

# Procjena solarnog potencijala krovova na temelju LIDAR podataka

---

**Barnjak, Katarina**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Geodesy / Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:256:377921>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-30**



*Repository / Repozitorij:*

[repozitorij.geof.unizg.hr/en](http://repozitorij.geof.unizg.hr/en)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GEODETSKI FAKULTET**

Katarina Barnjak

**PROCJENA SOLARNOG POTENCIJALA  
KROVOVA NA TEMELJU LIDAR PODATAKA**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

**Katarina Barnjak ♦ DIPLOMSKI RAD ♦ 2024.**



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**GEODETSKI FAKULTET**

Katarina Barnjak

**PROCJENA SOLARNOG POTENCIJALA  
KROVOVA NA TEMELJU LIDAR PODATAKA**

Diplomski rad

Zagreb, 2024.

# SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

## GEODETSKI FAKULTET



Na temelju članka 19. Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu i Odluke br. 1\_349\_11 Fakultetskog vijeća Geodetskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, od 26.10.2017. godine (klasa: 643-03/16-07/03), uređena je obaveza davanja „Izjave o izvornosti“ diplomskog rada koji se vrednuju na diplomskom studiju geodezije i geoinformatike, a u svrhu potvrđivanja da je rad izvorni rezultat rada studenata te da taj rad ne sadržava druge izvore osim onih koji su u njima navedeni.

### IZJAVLJUJEM

Ja, **Katarina Barnjak**, (JMBAG: 0007181614), rođena 16.03.2000. u Zagrebu, izjavljujem da je moj diplomski rad izvorni rezultat mojeg rada te da se u izradi tog rada nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni.

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
*Potpis studenta / studentice*

<b>I. AUTOR</b>	
<b>Ime i prezime:</b>	Katarina Barnjak
<b>Datum i mjesto rođenja:</b>	16. ožujka 2000. Zagreb, Republika Hrvatska
<b>II. DIPLOMSKI RAD</b>	
<b>Naslov:</b>	Procjena solarnog potencijala krovova na temelju LIDAR podataka
<b>Broj stranica:</b>	56
<b>Broj tablica:</b>	15
<b>Broj slika:</b>	33
<b>Broj bibliografskih podataka:</b>	3 URL-a
<b>Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen:</b>	Geodetski fakultet Sveučilišta u Zagrebu
<b>Mentor:</b>	izv. prof. dr. sc. Mario Miler
<b>Komentor:</b>	doc. dr. sc. Luka Rumora
<b>Voditelj:</b>	
<b>III. OCJENA I OBRANA</b>	
<b>Datum zadavanja teme:</b>	09.01.2023.
<b>Datum obrane rada:</b>	06.09.2024.
<b>Sastav povjerenstva pred kojim je branjen diplomski rad:</b>	izv. prof. dr. sc. Mario Miler
	doc. dr. sc. Luka Rumora
	dr. sc. Dino Dobrinić

## **Zahvala**

Zahvaljujem svojoj obitelji na neizmornoj podršci, ljubavi i vjeri u mene kroz sve godine mog školovanja. Posebno zahvaljujem svom dečku na strpljenju, razumijevanju i podršci u svim trenucima, kao i svojim kolegama i prijateljima, čija me prisutnost i ohrabrenje uvijek motiviraju.

Veliko hvala mojim mentorima, doc. dr. sc. Luki Rumori i izv. prof. dr. sc. Mariju Mileru, na stručnom vodstvu, korisnim savjetima i podršci tijekom izrade ovog rada.

## ***Procjena solarnog potencijala krovova na temelju LIDAR podataka***

**Sažetak:** Ovaj rad predstavlja procjenu solarnog potencijala svih krovova unutar područja grada Karlovca i njegove okolice. Kako su današnji osnovni izvor energije fosilna goriva, koja su neobnovljivi izvor, ukazala se potreba za iskorištavanjem sunčeve energije kao obnovljivog izvora energije. Krovovi se pokazuju kao odlična lokacija za postavljanje fotonaponskih sustava zbog mogućnosti iskorištavanja već postojeće površine te mogućnosti decentralizacije proizvodnje energije. Zbog toga je potrebno kvalitetno modelirati solarni potencijal. Rad se temelji na korištenju LIDAR podataka i geografskih informacijskih sustava (GIS) da bi se kvalitetno modelirao solarni potencijal krovova. Pomoću LIDAR podataka kreiran je digitalni model terena (DMT) iz kojega su dobiveni nagib i orijentacija krova. Kako bi se postigao što bolji model usporedile su se dvije metode računanja solarnog potencijala: koristeći GRASS GIS te koristeći SAGA GIS. Provedena je i analiza kojom su se utvrdili nagib te orijentacija krova koji omogućuju postizanje visokih vrijednosti solarnog potencijala. Rezultati ovog rada pokazuju da su razlike između dviju metoda minimalne, pri čemu SAGA GIS pruža brže rezultate. Utvrđeno je da manji nagib krova ljeti, a veći zimi, omogućavaju bolji solarni potencijal, da je ljetni solarni potencijal najizraženiji, te da se južna strana krova pokazala kao najpovoljnija orijentacija. To omogućuje utvrđivanje povoljnih lokacija za postavljanje fotonaponskih sustava da bi se postigla njihova što bolju učinkovitost. Iz toga su razloga ovi rezultati korisni svima koji su zainteresirani za iskorištavanje obnovljivih izvora energije. Ukratko, ovim radom ukazuje se na korisnost LIDAR podataka i GIS sustava u promicanju korištenja obnovljivih izvora energije te modeliranju solarnog potencijala.

**Ključne riječi:** solarni potencijal krovova, LIDAR, GIS, DMT

### ***Estimating rooftop solar potential using LIDAR data***

**Abstract:** *This paper presents an assessment of the solar potential of all rooftops within the area of the city of Karlovac and its surroundings. As today's primary energy source are fossil fuels, which are non-renewable, a need to harness solar energy as a renewable energy source has arisen. Roofs are proving to be an excellent location for installing photovoltaic systems due to the possibility of utilizing existing surfaces and the potential for decentralizing energy production. Therefore, it is necessary to accurately model the solar potential. The study is based on the use of LIDAR data and Geographic Information Systems (GIS) to accurately model the solar potential of rooftops. Using LIDAR data, a digital surface model (DSM) was created, from which the slope and orientation of the roof were derived. To achieve the best possible model, two methods of calculating solar potential were compared: using GRASS GIS and using SAGA GIS. An analysis was also conducted to determine slope and orientation of the roof where solar potential achieves high values. The results of this study show that the differences between the two methods are minimal, with SAGA GIS providing faster results. It was found that a lower roof slope in summer and a steeper slope in winter allow for better solar potential, that the summer solar potential is most prominent, and that the southern side of the roof proved to be the most favorable orientation. This enables the identification of favorable locations for installing photovoltaic systems to achieve maximum efficiency. For this reason, these results are useful to all those interested in utilizing renewable energy sources. In summary, this paper highlights the usefulness of LIDAR data and GIS systems in promoting the use of renewable energy sources and modeling solar potential.*

**Keywords:** *rooftop solar potential, LIDAR, GIS, DSM.*



## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. MATERIJALI I METODE.....	3
3. REZULTATI.....	9
4. RASPRAVA.....	43
5. ZAKLJUČAK.....	48
LITERATURA.....	50
INTERNETSKI IZVORI .....	51
POPIS SLIKA .....	52
POPIS TABLICA.....	54
ŽIVOTOPIS .....	55

## 1. UVOD

Kako bi se umanjila potrošnja fosilnih goriva, obnovljivih izvora energije, potrebno je pronaći načine iskoristivosti obnovljivih izvora energije. Fosilna su goriva danas osnovni izvor energije. Energija iz fosilnih goriva oslobađa se tijekom izgaranja zbog čega nastaju otrovni i štetni plinovi, jedan od glavnih neprijatelja za okoliš. Također, potrebno im je oko milijun godina kako bi nastali, a rezerve se troše brže nego što nastaju. Stoga se sve više pronalaze načini prelaska na obnovljive izvore energije kao što su sunce, vjetar, vode. Zbog svoje dostupnosti i dugotrajnosti sunčeva energija postaje sve važniji izvor energije. Kako bi se sunčeva energija pretvorila u električnu, potrebno je imati kvalitetne tehnologije pretvorbe, ali i modele određivanja solarnog potencijala na željenom području na zemlji. Potrebno je ustanoviti mjesta s većom potrebom proizvodnje električne energije te na tim područjima mogućnosti postavljanja tehnologija. Prema podacima Ujedinjenih Naroda (UN), u 50-im godinama prošloga stoljeća 29% svjetske populacije živjelo je u gradovima. Taj je postotak danas dostigao 50%, a procjenjuje se da će do 2050 u gradovima živjeti 70% populacije. U Europi taj je postotak još veći i dostiže 80%. U Republici Hrvatskoj procjenjuje se da će broj gradske populacije rasti do 766 000 odnosno 43,4 % (M. Gorički i dr., 2017). Kako gradovi iskorištavaju mnogo energije, potreba je i proizvoditi ju. Solarna energija prednjači zbog mogućnosti proizvodnje i potrošnje na istome mjestu te ugradnje fotonaponskih sustava na zgrade. Tako su ravnine krovova vrlo povoljne za postavljanje fotonaponskih sustava jer se iskorištava već postojeća površina. Bitno je odrediti solarni potencijal na tim krovovima. Na solarni potencijal mogu utjecati različiti faktori kao što su geografska širina, kut sunca, godišnje doba, vremenski uvjeti, vrijeme u danu, nagib krova, orijentacija krova, okolne sjene npr. od drveća ili većih zgrada i dr.

Y. Huang i dr. (2015) proučavali su u svome radu mogućnosti procjene solarnog potencijala iz LIDAR podataka kako bi odabrali mjesta povoljna za instalaciju solarnih panela. M. Gorički i dr. (2017) u svome su radu koristeći SAGA GIS izračunali solarni potencijal. N. Mujić i A. Karabegović (2023) odlučili su koristiti istovremeno i SAGA GIS i GRASS GIS kako bi izračunali solarni potencijal grada Sarajeva. D.H.W. Li i T.N.T. Lam (2007) proučavali su utjecaj različitih nagiba i orijentacija kako bi se što bolje predvidjele vrijednosti solarnog potencijala te izabrali najpovoljniji kut i orijentacija. S. Yilmaz i dr. (2015) analizirali su vrijednosti solarnog potencijala za različite nagibe i periode u godini.

U ovome je radu analiza fokusirana na utjecaj godišnjeg doba te nagiba i orijentacije na solarni potencijal, a u obzir su uzeti i stalni okolni objekti koji uzrokuju sjenu. Za područje Karlovca napravljeno je nekoliko prikaza solarnog potencijala krovova, ovisno o danu i godišnjem dobu. Prikaz je napravljen u QGIS-u dvjema metodama, a korišteni su LIDAR podatci ustupljeni od strane DGU. Za pojedinačne dane prikaz je izrađen koristeći GRASS GIS, zatim koristeći SAGA GIS. To je nadalje korišteno kako bi se usporedile same metode unutar QGIS-a. Na uzorku od 3 kuće analizirana je razlika dvaju metoda ovisno o obliku krova. Nadalje, izrađeni su prikazi solarnog potencijala i za četiri perioda u godini čime je bilo moguće dokazati utjecaj godišnjeg doba na količinu solarnog potencijala. Također, to je korišteno kako bi se utvrdio utjecaj nagiba te utjecaj orijentacije. Utjecaj nagiba proučavan je na uzorku od dvije kuće jednakih orijentacija, ali različitog nagiba. Ovisnost je nagiba prikazana ovisno radi li se o ljetnom ili zimskom periodu. Unutar istih vremenskih perioda prikazane su i vrijednosti za različite orijentacije. U tome su slučaju kao uzorak za analizu korištene dvije kuće različitih

orijentacija, ali jednakog nagiba. Ovisnost o orijentaciji uočena je za osam strana svijeta te poredana od najpovoljnije do najmanje povoljne. Uočen je i ukupni godišnji solarni potencijal te najpovoljniji nagib i orijentacija na godišnjoj razini.

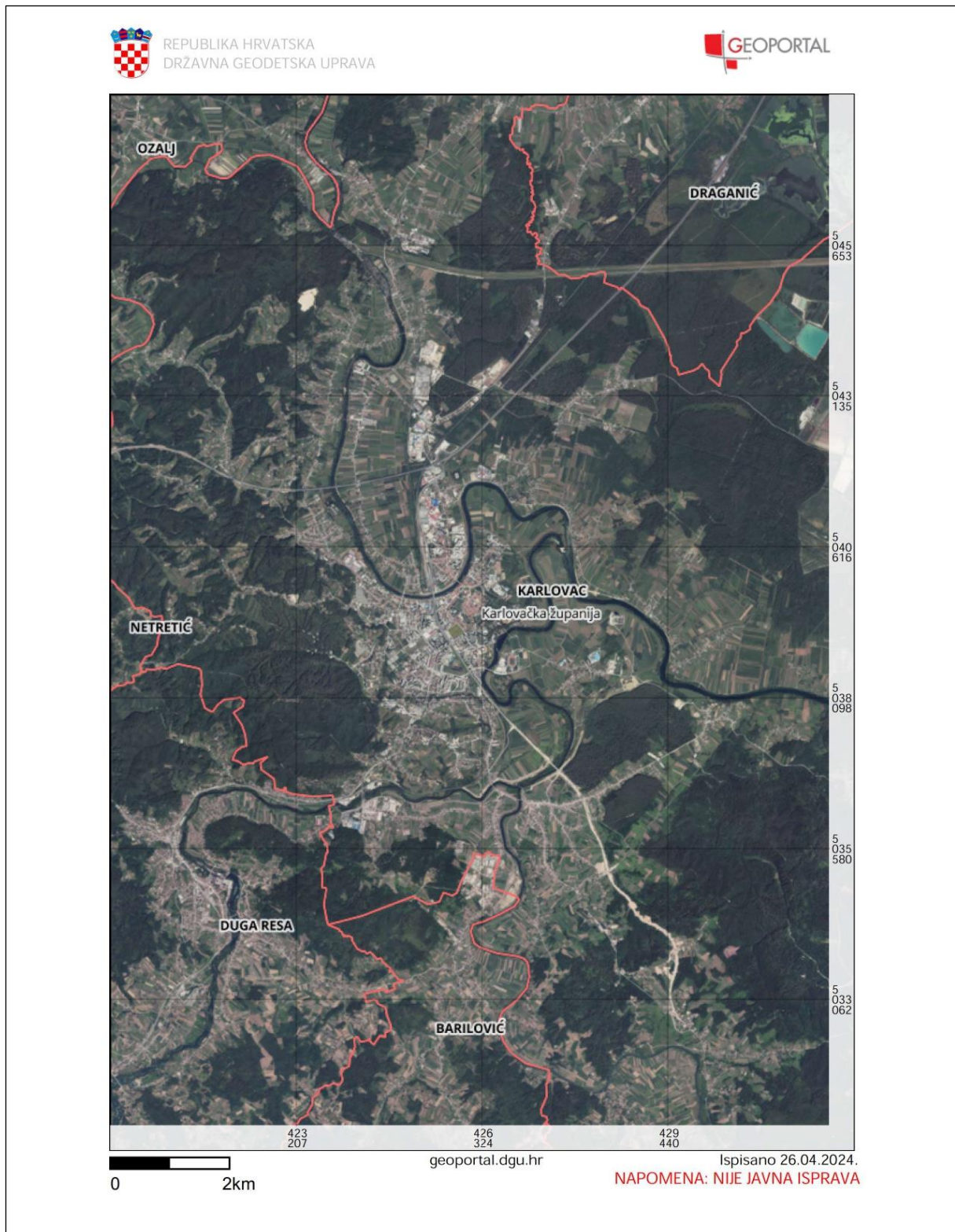
## 2. MATERIJALI I METODE

Izračunavanje solarnog potencijala krovova moguće je različitim metodama. U ovome je radu računat solarni potencijal krovova koristeći GRASS GIS i SAGA GIS dodatke unutar QGIS-a.

