vrijednosti insolacije. Na slici 1 prikazan je dnevni tok vrijednosti pojedinih komponenti insolacije za region srednje Europe, dobiven iz desetogodišnjeg niza podataka. Iz dijagrama se vidi da je za lokacije između 45-te i 50-te paralele, sjeverno od Ekvatora, prosječni udio difuznog zračenja u ukupnom zračenju na površinu Zemlje u mjesecu maju oko 40%, dok je u mjesecima sa velikim brojem oblačnih dana (decembar, januar) ta vrijednost blizu 70%



Slika 1. Prosječne dnevne vrijednosti insolacije za srednju Europu, [6]

### 3. INTENZITET SUNČEVOG ZRAČENJA U BOSNI I HERCEGOVINI

Podaci o sunčevom zračenju koje mjere meteorološke stanice, na karakterističnim lokacijama i tokom dužeg vremenskog perioda, daju vrijednosti globalnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu. Tamo gdje nema mjerenja insolacije, uzimaju se podaci o dužini trajanja sunca, tzv. broj sunčanih sati, koji se kasnije mogu preračunati, na osnovu poznavanja klimatskih karakteristika pojedinih regija, u dozračenu energiju. Svi podaci o insolaciji prezentirani u ovom radu urađeni su na osnovu specijalnog software-skog paketa METEONORM, preuzet sa validnom licencom od firme METEOTEST iz Švajcarske. Treba napomenuti, u smislu pouzdanosti rezultata, da je ista firma radila analizu sunčevog zračenja nad Švicarskom i Njemačkom, te rezultate proračuna upoređivala sa postojećim mjerenjima. Novijom verzijom ovog programa, pored podataka o insolaciji izmjerenih na najbližim meteorološkim stanicama, obuhvaćeni su i satelitski snimci koji daju potpuniju sliku o sunčevom zračenju nad posmatranim regionom.

Bosna i Hercegovina ima u prosjeku godišnje 1840,9 sunčanih sati, dok taj broj na jugu zemlje dostiže vrijednost i do 2352,5 h/god. Jedini bosanskohercegovački grad na Jadranskom moru, Neum, ima u prosjeku godišnje 2600 sunčanih sati raspoređenih u 270 sunčanih dana. U tabeli 1 dati su podaci o broju sunčanih sati za određene lokalitete u Bosni i Hercegovini.

*Tabela 1 Broj sunčanih sati godišnje za neke lokacije u BiH, [3]*

Lokacija - Meteorološka stanica	Broj sunčanih sati godišnje
	[h/god]
Neum	2600,0
Mostar	2352,5
Čitluk	2342,0
Livno	2337,0
Ivan sedlo	1850,3
Drvar	1839,9
Bjelašnica	1823,1
Sarajevo	1794,2

Bihać	1783,9
Banja Luka	1776,2
Tuzla	1761,9
Zenica	1618,4
Jajce	1615,6
Doboj	1582,2

U tabeli 2 date su vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na nivou godine, razvrstane prema administrativnoj podjeli Bosne i Hercegovine, na dva entiteta i deset kantona u sklopu Federacije BiH. U RS izvršena je procjena vrijednosti sunčevog zračenja za pet oblasti, čije se granice poklapaju sa privrednim regijama RS