GRASS GIS, koji se obično naziva GRASS (Geographic Resources Analysis Support System), besplatni je softverski paket otvorenog koda Geografskog informacijskog sustava (GIS) koji se koristi za upravljanje i analizu geoprostornih podataka, obradu slika, izradu grafika i karata, prostorno modeliranje i vizualizaciju. Uključuje alate za modeliranje terena i ekosustava, hidrologiju, vizualizaciju rasterskih i vektorskih podataka, upravljanje i analizu geoprostornih podataka te obradu satelitskih i zračnih snimaka (URL 1). GRASS integracija unutar QGIS-a omogućuje pristup GRASS GIS bazama podataka i funkcionalnostima koristeći QGIS. (URL 2).

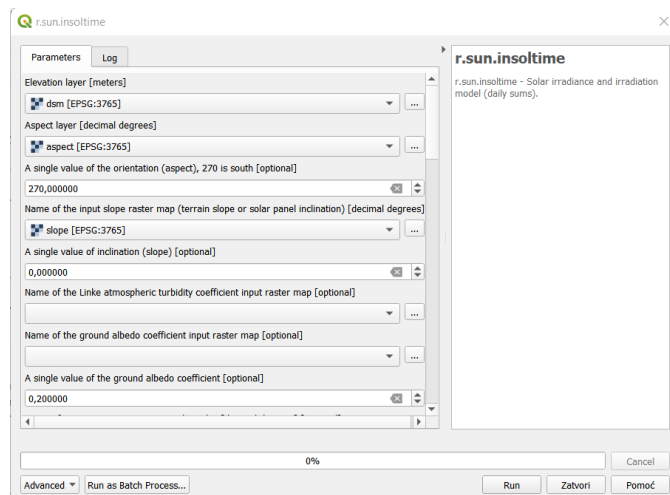
Sustav za automatizirane geoznanstvene analize (SAGA GIS) računalni je program geografskog informacijskog sustava (GIS) koji služi za uređivanje prostornih podataka. To je besplatan softver otvorenog koda, koji je prvobitno razvio mali tim na Odsjeku za fizičku geografiju Sveučilišta u Göttingenu, Njemačka, a sada ga održava i proširuje međunarodna zajednica programera. SAGA GIS ima za cilj dati znanstvenicima učinkovitu, ali laku za učenje platformu za implementaciju geoznanstvenih metoda. SAGA GIS se može koristiti zajedno s drugim GIS softverom kao što su Kosmo i QGIS kako bi se dobili poboljšani detalji u vektorskim skupovima podataka kao i mogućnosti izrade karata više rezolucije. (URL 3)

Analizirano je područje Karlovca i uže okolice (Slika 2.1.). Karlovac je grad smješten u središnjoj Hrvatskoj na dodiru nizinske i gorske Hrvatske te Pokupja i Korduna, uokviren je rijekama Kupom, Koranom, Dobrom i Mrežnicom. S obzirom na to da se nalazi u najužem dijelu Hrvatske, svega 50-ak kilometara udaljen od Slovenije i Bosne i Hercegovine, Karlovac ima važno prometno i gospodarsko značenje. Uz prometna čvorišta na rubu grada položene su poslovne zone, a istovremeno gradska jezgra ostala je sačuvana za ulaganja u čitavu lepezu turističko uslužnih, stambenih i sportsko rekreacijskih mogućnosti razvoja.



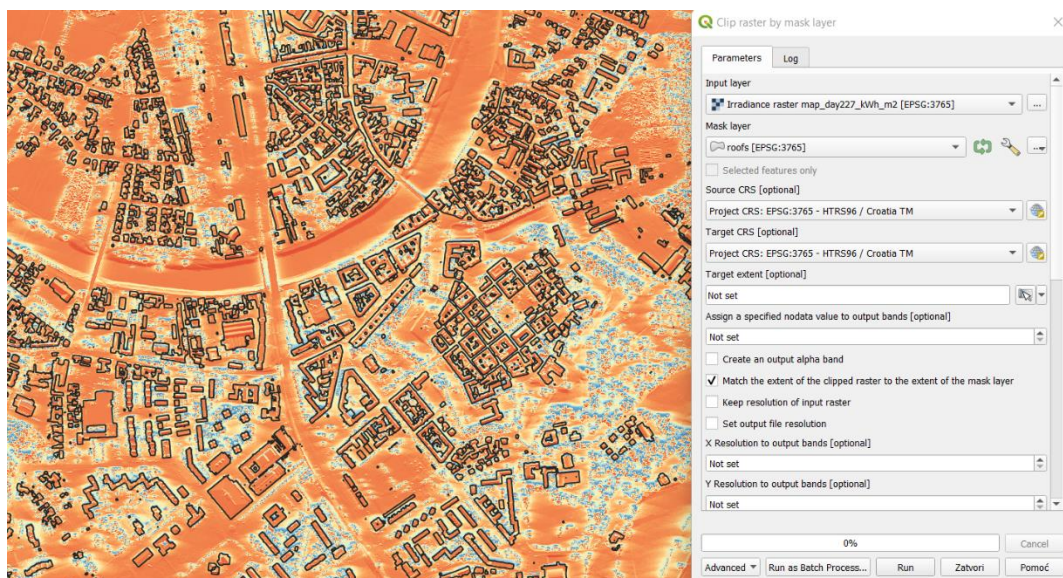
Slika 2.1. Grad Karlovac, područje analize

Za to su područje snimljeni LiDAR podatci iz kojih je napravljen digitalni model terena. Podatci su prikupljeni od strane DGU (Državne geodetske uprave) te ustupljeni na korištenje. Najprije, digitalni model terena korišten je za izračun nagiba i orijentacije. Koristeći GRASS GIS i njegovu funkciju `r.slope.aspect` (Slika 2.2.) izračunati su rasteri za prikaz vrijednosti nagiba i orijentacije. Oni su nam potrebni za daljnju obradu. GRASS GIS i njegova funkcija `r.sun.insoltime` omogućuju izračun ukupnog solarnog potencijala za pojedini dan u godini. Kao potrebne ulazne parametre iskorišten je digitalni model terena, ranije dobiveni nagib i orijentacija, te je bilo potrebno navesti redni broj dana u godini za koji se izračunava.



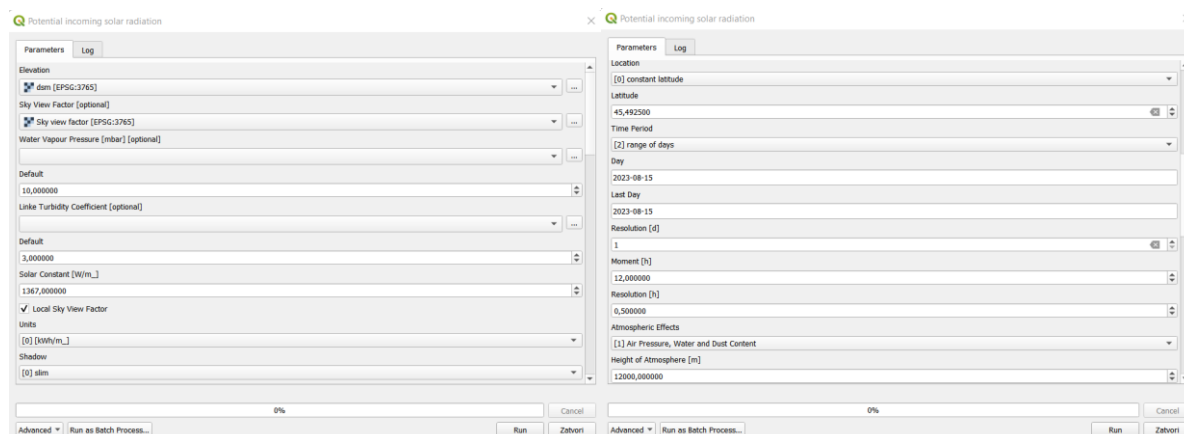
Slika 2.2. Parametri GRASS GIS funkcije `r.slope.aspect`

Računati su dnevni solarni potencijali za četiri dana u 2023. godini unutar različitih godišnjih doba, a to su: 15. veljače, 15. svibnja, 15. kolovoza i 15. studenog. Dobiveni rezultati predstavljaju ukupan dnevni solarni potencijal ulaznog rastera izražen u  $\text{Wh/m}^2$ . Koristeći funkciju QGIS-a Raster Calculator, rezultatni raster podijeljen je s 1000 kako bi se dobio raster koji prikazuje ukupan dnevni solarni potencijal izražen u  $\text{kWh/m}^2$ . On se koristi u daljnjoj obradi. Kako bi se uvidio solarni potencijal krovova, iz dobivenog rastera izvučeni su te prikazani isključivo krovovi. To je učinjeno koristeći vektorski sloj s maskama krovova te naredbu Clip raster by mask layer. Slika 2.3. prikazuje područje na kojem je izračunat solarni potencijal te maske krovova prema kojima su navedenom naredbom izdvojeni krovovi.



Slika 2.3. Clip raster by mask layer

U svrhu ispitivanja preciznosti rezultata solarni potencijal za prethodno navedene dane izračunat je i SAGA GIS-om. Koristeći naredbu unutar SAGA GIS-a Sky view factor, izračunat je raster koji prikazuje udio vidljivog neba iznad pojedine točke promatranja. Za izračun solarnog potencijala koristi se funkcija Potential incoming solar radiation te se za ulazne podatke koristi digitalni model terena, raster Sky view factor-a, prosječna vrijednost za tlak vodene pare u zraku, visina atmosfere i konstanta sunčevog zračenja (Slika 2.4.). Visina atmosfere odnosi se na visinu troposfere na lokaciji pilot područja jer može varirati od 7 km do 20 km, ovisno o različitim lokacijama na zemlji. Za modelirano područje korištene su iste vrijednosti kao što su koristili Gorički i dr., (2017), a te vrijednosti su sljedeće: konstanta sunčevog zračenja 1367 W/m<sup>2</sup>, visina atmosfere 12 000 m i tlak vodene pare u zraku 10 mbar. Također je potrebno specificirati i datum za koji se računa solarni potencijal te duljinu vremenskog intervala između položaja sunca za provođenje analize koji je ovome slučaju bio 30 minuta.



Slika 2.4. Parametri GRASS GIS funkcije Potential incoming solar radiation

Za razliku od GRASS GIS-a, SAGA GIS osim odabira dana omogućuje i odabir dužeg vremenskog perioda. U ovome slučaju dobiven je raster koji prikazuje dnevni solarni potencijal

izražen u kWh/m<sup>2</sup>. Krovovi za dobiveni raster izvučeni su od ostalog kao i u prethodnom slučaju, te se dalje analizira taj prikaz. Rasteri dobiveni različitim načinima za isti datum, uspoređeni su vizualno te pomoću statističkih vrijednosti. Kako bi se dobio raster razlike, koristeći funkciju Raster Calculator unutar QGIS-a, oduzet je raster dobiven SAGA GIS-om od rastera dobivenog GRASS GIS-om. Koristeći Zonal statistics funkciju unutar QGIS-a za sve prikaze su dobivene vrijednosti minimuma, maksimuma, aritmetičke sredine, medijana i standardne devijacije. Minimum predstavlja najnižu vrijednost u promatranom skupu podataka. Maksimum predstavlja najvišu vrijednost u odabranom skupu podataka. Aritmetička sredina predstavlja srednju vrijednost dobivenu tako što je suma svih vrijednosti promatranog skupa podataka podijeljena s ukupnim brojem podataka. Medijan predstavlja vrijednosti središnjeg podatka. Standardna devijacija je prosječno srednje kvadratno odstupanje od aritmetičke sredine. Nadalje, koristeći funkciju QGIS-a Clip raster by mask layer iz rastera su razlike izdvojena tri krova koja se pobliže proučavaju. Za svaku stranu krov izračunate su prethodno navedene statističke vrijednosti koristeći funkciju Zonal statistics. Koristeći Excel izrađeni su grafovi za statističke vrijednosti za svaki pojedini datum.

Za ostale je analize potreban solarni potencijal za vremenski period duži od jednoga dana. Kako je već spomenuto, to nam omogućuje SAGA GIS. Tako je nadalje korišten samo SAGA GIS. Kako bi se utvrdila količina solarnog potencijala ovisno o godišnjem dobu, godina je podijeljena na četiri perioda i to: od 1.1.2023. do 31.3.2023., od 1.4.2023. do 30.6.2023., od 1.7.2023. do 30.9.2023. i od 01.10.2023. do 31.12.2023. Koristeći Potential incoming solar radiation funkciju SAGA GIS-a i jednake ulazne parametre kao i za dnevni solarni potencijal, izračunati su solarni potencijali za četiri perioda u godini te za kompletnu 2023. godinu. Već navedenim postupkom izdvojeni su krovovi iz resultantnih rastera te su ti prikazi dalje korišteni u obradi. Koristeći funkciju Zonal statistics izračunate su i statističke vrijednosti solarnog potencijala krovova za sva četiri perioda u godini i za čitavu godinu. U svrhu lakše usporedbe četiriju perioda, njihovim prikazima je dodijeljena ista skala boja. Koristeći Excel program kreiran je i stupčasti graf aritmetičkih sredina solarnog potencijala za četiri perioda.

Kako bi se izračunao utjecaj godišnjeg doba (zima/ljeto) na nagib i orijentaciju solarni je potencijal krovova izračunat za dva perioda u godini. Ljetni se period odnosi na dio godine od početka travnja do kraja rujna te je dobiven pomoću funkcije Raster kalkulator zbrojem rastera koji prikazuje solarni potencijal od travnja do lipnja i rastera koji prikazuje solarni potencijal od srpnja do rujna. Zimski period obuhvaća siječanj, veljaču, ožujak, listopad, studeni i prosinac te je dobiven pomoću funkcije Raster calculator zbrojem preostalih dvaju rastera. Koristeći funkciju Clip raster by mask layer izdvojena su dva krova kuće iz rastera sa prikazom nagiba, iz prikaza oba dijela godine te iz godišnjeg prikaza. Za prikaz dvaju dijelova godine korištena je ista skala boja kako bi se uvidjela razlika u solarnom potencijalu. Koristeći Zonal statistics funkciju izračunat je prosječni nagib za svaki krov pojedinačno. Istom funkcijom izračunate su statističke vrijednosti za svaki krov za ljetni period, za zimski period i za 2023. godinu u cjelini. Pomoću Excela napravljena je tablica s prikazom aritmetičkih sredina za oba krova za ljetni, zimski i godišnji period te je kreiran stupčasti graf s tim prikazom.

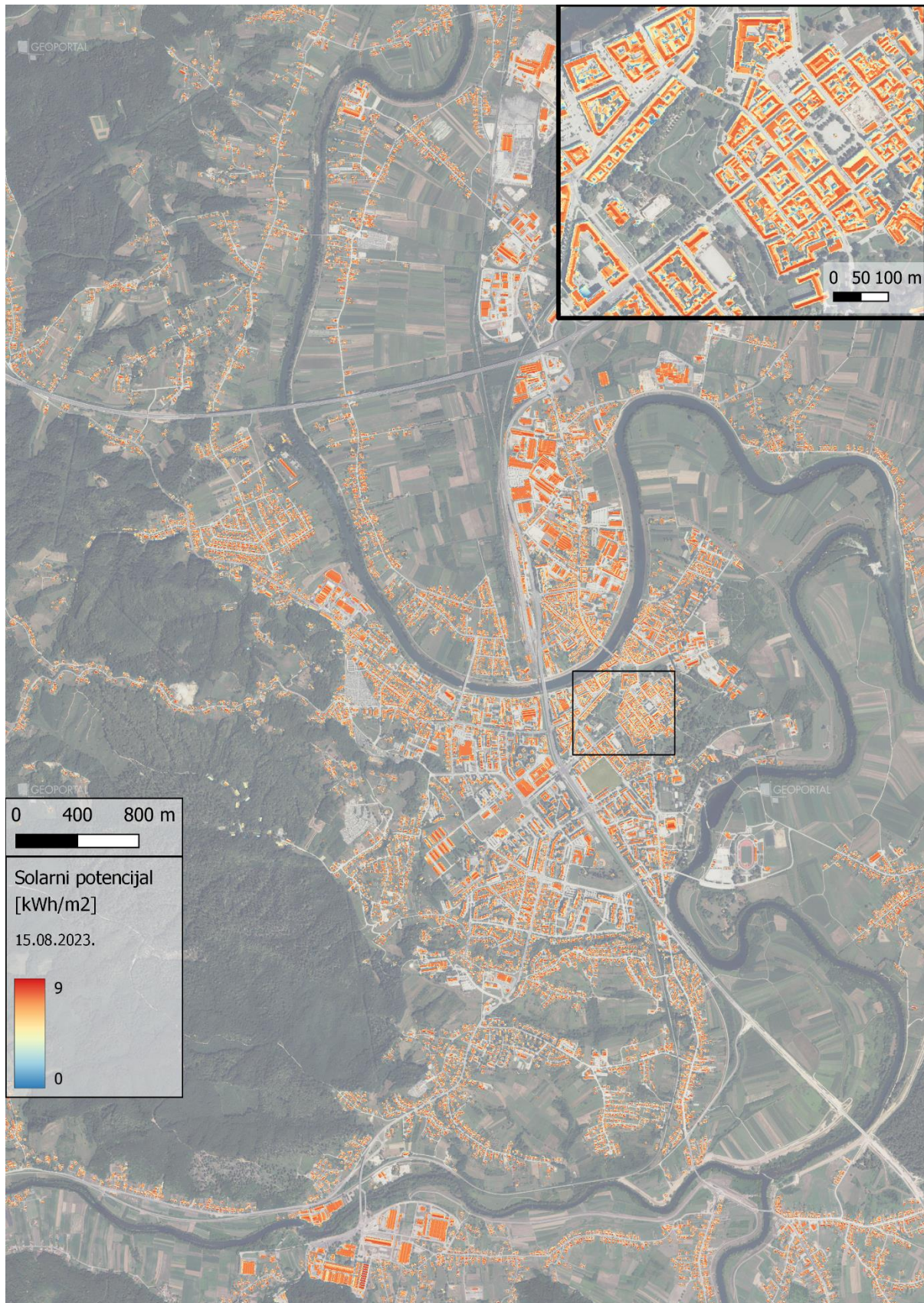
Kako bi se uvidio utjecaj orijentacije te njezina ovisnost o godišnjem dobu solarni je potencijal izračunat za dva četverostrešna krova različitih orijentacija. Kao u prethodnom slučaju solarni potencijal računat je za ljetni, zimski i godišnji period. Kod odabranih krovova, jedan ima orijentaciju prema sjeveru, jugu, istoku i zapadu, a drugi prema sjeveroistoku, sjeverozapadu, jugoistoku i jugozapadu. Krovovi su izdvojeni pomoću naredbe Clip raster by mask layer. Koristeći funkciju Zonal statistics izračunate su statističke vrijednosti za svaki period posebno



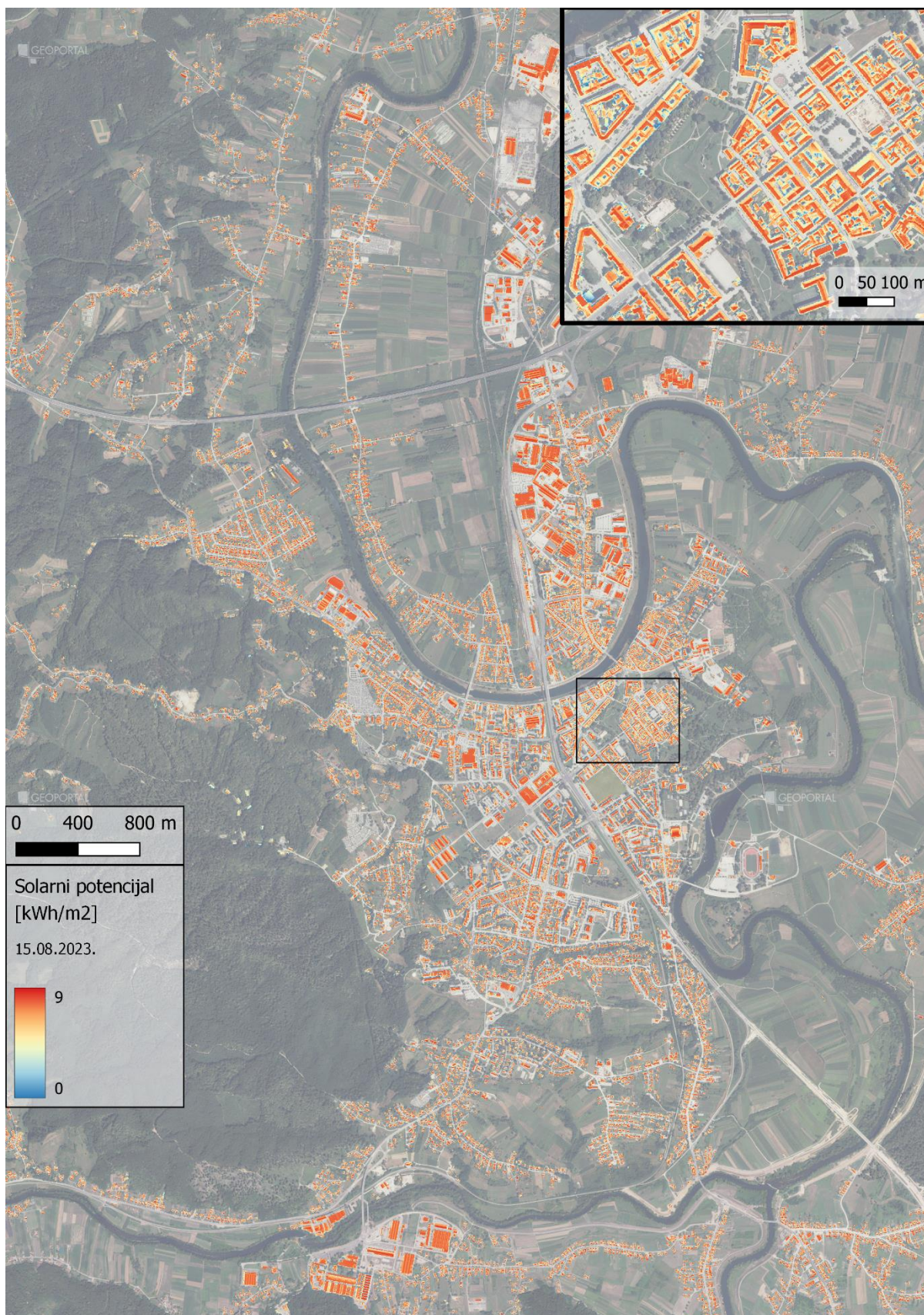
i za svaku orijentaciju posebno. Pomoću Excela napravljen je tablični prikaz aritmetičkih sredina za ljetni zimski i godišnji period za svaku orijentaciju. Kako bi se vizualno lakše uočila ovisnost solarnog potencijala o orijentaciji, tablica je prikazana stupčastim dijagramom.

### 3. REZULTATI

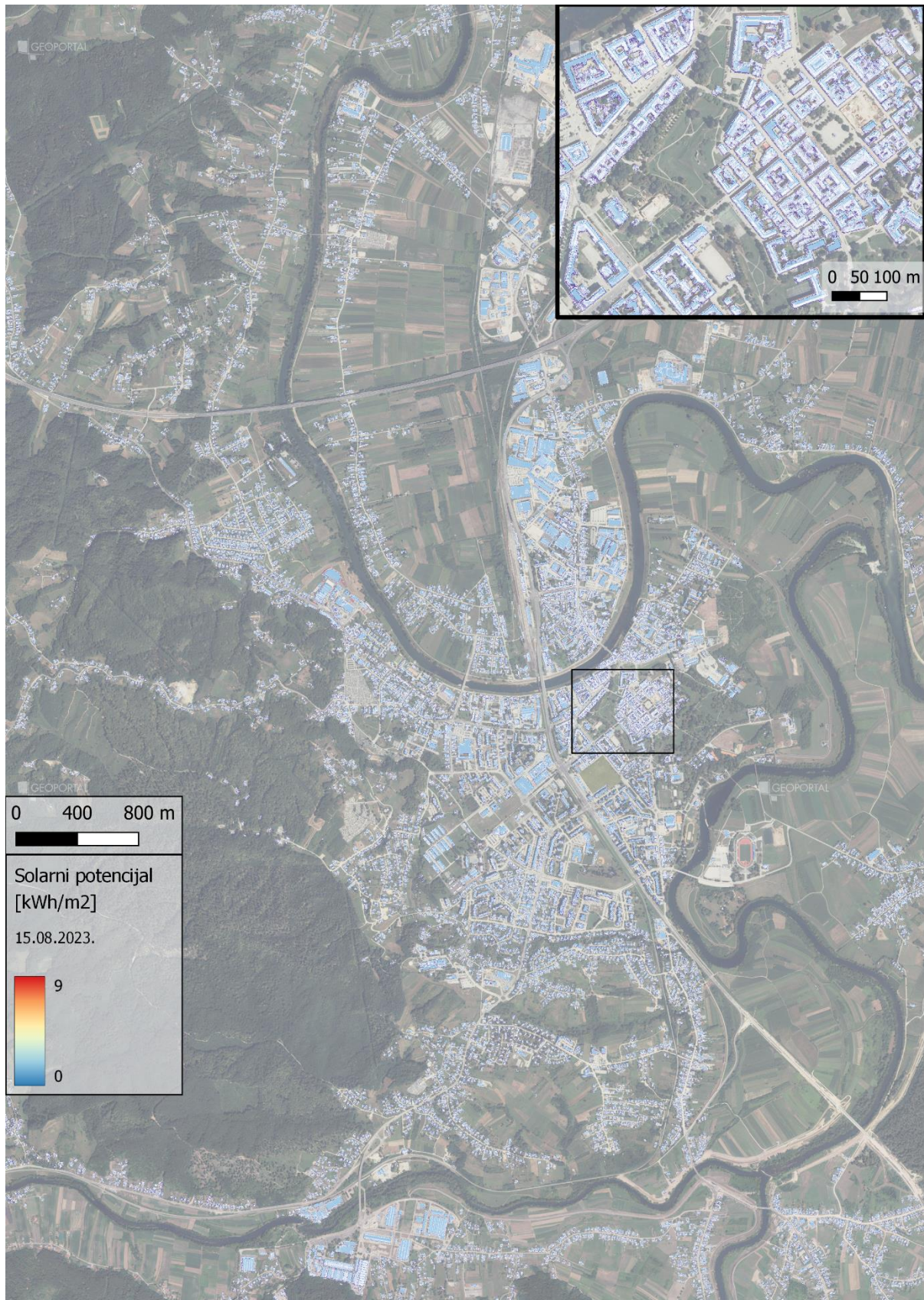
Prvo su izračunati solarni potencijali za pojedine dane u 2023. godini. Analizirani su podatci za 15. kolovoz 2023. Slika 3.1 i Slika 3.2 prikazuju ukupan dnevni solarni potencijal krovova za 15. kolovoza 2023. Jedan dobiven koristeći GRASS, a drugi dobiven koristeći SAGA dodatak. Solarni potencijal prikazan je u kWh/m<sup>2</sup>. Plava boja prikazuje najniži solarni potencijal, a crvena najviši. Izračunate su razlike vrijednosti dnevnih solarnih potencijala dobivenih SAGA GIS i GRASS GIS programima iz kojih se može zaključiti kolike su razlike dvaju postupaka računanja. Slika 3.3 prikazuje raster razlike solarnih potencijala krovova između GRASS GIS-a i SAGA GIS-a. Nijanse plave boje predstavljaju negativne vrijednosti, a nijanse ljubičaste boje predstavljaju pozitivne vrijednosti. Kako bi se uvidjela razlika, izračunate su statističke vrijednosti za sva tri datuma. Tablica 3.1 prikazuje statističke vrijednosti minimum, maksimum, aritmetičku sredinu, medijan i standardnu devijaciju za 15. kolovoza 2023.



Slika 3.1 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću GRASS GIS-a za 15. kolovoz 2023.



Slika 3.2 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću SAGA GIS-a za 15. kolovoz 2023.