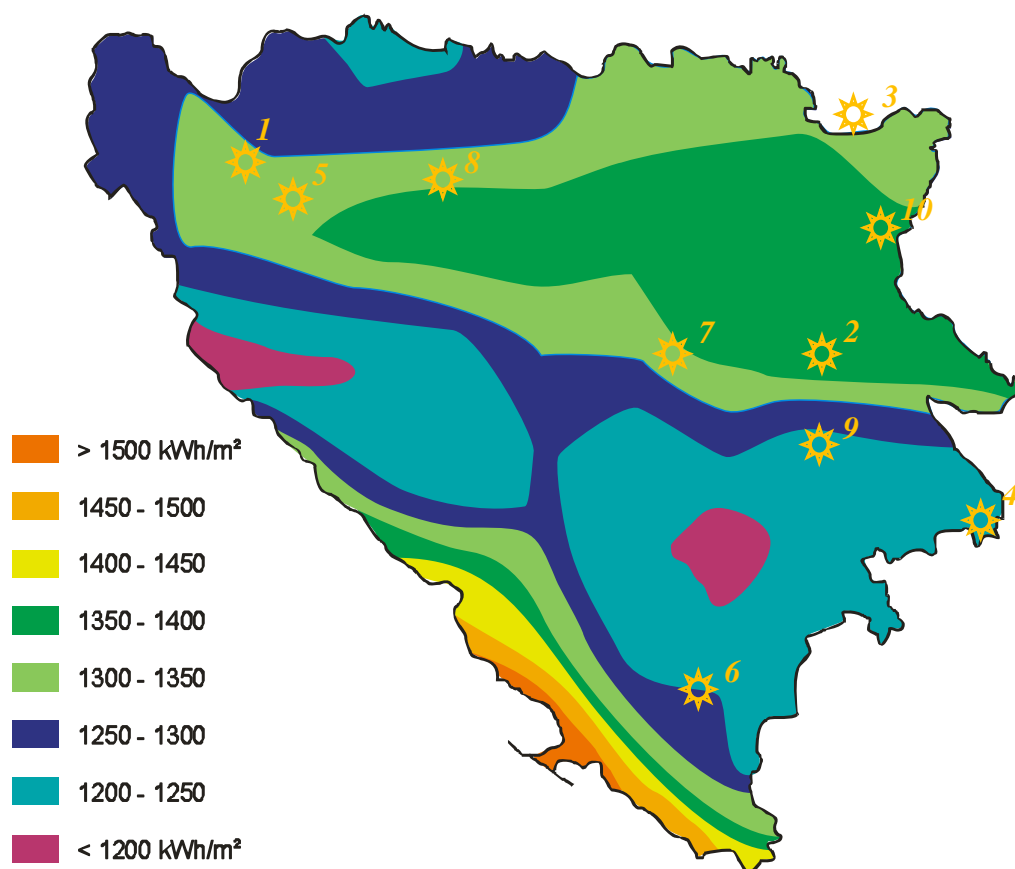
Na slici 2 grafički su interpretirani rezultati proračuna za BiH za prosječne godišnje vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu. Iz slike se vidi da Bosna i Hercegovina pripada zemljama Europe sa značajnim ukupnim sunčevim zračenjem koje se na godišnjem nivou kreće u intervalu od 1250 kWh/m<sup>2</sup> na sjeveru zemlje i u planinskim predjelima do 1600 kWh/m<sup>2</sup> na samom jugu zemlje. Na slici su naznačene i lokacije za koje su pribavljene vrijednosti mjerenja intenziteta sunčevog zračenja date u tabeli 3

*Tabela 2 Vrijednosti intenziteta ukupnog sunčevog zračenja u BiH, [3]*

	Godišnje vrijednosti insolacije - [kWh /m <sup>2</sup> god ]								
	Horizontalna površina			Vertikalna površina			Površina u nagibu-45°		
	min	prosje k	max	min	prosje k	max	min	prosje k	max
Unsko-sanski kanton	108	1277	146	81	1001	120	119	1456	173
Posavski kanton	111	1327	153	86	1080	130	125	1544	185
Tuzlanski kanton	115	1377	156	93	1143	138	131	1616	194
Zeničko-dobojski	114	1355	156	91	1154	140	129	1610	194

kanton									
Bosansko-podrinjski kanton	102 3	1215	140 6	85 8	1067	127 1	116 0	1438	173 0
Srednjobosanski kanton	106 5	1250	143 5	85 9	1063	126 5	120 0	1469	175 1
Hercegovačko-neretvanski kanton	113 8	1318	149 8	87 4	1071	128 8	127 0	1534	181 5
Zapadno-hercegovački kanton	117 6	1349	152 3	89 8	1086	129 8	126 7	1568	184 1
Kanton Sarajevo	106 4	1263	146 3	85 6	1075	131 0	120 0	1493	180 4
Hercegovačko-bosanski kanton	104 4	1218	139 2	78 3	965	116 6	114 6	1392	165 5
Regija Banja Luka	109 0	1291	149 2	89 7	1108	131 8	122 8	1513	181 2
Regija Bijeljina	114 4	1355	156 7	95 1	1144	136 9	130 1	1593	191 4
Regija Doboj	113 3	1343	155 2	92 8	1132	136 0	129 4	1592	190 9
Regija Trebinje	105 2	1285	147 1	89 3	1087	129 0	122 1	1499	178 7
Regija Istočno Sarajevo	104 4	1250	144 7	86 4	1063	128 0	120 4	1491	178 0
Federacija BiH	110 7	1299	148 9	85 7	1055	126 9	122 8	1506	179 6
RS	109 7	1296	149 4	88 4	1087	130 3	123 4	1518	181 9
Brčko Distrikt	112 0	1328	153 1	89 2	1084	130 5	125 7	1545	185 0
Bosna i Hercegovina	110 0	1296	148 9	87 1	1070	128 3	123 0	1510	180 4

Prosječne vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na određenim lokalitetima, dobije mjerenjima i date u tabeli 3, predstavljene su grafički i na slici 2 koja oslikava rezultate proračuna izvedenim pomoću Meteoroma. Vidljivo je značajno podudaranje vrijednosti rezultata što daje potvrdu kvalitetu “ranih” istraživanja i pravilnom odabiru software-a. Veća odstupanja primjetna su na lokalitetima Medvedjak i Rostovo. Mogući razlog ovome može biti lokacija mjerne stanice i njena nadmorska visina, pri čemu su vjerovatno povoljniji uslovi što se tiče zamućenosti atmosfere. Pri softverskim simulacijama definiše se prosječna atmosfera koja odgovara uslovima cjelokupnog lokaliteta, na samo lokacije mjernog mjesta.



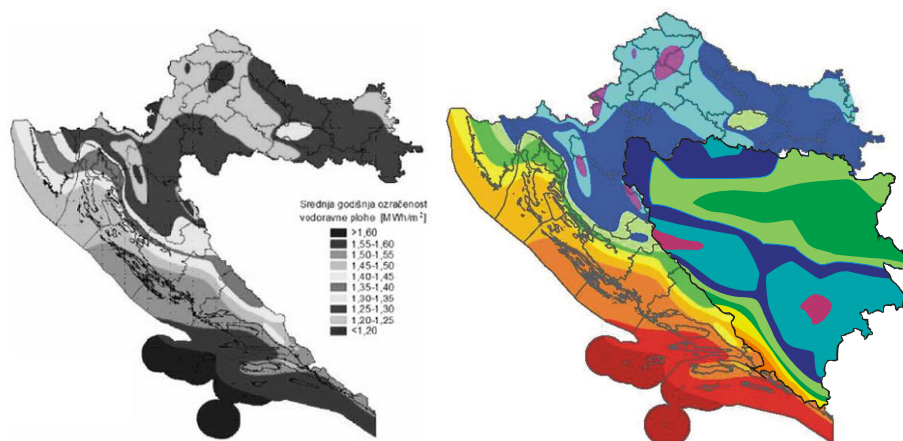
Slika 2. Prosječne godišnje vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu za Bosnu i Hercegovinu - [kWh/m<sup>2</sup> god], [3]



Tabela 3 Prosječna insolacija na lokalitetima gdje su izvršena mjerenja, [4]

Lokacija	Period mjerenja	Insolacija [kWh/m <sup>2</sup> god]
Bihać - 1	Nov. 2010 - Okt. 2011	1233
Budoželje - 2	Jul. 2010 - Jun. 2011	1367
Donji Lukavac - 3	Maj 2010 - Jan. 2011	1208
Goražde - 4	Okt. 2010 - Sep. 2011	1216
Medvedjak - 5	Nov. 2010 – Mar. 2012	1710
Mostar - 6	Nov. 2010 - Oct. 2011	1560
Rostovo - 7	Jul. 2010 – Apr. 2012	1455
Sanski Most - 8	Nov. 2010 - Oct. 2011	1293
Sarajevo - 9	Nov. 2010 - Oct. 2011	1286
Tuzla - 10	Nov. 2010 - Oct. 2011	1330