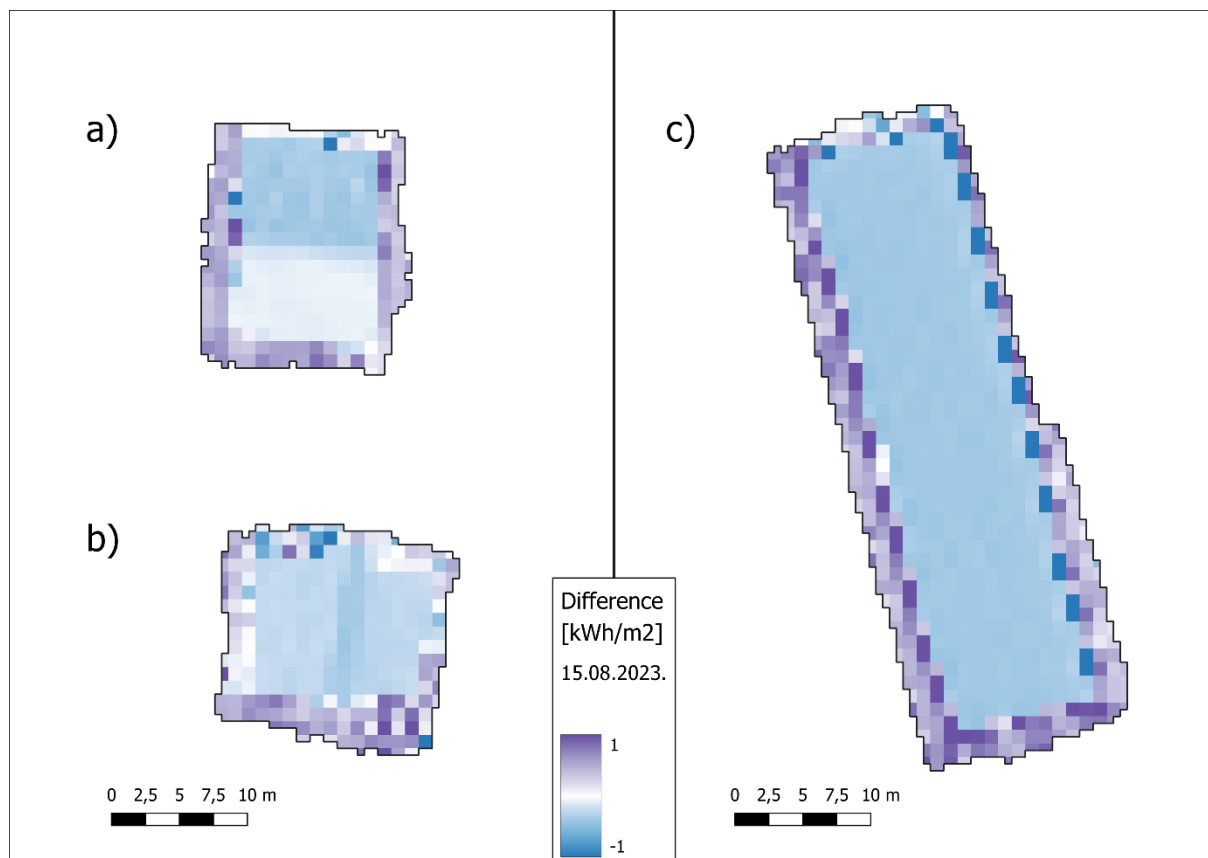


Slika 3.3 Razlika između SAGA i GRASS GIS vrijednosti solarnog potencijala

Tablica 3.1 Statistički podatci za 15. kolovoza 2023.

	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV
GRASS	0,55	8,25	6,21	6,76	1,68
SAGA	0,00	8,39	6,21	6,77	1,82
RAZLIKA	-6,97	7,33	0,01	-0,09	0,44

Kako bi se uočio utjecaj orijentacije na različitost postupaka dobivanja solarnog potencijala, proučena je razlika rastera za tri krova. Jedan je krov orijentiran u smjeru sjever-jug (Slika 3.4a), jedan u smjeru istok-zapad (Slika 3.4b), a treći je ravni krov (Slika 3.4c). Prvi smo krov podijelili na dvije ravnine, jedna je okrenuta prema sjeveru, a druga prema jugu. U slučaju drugog krova, jedna je ravnina okrenuta prema istoku, a druga prema zapadu. Time zapravo proučavamo 5 slučajeva: sjeverno, južno, istočno i zapadno orijentirani krov, te ravni krov. Ovisno o tome, i razlika među dvama metodama se mijenja. Tablica 3.2 nam prikazuje statističke vrijednosti dobivene za odabrane krovove.



Slika 3.4 Vrijednosti razlike solarnog potencijala između metode računanja GRASS GIS-om i SAGA GIS-om

Tablica 3.2 Vrijednosti razlike solarnog potencijala između metode računanja GRASS GIS-om i SAGA GIS-om

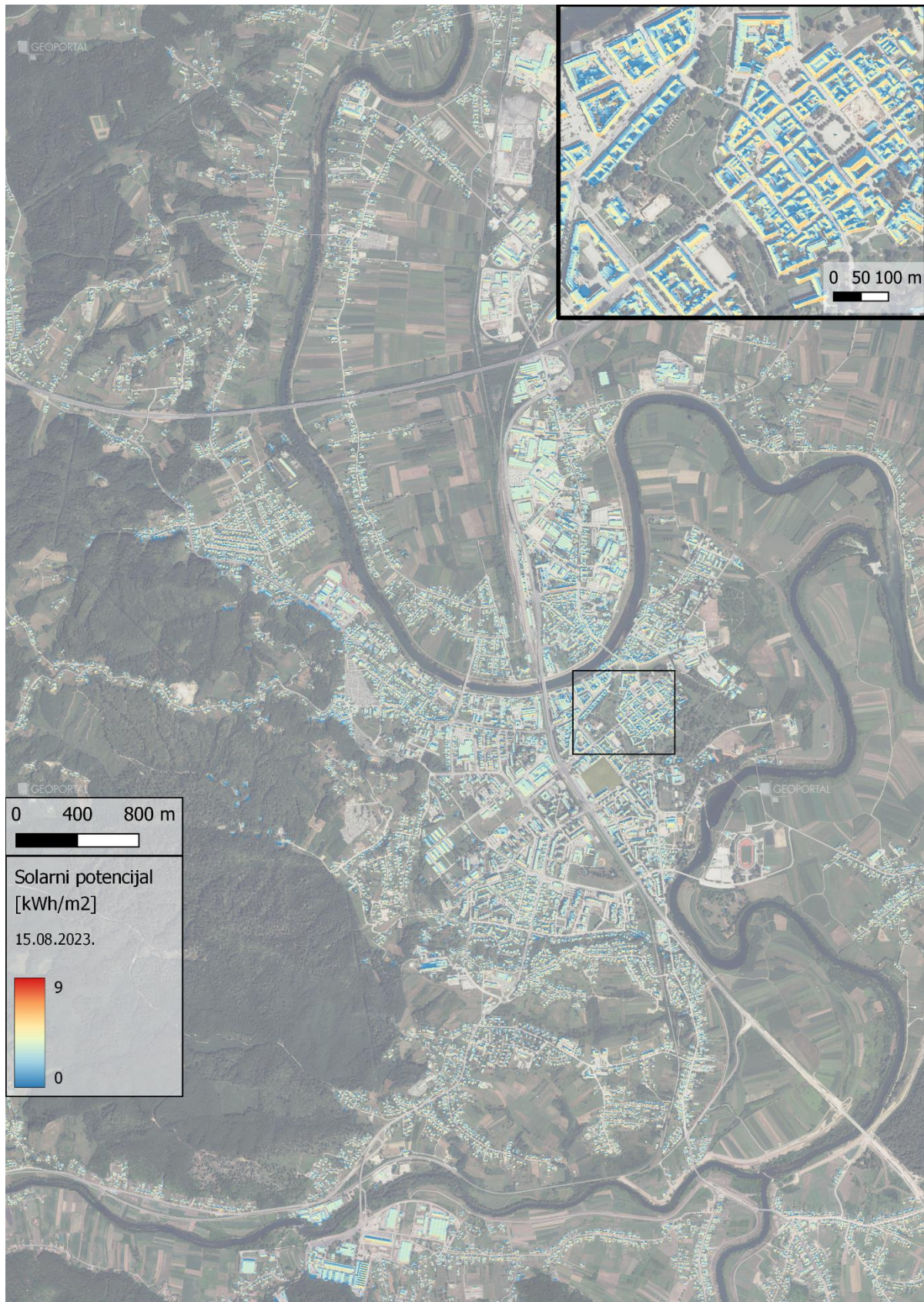
RAZLIKA	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
sjeverna strana	-1,31	1,34	-0,11	-0,34	0,43
južna strana	-0,42	0,90	0,11	-0,07	0,33
zapadna strana	-1,47	1,07	-0,02	-0,21	0,39
istočna strana	-1,54	1,38	-0,01	-0,23	0,42
ravni krov	-2,12	1,38	-0,11	-0,37	0,56

Osim za 15. kolovoza, izračunate su vrijednosti dnevnog solarnog potencijala za još tri dana. Slika 3.5 prikazuje vrijednosti dnevnog solarnog potencijala za 15. veljače dobivene pomoću GRASS GIS-a, a Slika 3.6 dobivene pomoću SAGA GIS-a. Tablica 3.3 i Slika 3.7 prikazuju izračunate statističke vrijednosti za navedene prikaze. Zatim, Slika 3.8 prikazuje vrijednosti dnevnog solarnog potencijala za 15. svibnja dobivene pomoću GRASS GIS-a, a Slika 3.9 dobivene pomoću SAGA GIS-a. Tablica 3.4 i Slika 3.10 prikazuje izračunate statističke vrijednosti za navedene prikaze. Konačno, Slika 3.11 prikazuje vrijednosti dnevnog solarnog potencijala za 15. studenog dobivene pomoću GRASS GIS-a, a Slika 3.12 dobivene pomoću

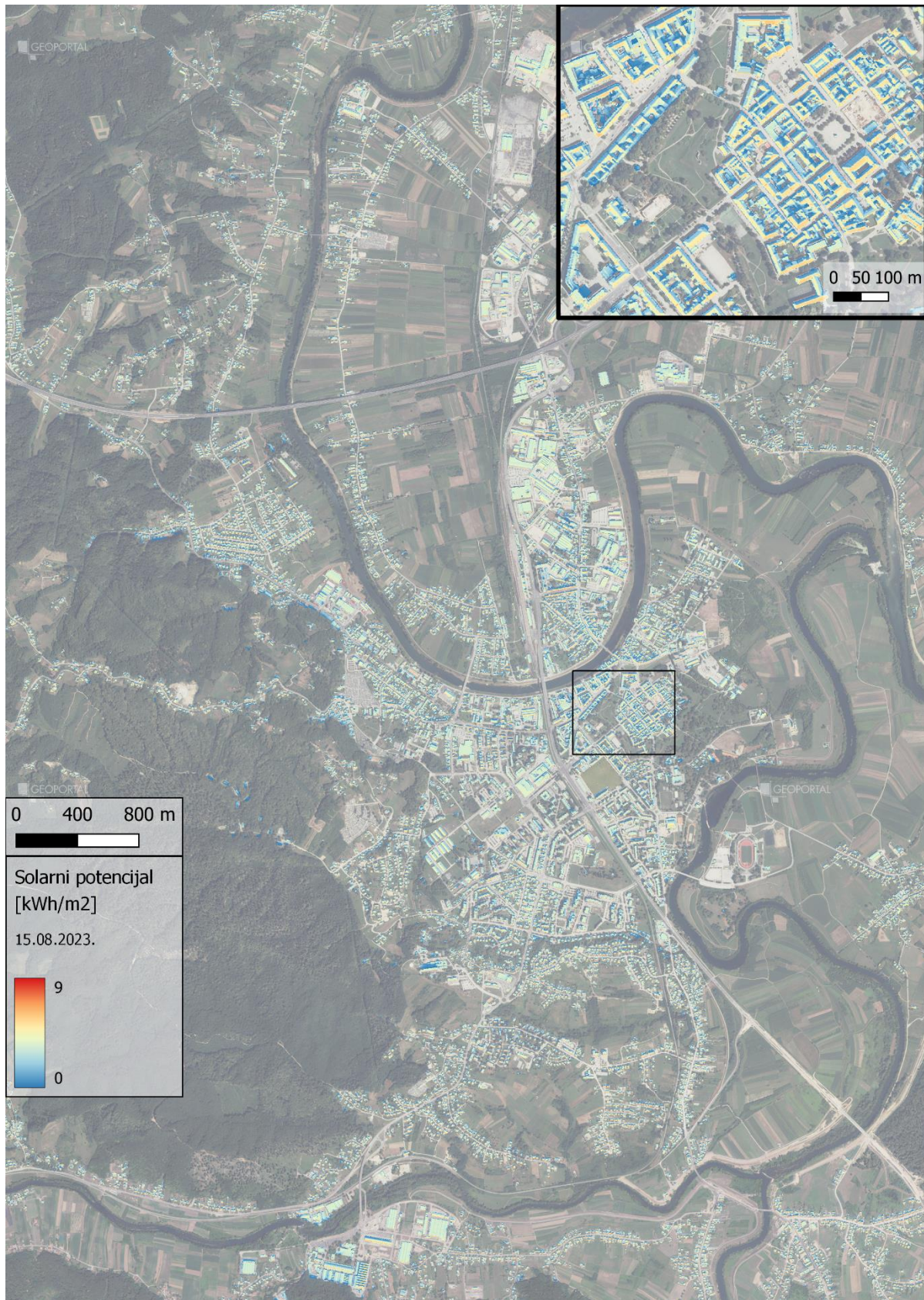
SAGA GIS-a. Tablica 3.5 i Slika 3.13 prikazuju izračunate statističke vrijednosti za navedene prikaze.

Također je praćeno i vrijeme potrebno za obradu rastera pomoću obje metode. Vrijeme potrebno GRASS GIS-u kako bi se dobio solarni potencijal kompletnog područja bilo je oko dva sata. Za isto područje, SAGA GIS-u bilo je potrebno 20-ak minuta za izračun solarnog potencijala.





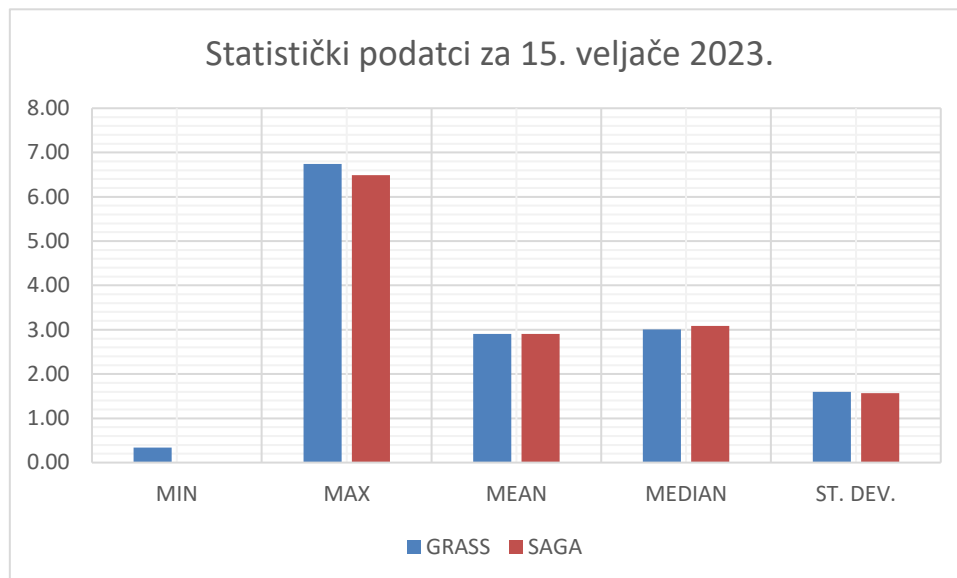
Slika 3.5 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću GRASS GIS-a za 15. veljače 2023.