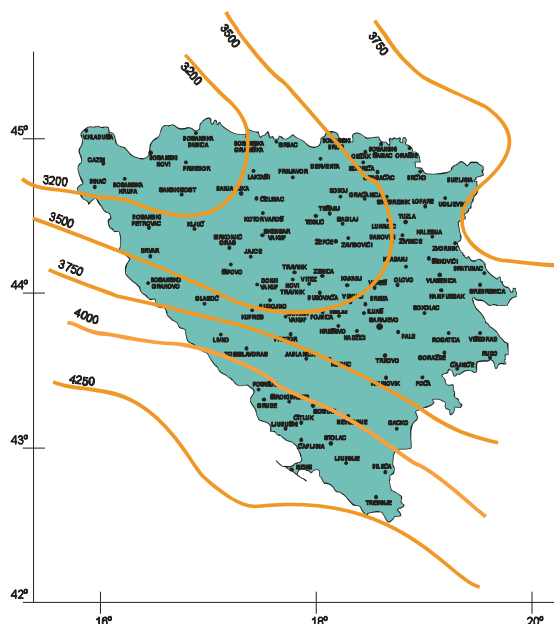
Posebno treba istaći da se rezultati proračuna prema [3] u graničnim područjima BiH poklapaju sa preuzetim podacima o sunčevom zračenju u susjednim državama, posebno u Republici Hrvatskoj, koja svoje rezultate bazira na stvarnim mjerenjima vrijednosti insolacije. Na slici 3 date su vrijednosti prosječne insolacije za Republiku Hrvatsku i poređenje sa vrijednostima ukupnog sunčevog zračenja na graničnim područjima u Bosni i Hercegovini. Grafička prezentacija “izosola” pokazuje značajan stepen poklapanja sa trendom prostiranja u kontinuitetu prema geografskim karakteristikama lokaliteta.



Slika 3. Prosječne godišnje vrijednosti insolacije na horizontalnu površinu za Republiku Hrvatsku i poređenje sa vrijednostima na granici Bosne i Hercegovine - [kWh/m<sup>2</sup> god], [5]

Ako se izvrši poređenje sa vrijednostima ukupnog sunčevog zračenja na horizontalnu površinu u zemljama srednje i sjeverne Europe, gdje godišnji prosjeci iznose 1150 i 1000 kWh/m<sup>2</sup> god, respektivno, dolazi se do zaključka da u prosjeku Bosna i Hercegovina dobiva oko 15% više sunčeve energije u odnosu na srednju Europu, te 30% više od sjeverne Europe (Nizozemska, Danska, Velika Britanija). Na jugu zemlje, u području istočne i zapadne Hercegovine, ti procenti su još izraženiji tako da ti regioni prednjače po količini dostupne sunčeve energije u odnosu na srednju Europu za oko 30%, a u odnosu na sjevernu Europu 50%. Godišnji prosjeci dnevno dozračene sunčeve energije na horizontalnu površinu Bosne i Hercegovine prikazani su na slici 4.

Neke lokacije u Bosni i Hercegovini, upoređene su prema godišnjim prosjecima dnevnih insolacija, kao i mjesečnim prosjecima ekstremnih mjeseci jula i januara, kada je insolacija najveća, odnosno najmanja. Rezultati poređenja dati su u tabeli 4. Može se zaključiti da se vrijednost ukupne energije sunčevog zračenja na horizontalnu površinu u Hercegovini mijenja od 1,5 do 1,7 kWh/m<sup>2</sup> dan u januaru, odnosno 6,3 do 6,9 kWh/m<sup>2</sup> dan u mjesecu julu. Kontinentalni dio Bosne i Hercegovine dobiva u januaru skoro dvostruko više sunčeve energije u odnosu na Sjevernu Europu, dok se za područje istočne Hercegovine i oko Neuma može reći da imaju 3-4 puta više dostupne energije sunčevog zračenja od Sjeverne Europe, odnosno 2 puta više nego Srednja Europa. Treba napomenuti da su sve navedene vrijednosti insolacije, u stvari, prosječne dnevne vrijednosti. Za vrijeme vedrih dana stvarne vrijednosti mogu biti i do 30% veće od prosječnih, dok za vrijeme potpuno oblačnih dana dozračena energija može iznositi samo 20% prosječne vrijednosti. Za period čitave godine, stvarne vrijednosti se mijenjaju unutar intervala  $\pm 20\%$  od prosječnih vrijednosti.