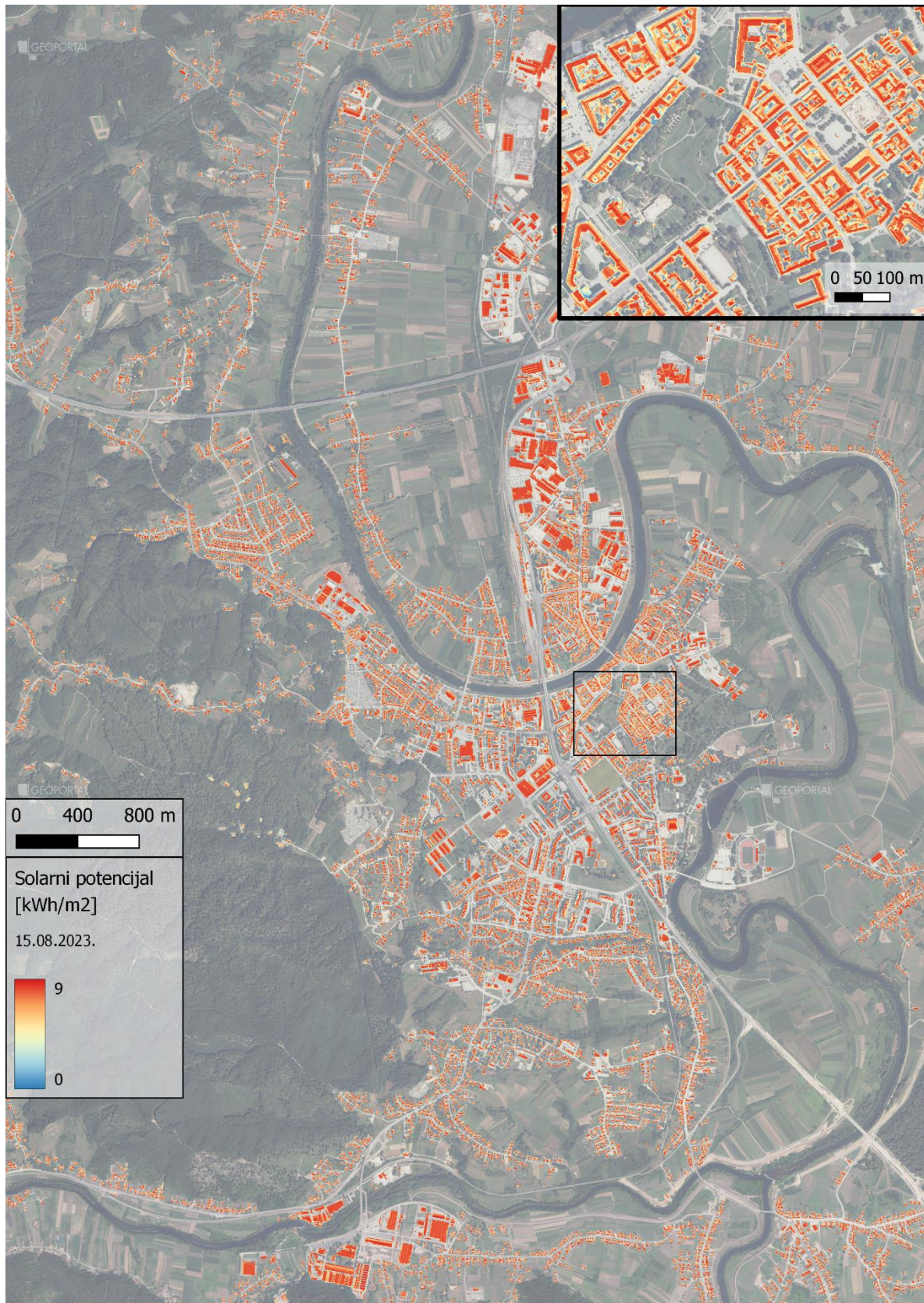
Slika 3.6 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću SAGA GIS-a za 15. veljače 2023.

Tablica 3.3 Statistički podatci za 15. veljače 2023.

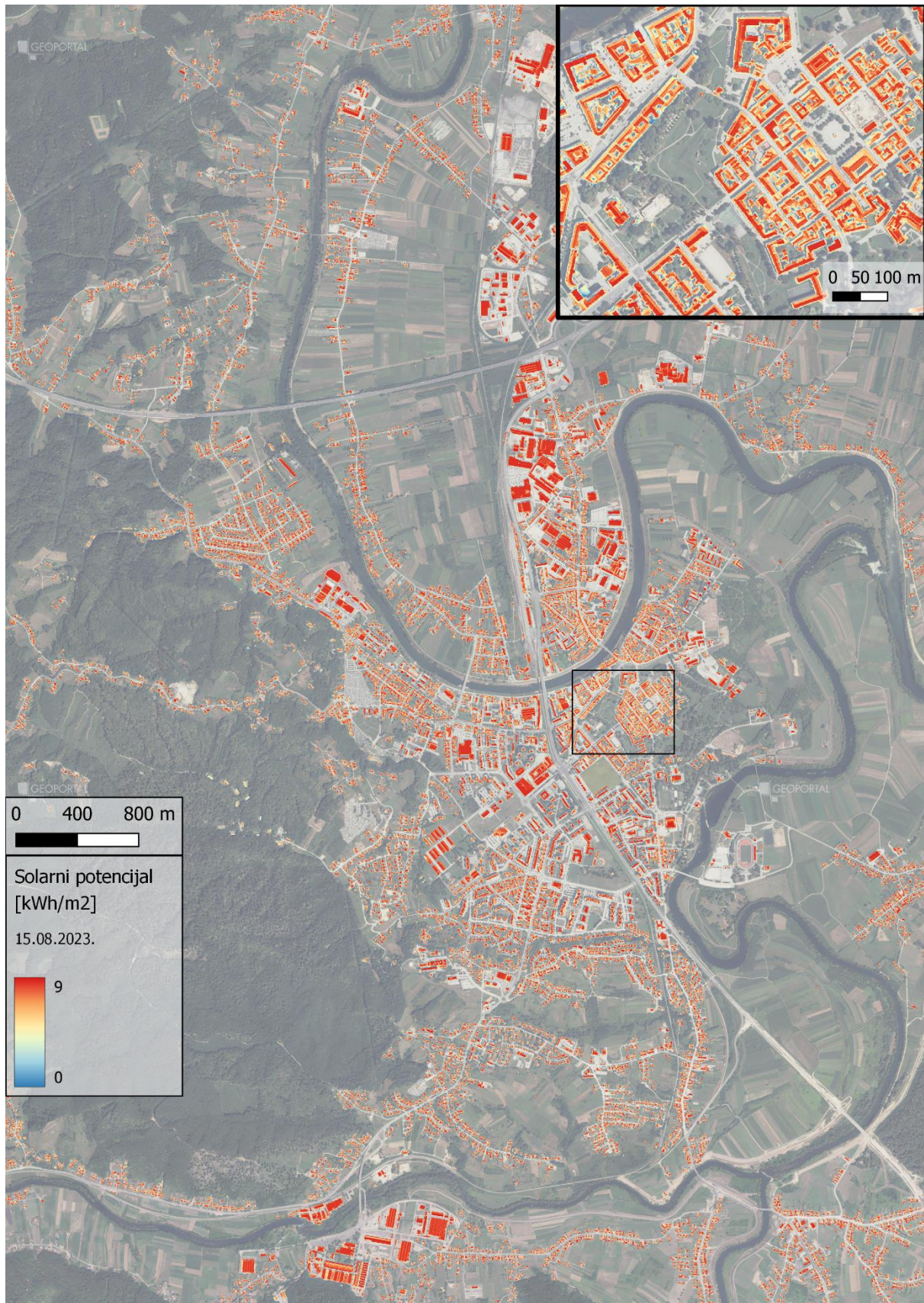
15.02.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
GRASS	0,34	6,75	2,90	3,00	1,60
SAGA	0,00	6,49	2,91	3,09	1,57



Slika 3.7 Statistički podatci za 15. veljače 2023.



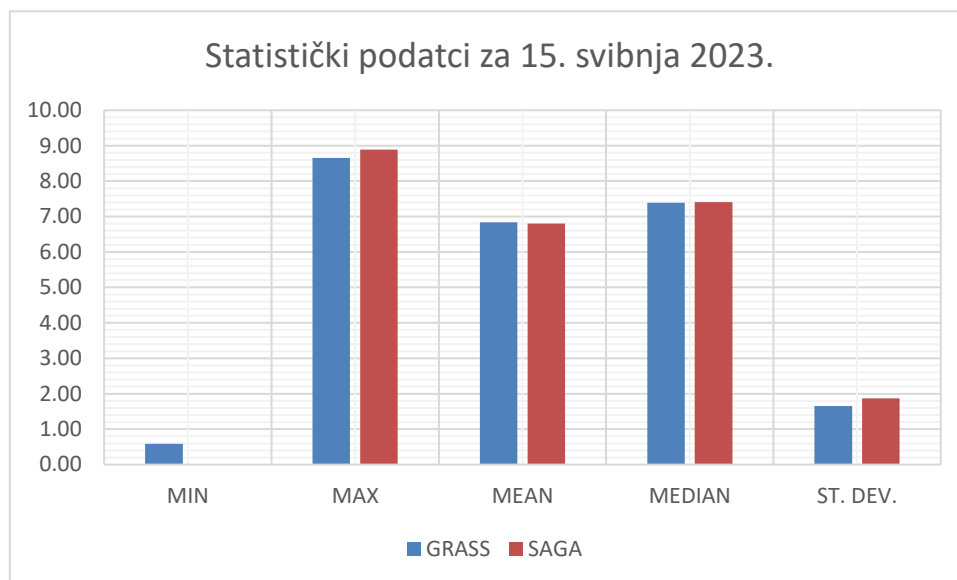
Slika 3.8 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću GRASS GIS-a za 15. svibnja 2023.



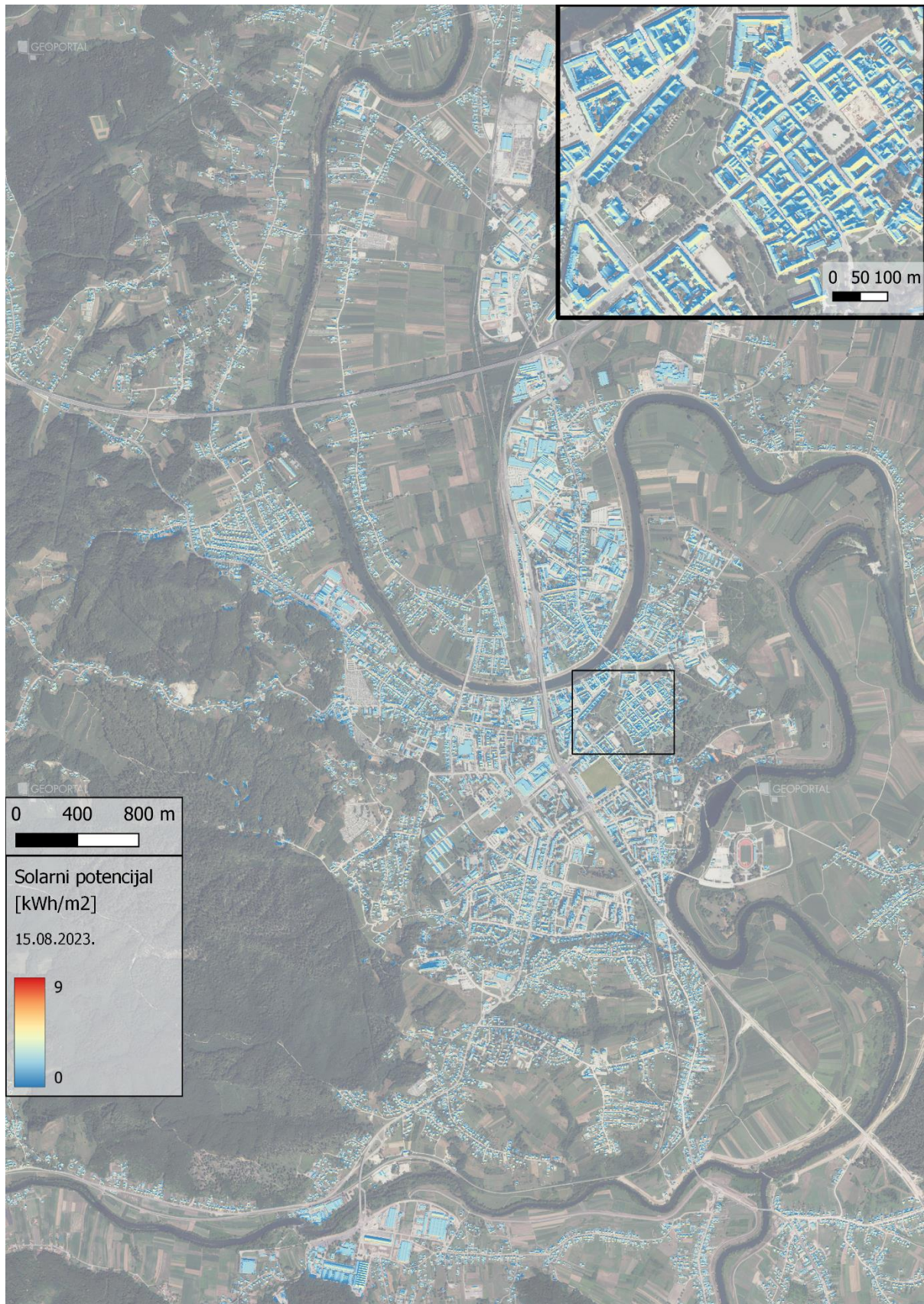
Slika 3.9 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću SAGA GIS-a za 15. svibnja 2023.

Tablica 3.4 Statistički podatci za 15. svibnja 2023.

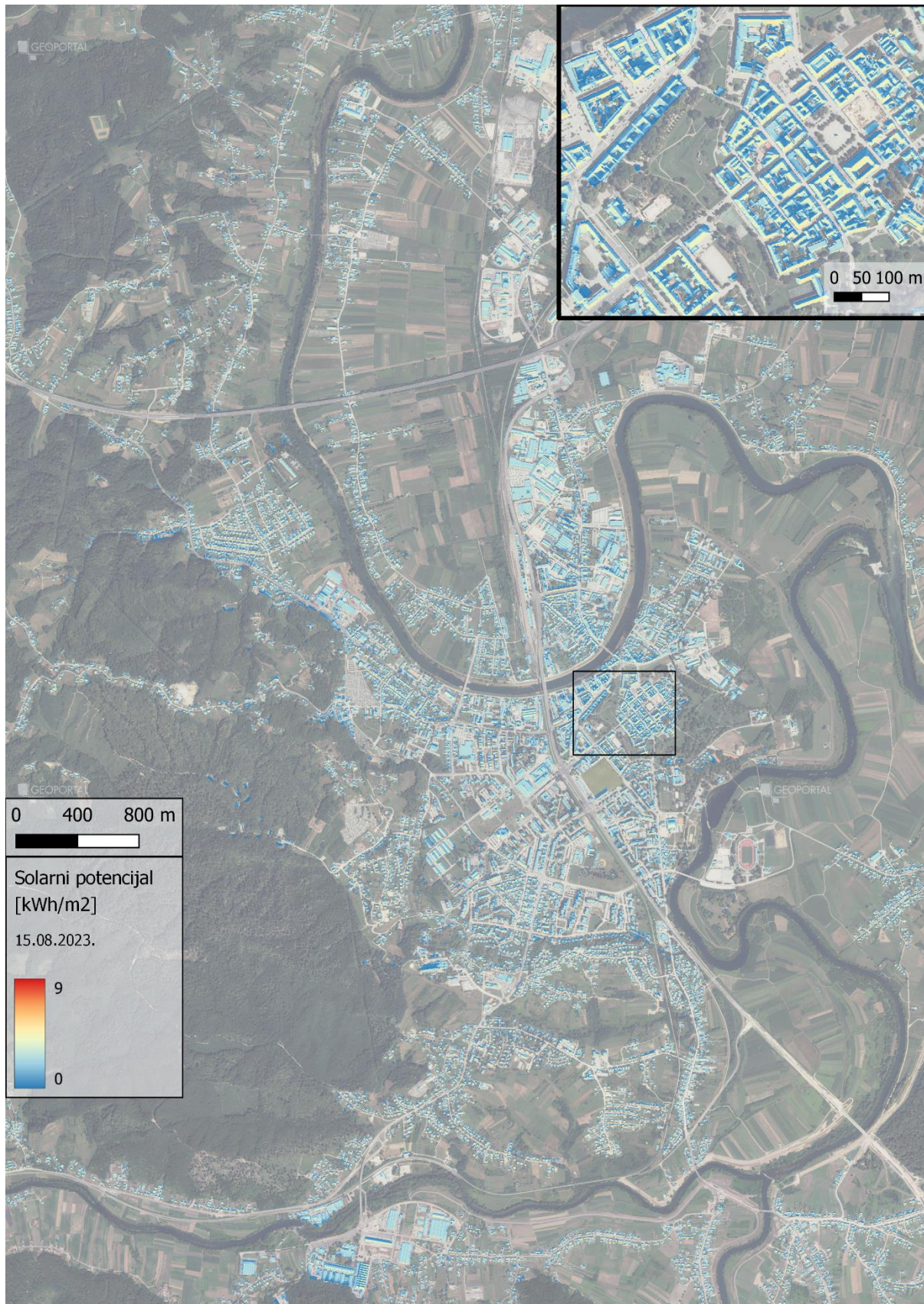
15. 05.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
GRASS	0,59	8,65	6,84	7,39	1,65
SAGA	0,00	8,89	6,80	7,41	1,87



Slika 3.10 Statistički podatci za 15. svibnja 2023.



Slika 3.11 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću GRASS GIS-a za 15. studenog 2023.

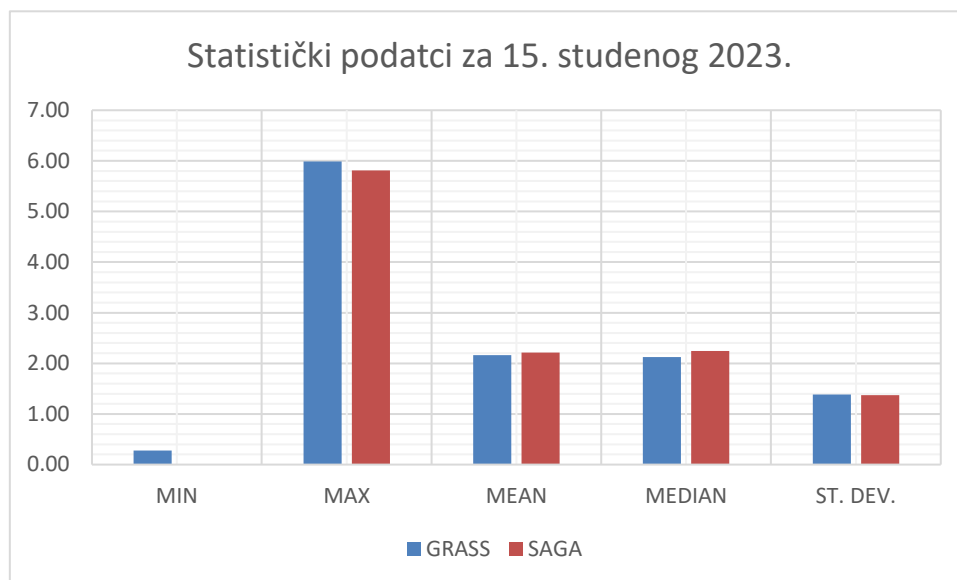


Slika 3.12 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću SAGA GIS-a za 15. studenog 2023.



Tablica 3.5 Statistički podatci za 15. studenog 2023.

15.11.	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
GRASS	0,28	5,99	2,17	2,12	1,38
SAGA	0,00	5,81	2,21	2,24	1,37

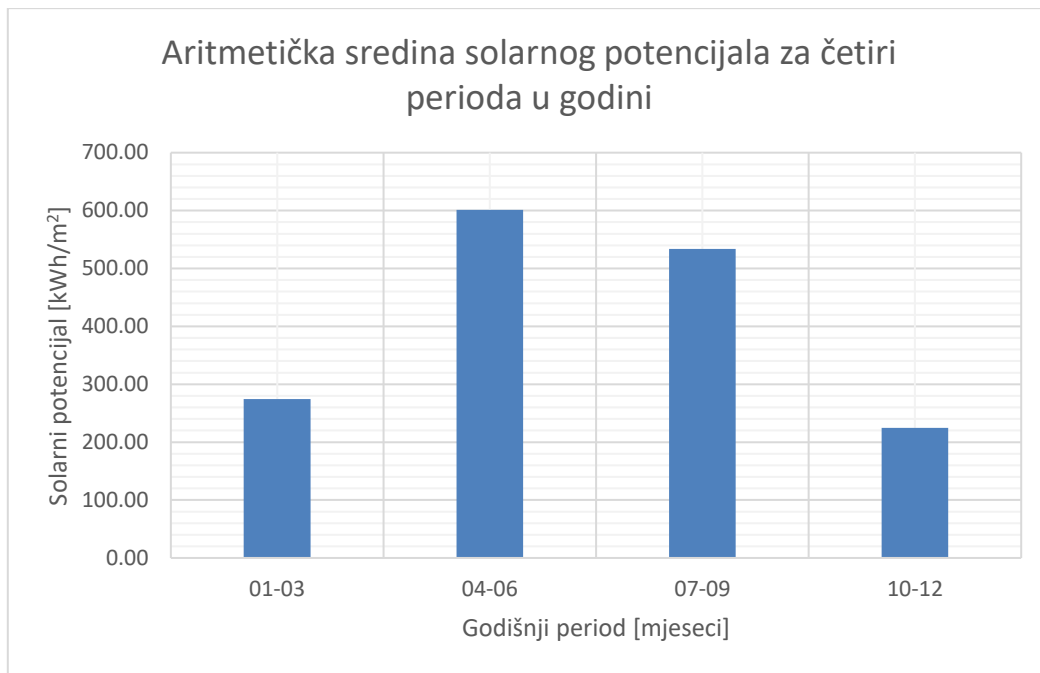


Slika 3.13 Statistički podatci za 15. studenog 2023.

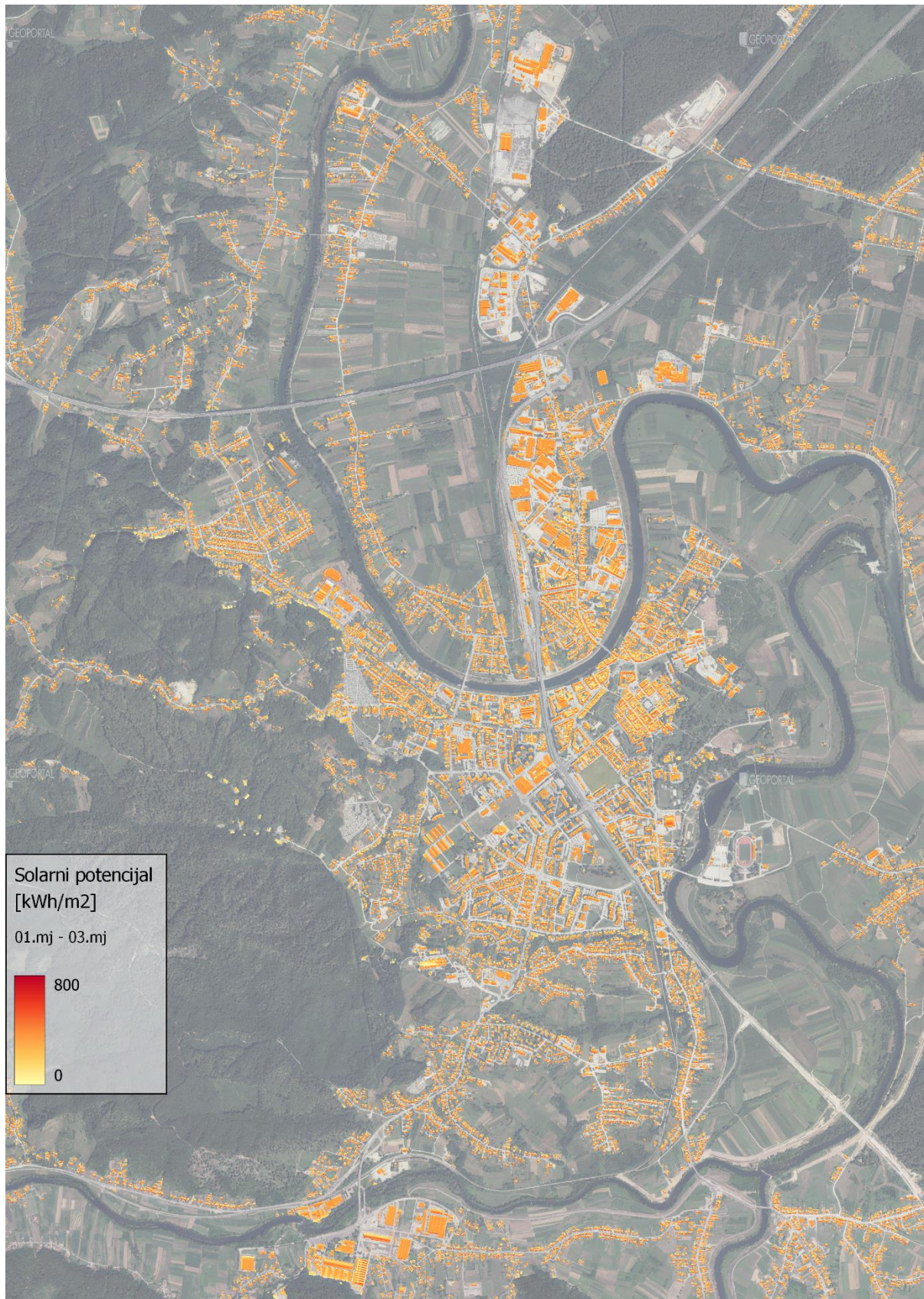
U daljnjoj analizi korišten je SAGA GIS jer omogućuje analizu solarnog potencijala za veći vremenski period od jednog dana. Izračunat je solarni potencijal za četiri perioda u godini. Vrijeme obrade jednog perioda bilo je oko tri dana. Svaki period obuhvaća tri mjeseca u godini. Tako imamo podatke za ukupan solarni potencijal krovova od 1.1.2023. do 31.3.2023. (Slika 3.15), zatim od 1.4.2023. do 30.6.2023. (Slika 3.16), od 1.7.2023. do 30.9.2023. (Slika 3.17) i od 1.10.2023. do 31.12.2023. (Slika 3.18). Kako bi se lakše uvidjela ovisnost količine solarnog potencijala o godišnjem dobu, izračunati su i statistički podatci. Tablica 3.6 prikazuje statističke vrijednosti za svaki pojedini period, a Slika 3.14 aritmetičku sredinu solarnog potencijala ovisno o godišnjem dobu.