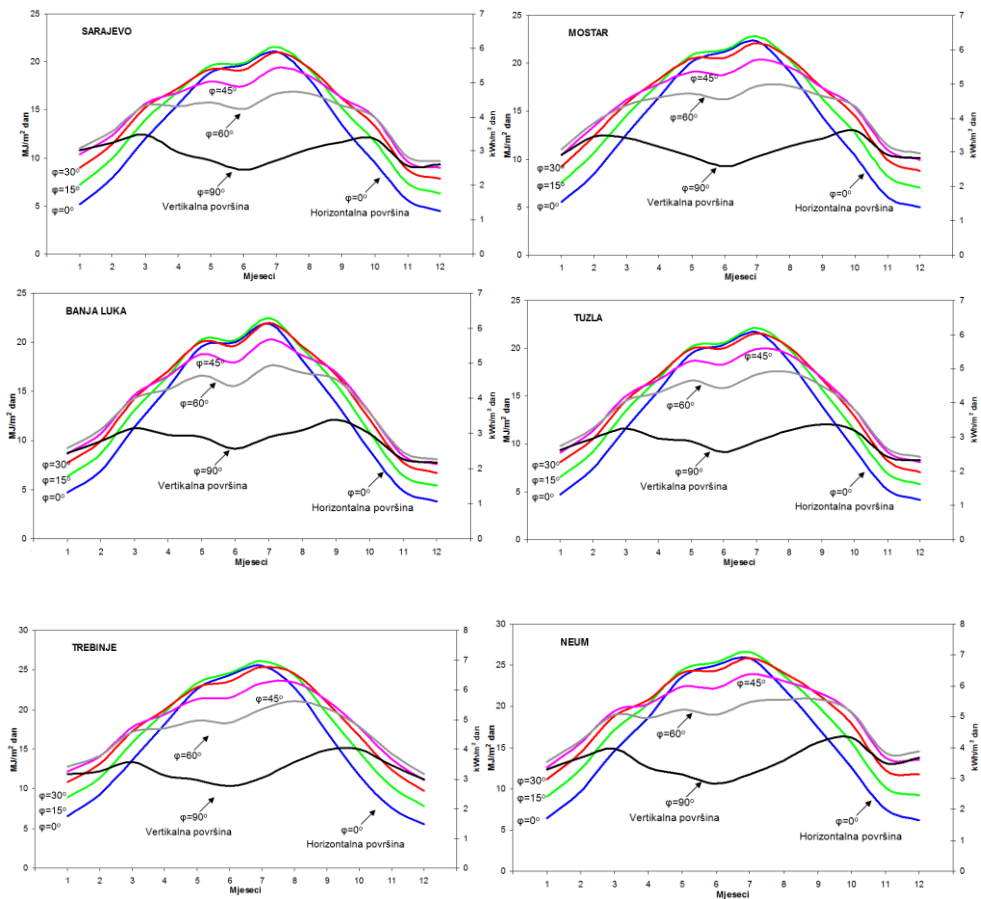
Slika 4. God. prosjeci dnevno dozračene sunčeve energije, [Wh/m<sup>2</sup> dan], [3]

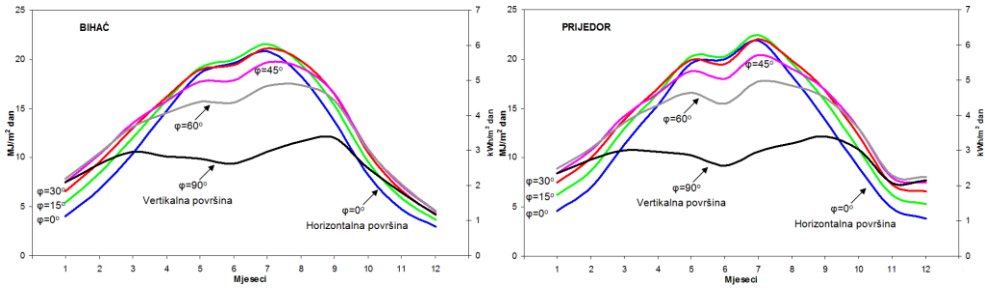
Tabela 4. Poređenje BiH i Europe prema insolaciji na horizontalnu površinu

Lokacija	Godišnji prosjek	Prosjek za juli	Prosjek za januar
	[kWh/m <sup>2</sup> dan]	[kWh/m <sup>2</sup> dan]	[kWh/m <sup>2</sup> dan]
Sarajevo	3,6	5,9	1,5
Mostar	4,0	6,3	1,5
Trebinje	4,2	6,8	1,7
Neum	4,2	6,9	1,7
Banja Luka	3,2	6,1	1,3
Prijedor	3,1	6,1	1,3
Bihać	3,2	5,8	1,1
Doboj	3,4	6,1	1,3
Tuzla	3,6	6,1	1,3
Srednja Europa	3,2-3,0	5,2-5,5	0,7-0,9
Sjeverna Europa	2,6-3,0	5,2-5,5	0,4-0,6
Južna Europa	4,4-4,8	7,2-7,6	1,8-2,6

Napomena: Pod regijom Srednja Europa podrazumijeva se najveći dio Njemačke i Francuske, Sjeverna Europa – Nizozemska, Danska, Velika Britanija, jug Švedske, Južna Europa – Grčka, jug Španije, [2]

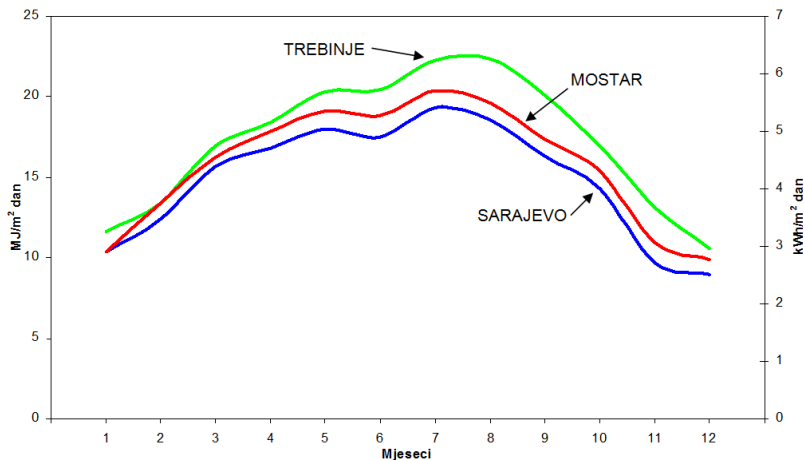
Za paktičnu primjenu sunčeve energije, odnosno za projektovanje i optimiziranje uređaja za korištenje energije Sunca, potrebno je, pored vrijednosti insolacije na horizontalnu površinu, poznavati i količinu dozračene energije na nagnute i vertikalne površine, kao i strukturu zračenja – odnos difuznog i direktnog zračenja. Za većinu primjena najpovoljnije je prijemnike sunčevog zračenja orijentisati u pravcu juga, s time da odstupanje od 15° do 20° prema istoku, odnosno zapadu sasvim neznatno umanjuje ukupnu energiju pristiglu na ravan kolektora. Optimalni nagib u odnosu na horizontalu zavisi o konkretnoj primjeni, tj. o dinamici potrošnje isporučene sunčeve energije tokom godine. Na slici 5 prikazane su proračunate vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na južno orijentisanu površinu različitog nagiba u odnosu na horizontalu, za određene lokacije u Bosni i Hercegovini.