Tablica 3.6 Statističke vrijednosti solarnog potencijala za četiri perioda u godini

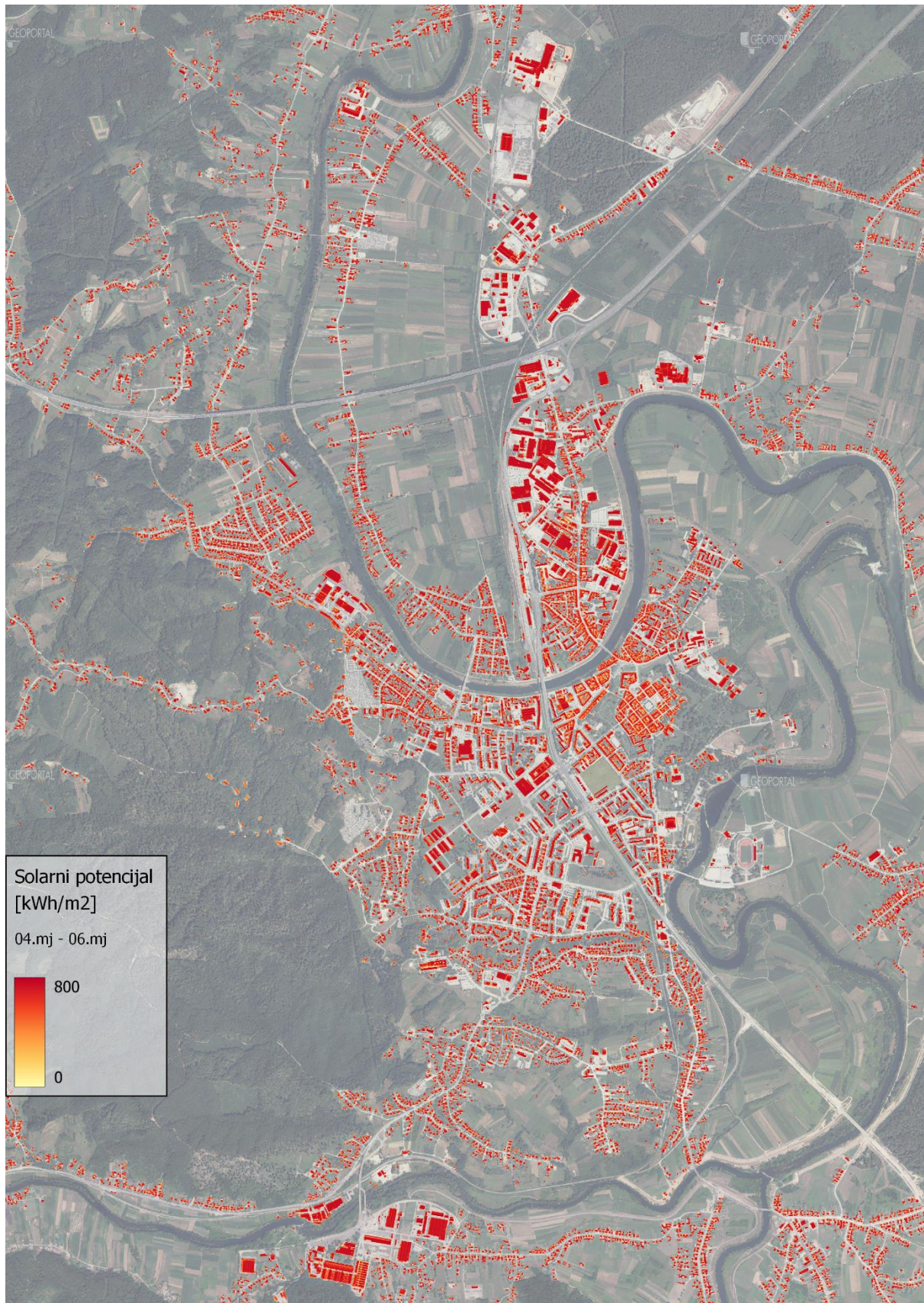
MJESECI	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
01-03	0,00	572,09	274,44	292,50	133,93
04-06	0,04	791,41	601,13	653,11	165,44
07-09	0,00	754,75	533,77	600,38	191,08
10-12	0,00	542,15	224,60	231,87	125,55



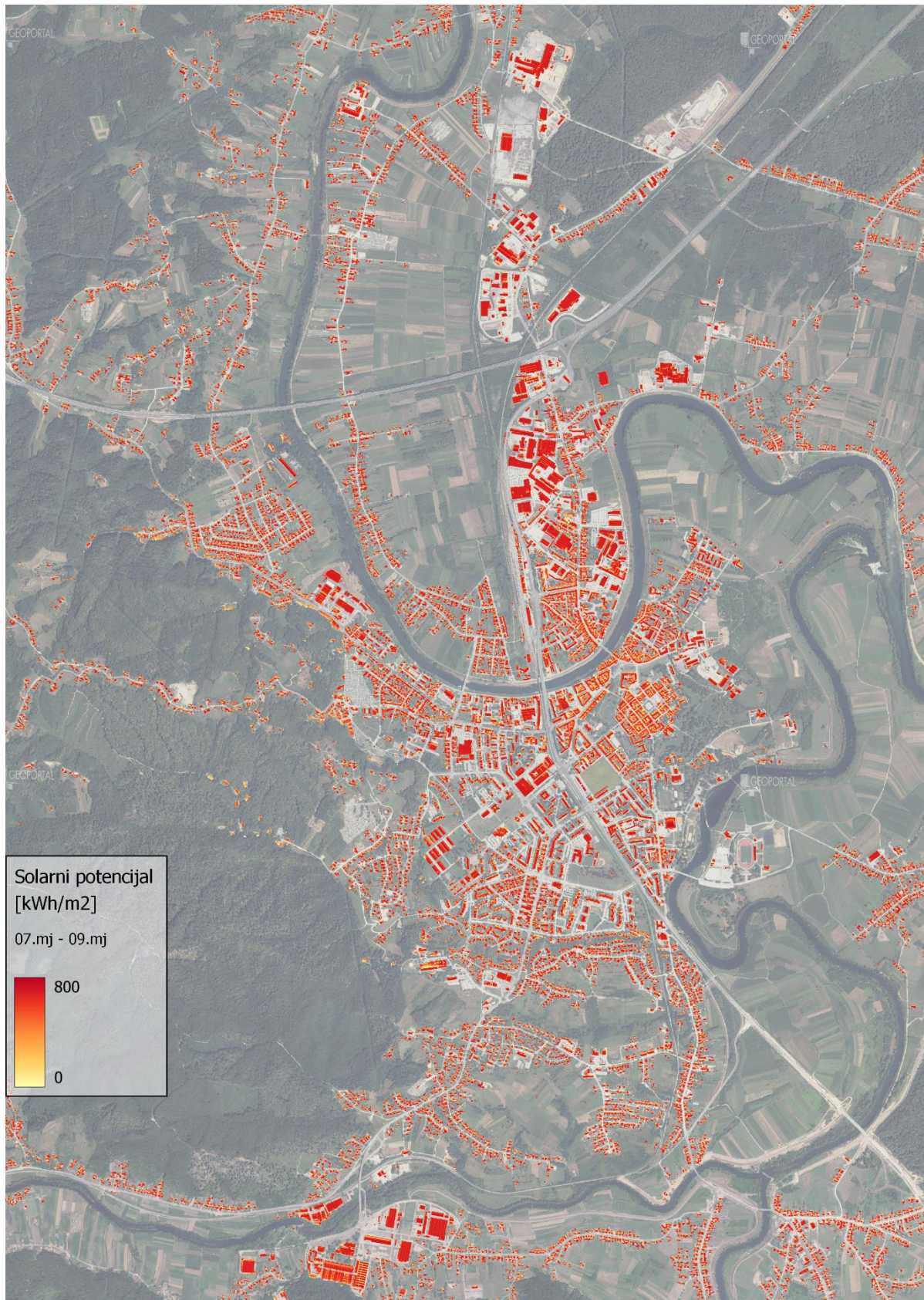
Slika 3.14 Aritmetička sredina solarnog potencijala za četiri perioda u godini



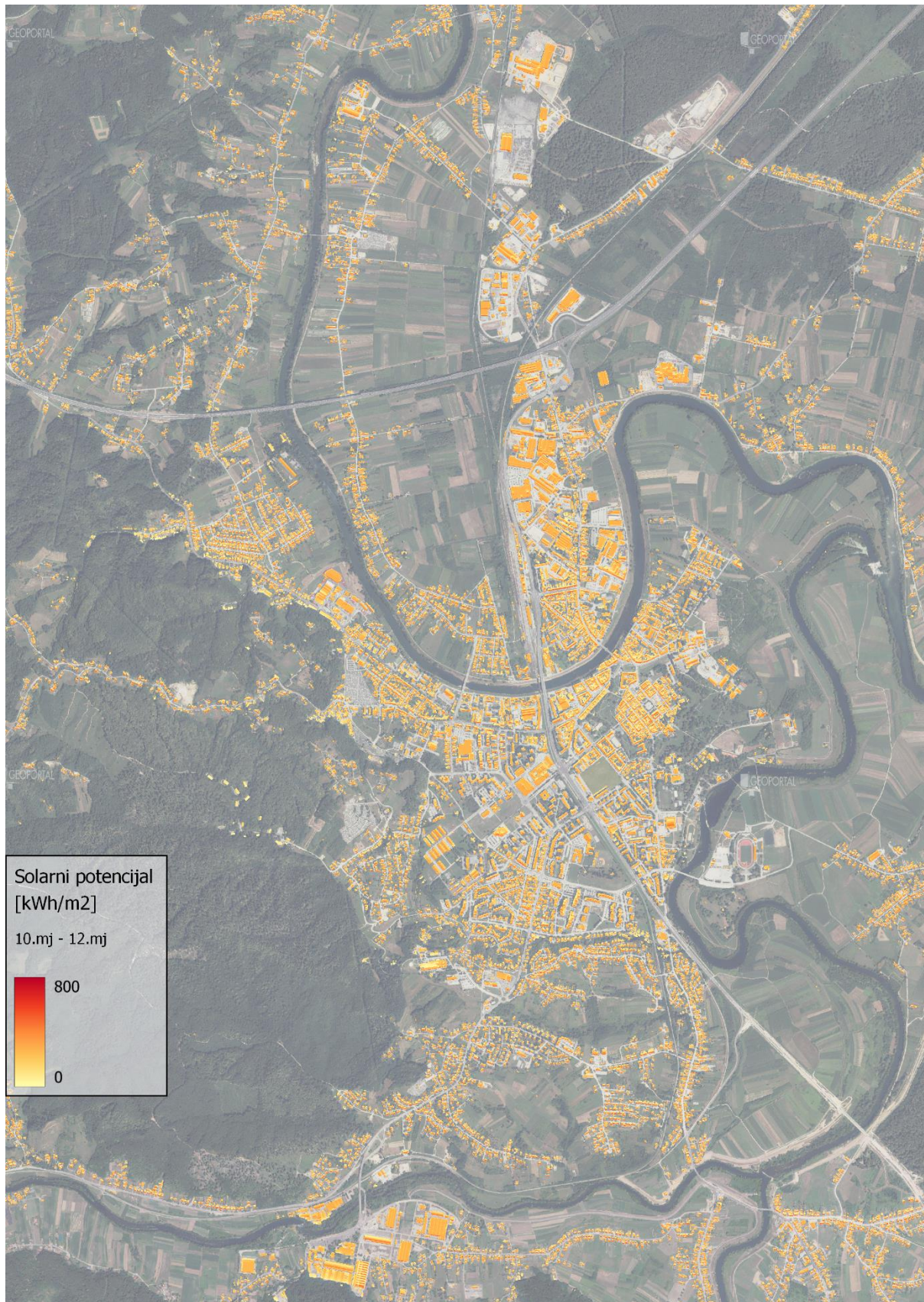
Slika 3.15 Vrijednosti solarnog potencijala krovova za period od prvog do trećeg mjeseca



Slika 3.16 Vrijednosti solarnog potencijala krovova za period od četvrtog do šestog mjeseca



Slika 3.17 Vrijednosti solarnog potencijala krovova za period od sedmog do devetog mjeseca

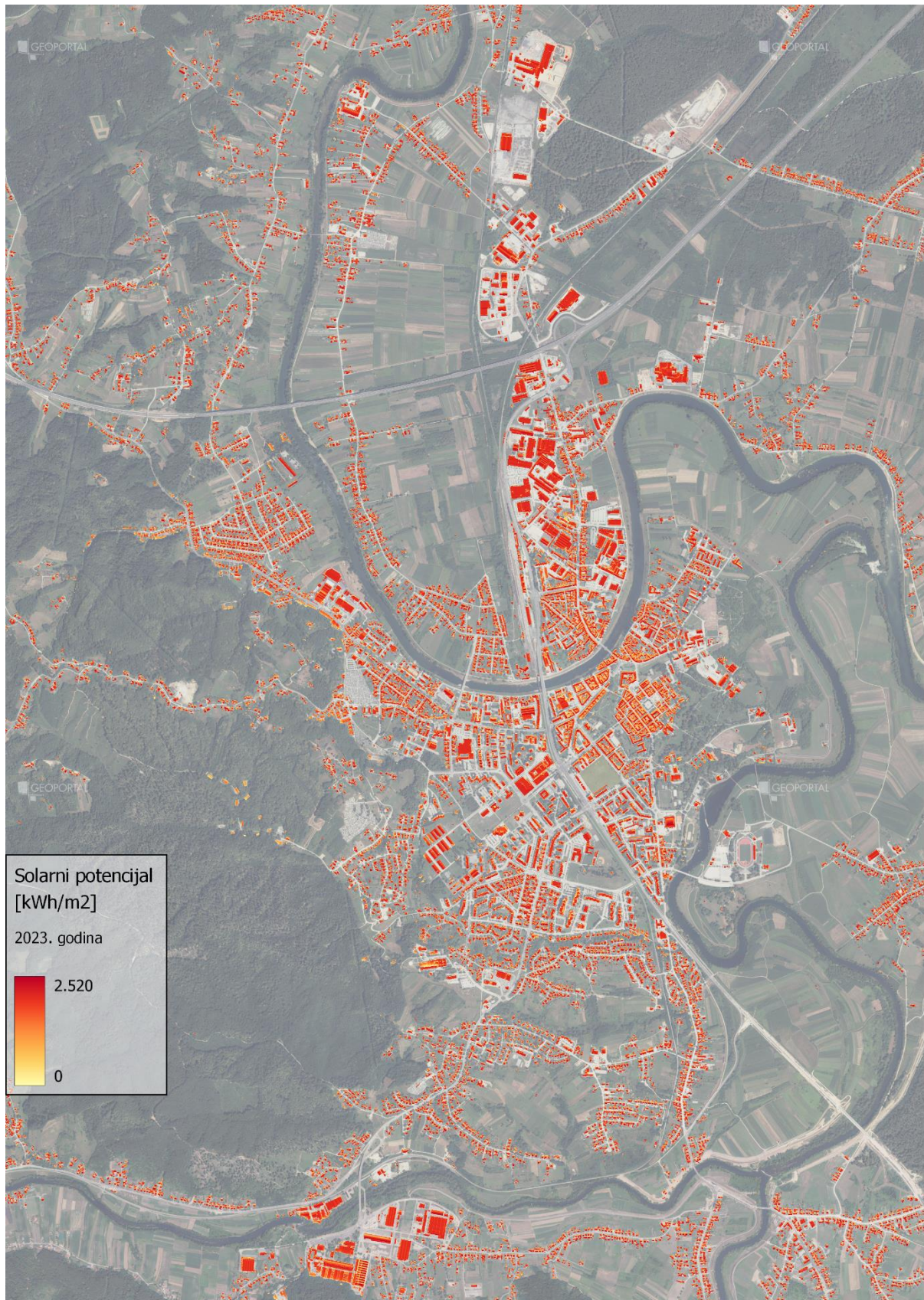


Slika 3.18 Vrijednosti solarnog potencijala krovova za period od desetog do dvanaestog mjeseca

SAGA GIS je omogućio i izračun ukupnog solarnog potencijala za 2023. godinu. Slika 3.19 prikazuje godišnji solarni potencijal krovova, a Tablica 3.7 statističke vrijednosti za navedeni potencijal.