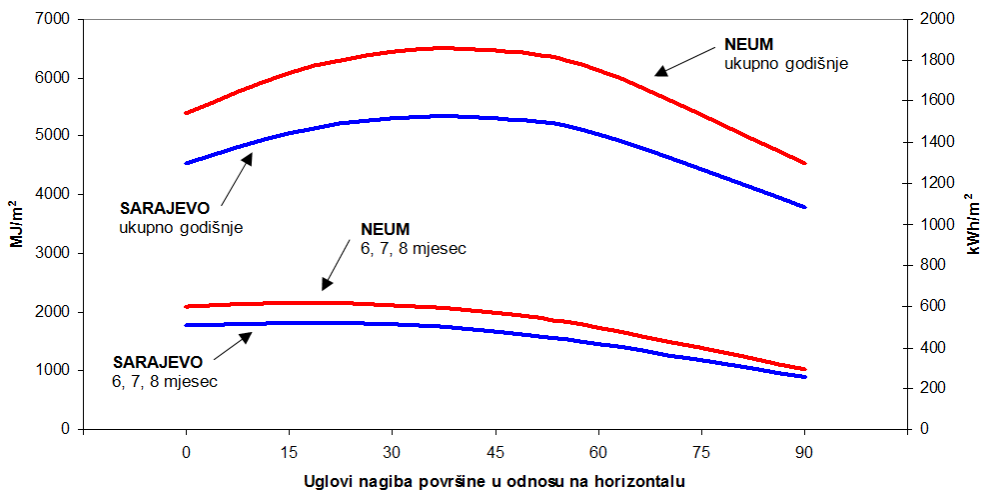
Slika 5. Dozračena energija Sunca na nagetu, južno orijentisanu površinu za različite lokacije u Bosni i Hercegovine

Iz dijagrama se vidi da mali uglovi nagiba površine prijemnika sunčevog zračenja u odnosu na horizontalu od  $15^\circ$  i  $30^\circ$  omogućavaju povećanje dozračene sunčeve energije od 33% do 60% u zimskim mjesecima uz iste ili čak i bolje uslove u ljetnom periodu. Ovakav izbor nagiba površine odgovara solarnim aplikacijama koje rade u uslovima naglašenih potreba u ljetnim mjesecima. S druge strane, velikim uglovima nagiba ( $\varphi=60^\circ$ ) može se udvostručiti primljena energija u zimskim mjesecima, na račun smanjenja u ljetnim mjesecima, što je povoljno za sisteme koji imaju ujednačenu potrebu za sunčevom energijom tokom cijele godine. Vrijednosti ukupnog sunčevog zračenja na površinu nagetu za  $45^\circ$  u odnosu na horizontal i orijentisanu prema jugu, za neke lokacije u Bosni i Hercegovini, prikazane su na slici 6.



Slika 6. Ukupna dnevna dozračena energija sunčevog zračenja na površinu u nagibu ( $\varphi=45^\circ$ ) okrenutu prema jugu

Detaljnijim analizama podataka o vrijednostima insolacije može se doći do optimalnog ugla nagiba prijemnika sunčevog zračenja u odnosu na horizontalu, za određene lokacije. U tu svrhu, na slici 7, ukupno dozračena sunčeva energija prikazana je u zavisnosti od nagiba južno orijentisanog kolektora i vremenskog perioda korištenja sunčeve energije. Dati su uporedni podaci za dvije karakteristične lokacije: Sarajevo i Neum. Iz dijagrama se vidi da se na 1 m<sup>2</sup> površine prijemnika sunčevog zračenja koji koriste sunčevu energiju tokom čitave godine, u Neumu dozrači ukupno 1850 kWh energije, te da je optimalni ugao nagiba između 35° i 45°, ali bez većih gubitaka i za znatno veći raspon uglova nagiba od 15° do 60°. Solarni potencijal Sarajeva manji je za četvrtinu.



Slika 7. Ukupno dozračena energija sunčevog zračenja za Neum i Sarajevo u zavisnosti od ugla nagiba kolektorske površine i vremenskog perioda korištenja

Tabela 5 daje uporedni prikaz ukupnog sunčevog zračenja na optimalno nagnutu površinu, južne orijentacije, za neke lokacije u Bosni i Hercegovini i Europi.

Tabela 5 Uporedni prikaz dozračene sunčeve energije na optimalno nagetu površinu

Lokacija	Godišnji prosjek dnevne insolacije [kWh/m <sup>2</sup> dan]
Sarajevo	4,1
Mostar	4,4
Trebinje	4,8
Neum	5,1
Banja Luka	4,0
Prijedor	4,0
Bihac	3,7
Doboj	4,0
Tuzla	4,1
Srednja Europa	3,2-3,0
Sjeverna Europa	2,8-3,0
Južna Europa	4,4-5,6

*Napomena: Pod regijom Srednja Europa podrazumijeva se najveći dio Njemačke i Francuske, Sjeverna Europa – Nizozemska, Danska, Velika Britanija, jug Švedske, Južna Europa – Grčka, jug Španije, [2]*

#### 4. ZAKLJUČAK

I pored činjenice da Bosna i Hercegovina pripada zemljama Europe sa značajnom sunčevom iradijacijom, korištenje sunčeve energije, u poređenju sa zemljama EU može se smatrati beznačajnim. Prirodni potencijal sunčeve energije u Bosni i Hercegovini iznosi 67,2 PWh godišnje, uz pretpostavku da svakog dana u godini na svaki kvadratni metar horizontalne površine u prosjeku padne energija zračenja od 3,6 kWh. Ova vrijednost višestruko premašuje ukupne energetske potrebe Bosne i Hercegovine. Kada bi se 2% ukupne teritorije Bosne i Hercegovine pokrilo sunčevim kolektorima sa prosječnom godišnjom efikasnošću od 50% i PV modulima sa prosječnom godišnjom efikasnošću 10%, onda bi ukupan tehnički potencijal Bosne i Hercegovine iznosio 500 TWh (1800 PJ).

Za solarne sisteme koji koriste sunčevu energiju samo tokom ljetnih mjeseci (juni, juli, august), za zagrijavanje vode u bazenima ili za pripremu tople sanitarne vode u kampovima, hotelima i drugim turističkim objektima, solarni potencijal je gotovo dvostruko manji, a optimalni ugao nagiba kolektora je između 10° i 15°. U solarnim aplikacijama koje se

upotrebljavaju isključivo u zimskom dijelu godine najpovoljniji ugao nagiba kolektora je  $60^\circ$ . Optimiziranjem nagiba postiže se povećanje ukupno dozračene sunčeve energije, odnosno intenzivira se uticaj direktne komponente sunčevog zračenja, dok se difuzna komponenta i komponenta reflektovanog zračenja samo sabiraju. Rezultati provedenih istraživanja pokazuju da se najviše sunčeve energije na jedinicu površine može dobiti ako je ugao nagiba površine, okrenute u pravcu juga, u odnosu na horizontalu, jednak uglu geografske širine lokacije, što za Bosnu i Hercegovinu iznosi  $43^\circ$  do  $45^\circ$ . U ovom su slučaju još izraženije prednosti Bosne i Hercegovine u odnosu na najveći dio Europe nego kada se upoređuju podaci za horizontalnu površinu, tako da je dozračena energija od 35% do 70% veća od većine dijelova Srednje Europe, a pogotovo Sjeverne Europe.



## LITERATURA

- [1] Harris C. N., Miller E. C., Thomas E. I., 1985, Solar Energy Systems Design, John Wiley & Sons, Canada,
- [2] Hrastnik B. et al., 1998, SUNEN : Program korištenja energije sunca: prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Energetski institut „Hrvoje Požar“, Zagreb, 244p., ISBN 953-6474-23-9,
- [3] Lulić H., Kulić F. Metović S. 2005, ADEG – Advanced Decentralised Energy Generation Systems in western Balkans“, EU FP 6 – Projekat
- [4] Merzić A. et al., 2014, Wind and Solar Energy Potential Assessment in B&H Based on Real Measurements and Studies, Volume: 2 / Number: 1
- [5] Web stranica: Državni hidrometeorološki zavod Zagreb, Dostupno na: <http://www.adria-sol.hr/en/solarne-elektrane.asp>
- [6] Web stranica: AEE Arbeitsgemeinschaft erneuerbare energie, Dostupno na: <http://www.aee.at/themen/solarthermie/einleitung.htm>