*Tablica 3.7 Statističke vrijednosti solarnog potencijala za 2023. godinu*

GODINA	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
2023	0,09	2521,53	1633,94	1795,51	567,41

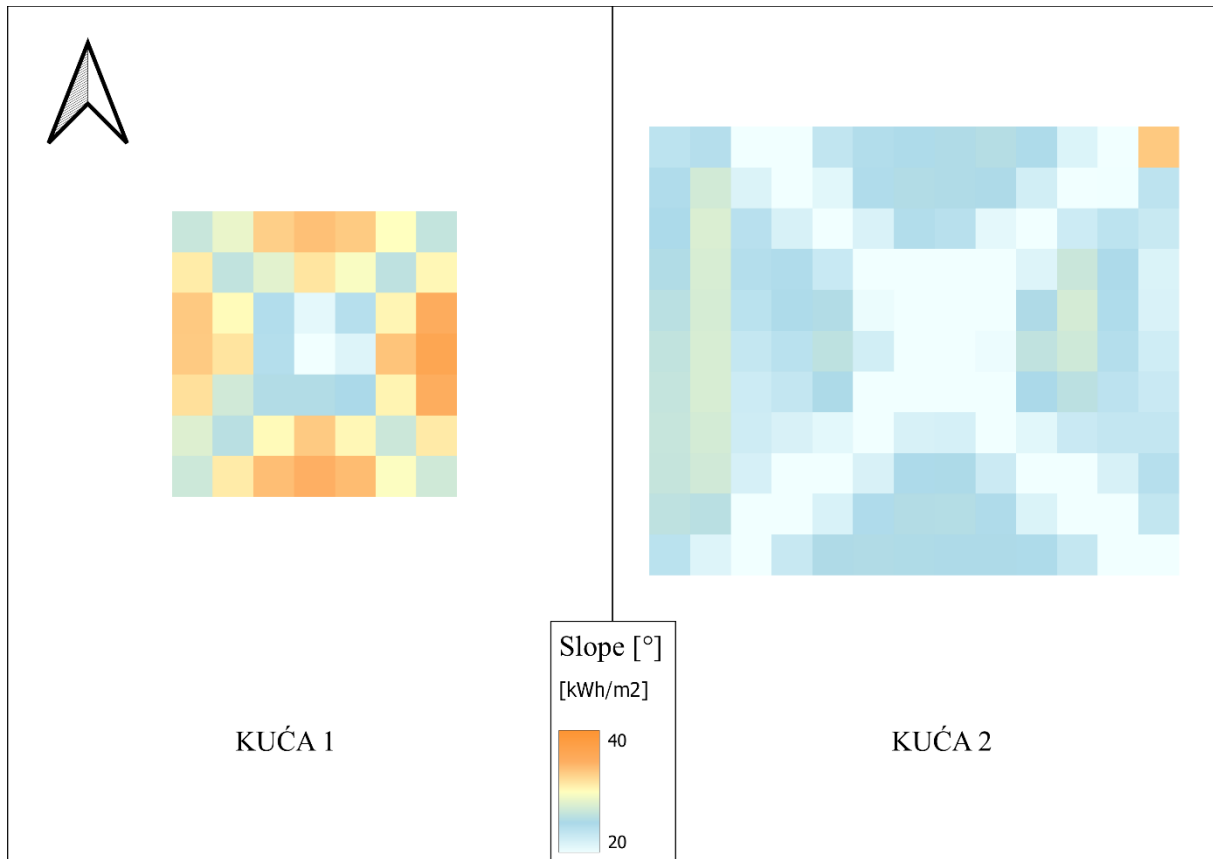


Slika 3.19 Ukupne vrijednosti solarnog potencijala krovova za 2023. godinu

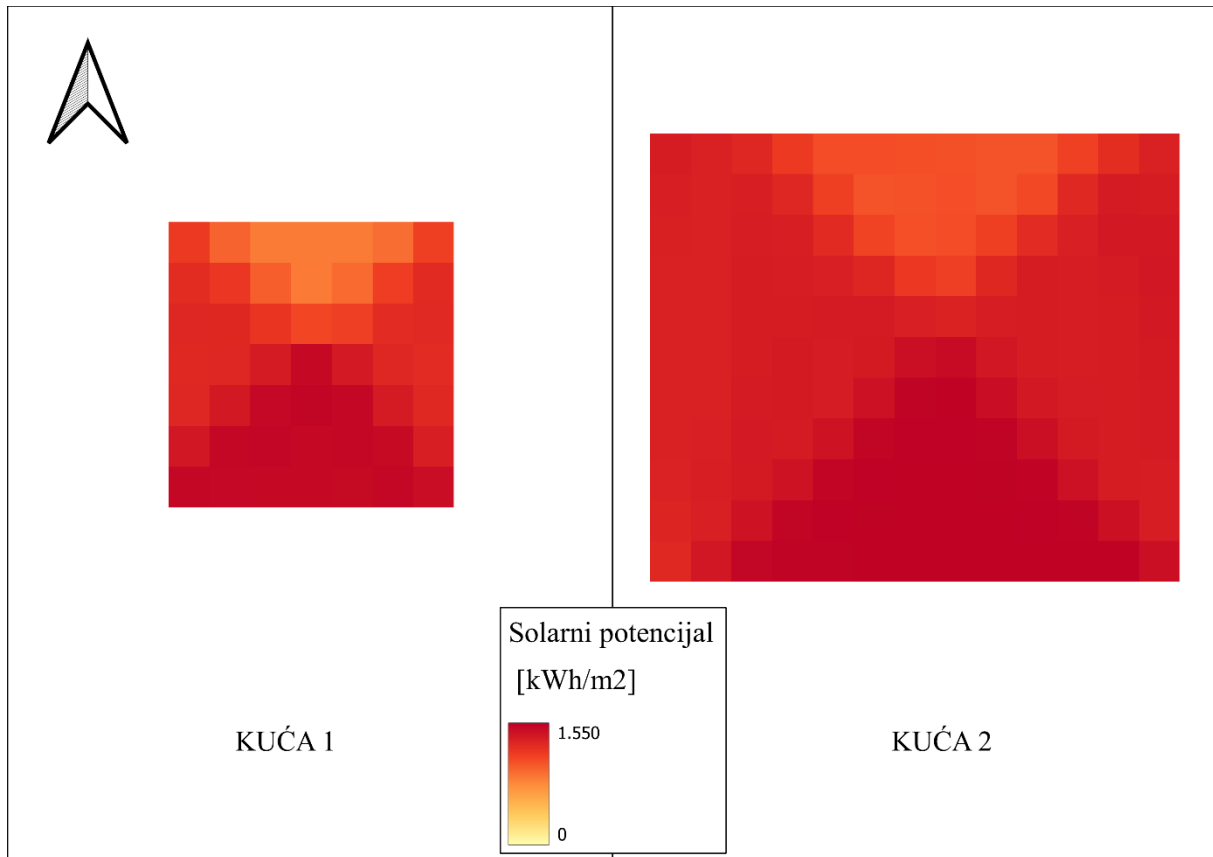


Nadalje, proučio se utjecaj nagiba i orijentacije krova na količinu solarnog potencijala krova. Prvo je analiziran utjecaj nagiba, gledajući krovove približno jednake orijentacije. Zatim je analiziran utjecaj orijentacije, uz jednake ili približno jednake nagibe.

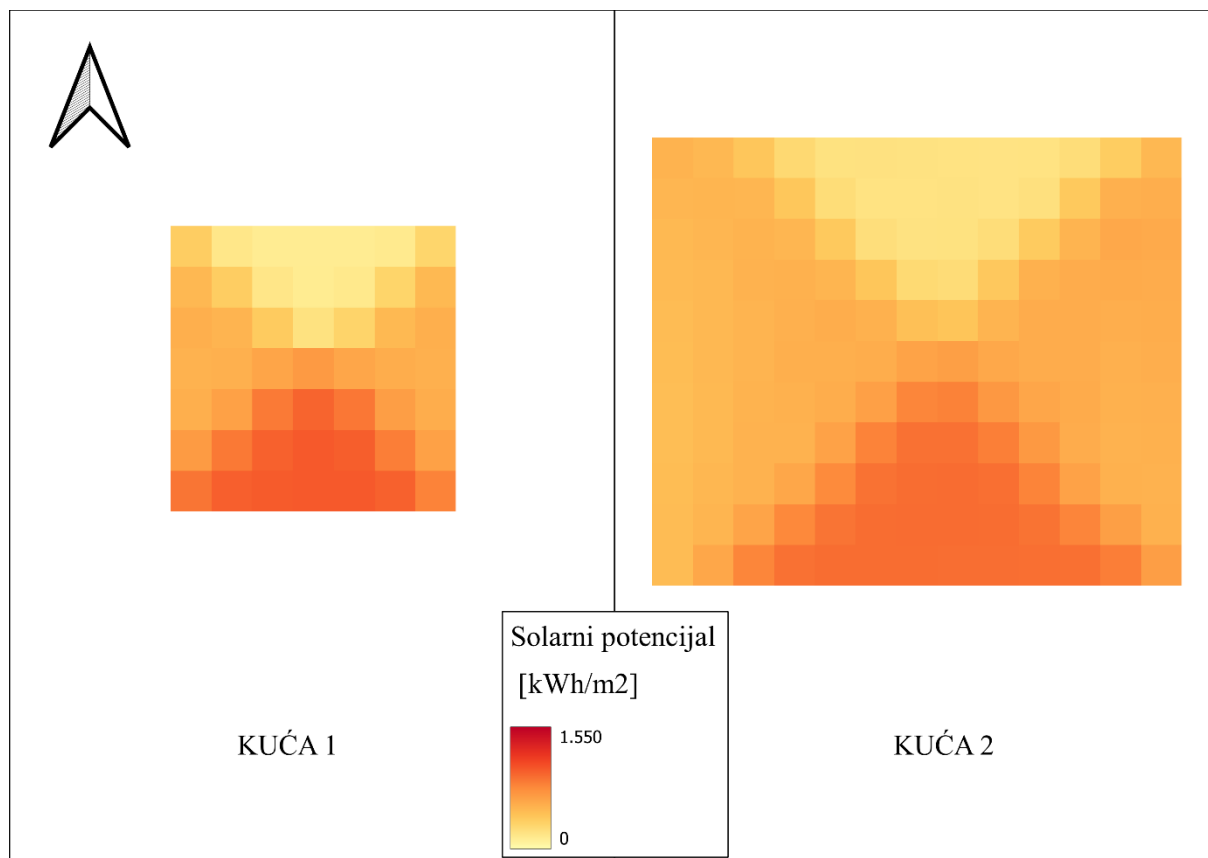
Odabrane su dvije kuće s jednakim oblikom i orijentacijom krova, ali različitim nagibom, kao što prikazuje Slika 3.20. Svaki krov ima nagib na četiri strane: sjever, jug, istok i zapad. Izračunata je prosječna vrijednost za nagib te za jedan krov iznosi  $29,14^\circ$  (kuća 1), a za drugi  $22,64^\circ$  (kuća 2). Rezultati o solarnom potencijalu podijeljeni su u ljetni i zimski period. Količinu solarnog potencijala za analizirane krovove za ljetni period prikazuje Slika 3.21, a za zimski Slika 3.22. Navedeno se usporedilo s ukupnim vrijednostima za cijelu 2023. godinu. Ukupni solarni potencijal za 2023. godinu za konkretne krovove prikazuje Slika 3.23. Izračunate su vrijednosti: minimum, maksimum, aritmetička sredina, medijan i standardna devijacija. Navedene vrijednosti za ljetni period prikazuje Tablica 3.8, za zimski Tablica 3.9, a za 2023. godinu Tablica 3.10.



Slika 3.20 Vrijednosti nagiba za krovove



Slika 3.21 Ljetni prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova



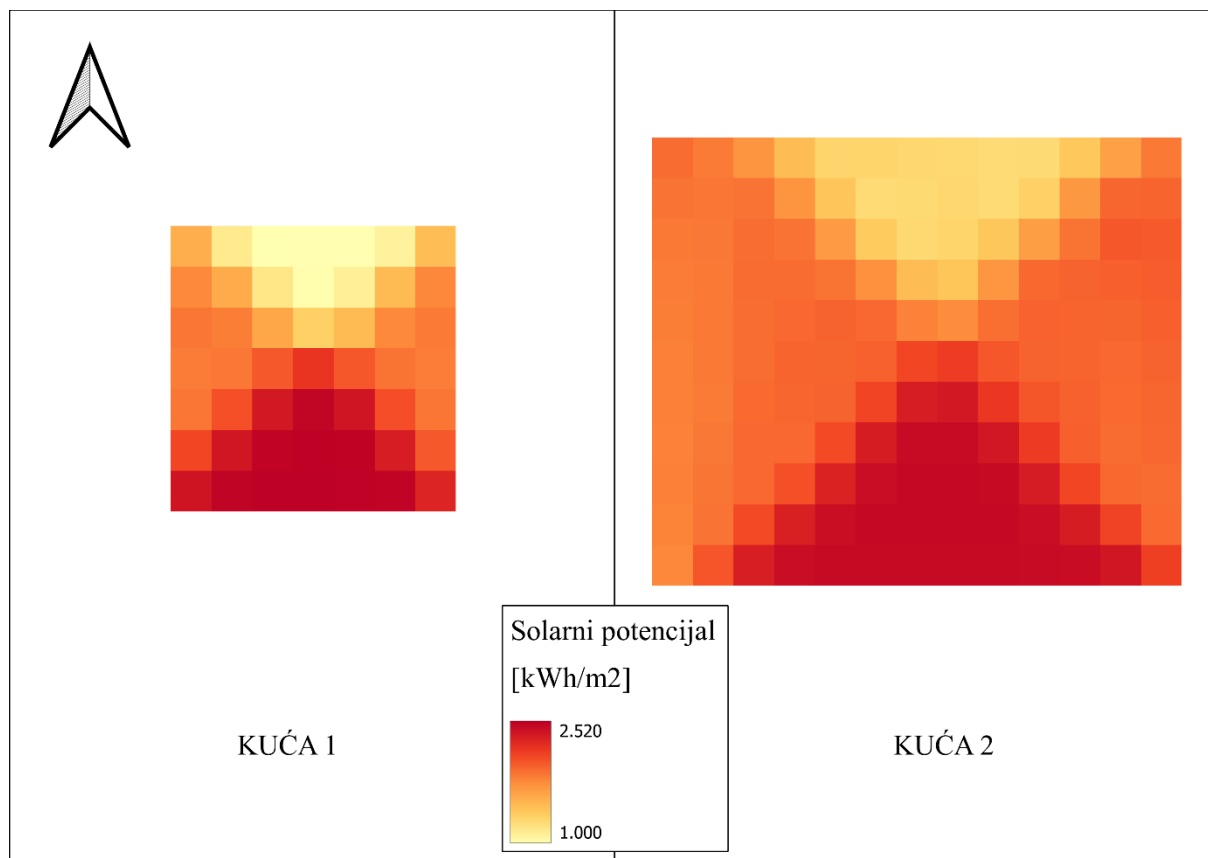
Slika 3.22 Zimski prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova

Tablica 3.8 Statističke vrijednosti za ljetni period

LJETO	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
KUĆA 1	861,69	1522,56	1292,07	1302,66	203,74
KUĆA 2	1055,82	1539,22	1365,70	1370,93	129,84

Tablica 3.9 Statističke vrijednosti za zimski period

ZIMA	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
KUĆA 1	144,42	1021,85	593,17	568,87	285,40
KUĆA 2	214,93	933,95	575,99	558,47	200,70



Slika 3.23 Godišnji prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova

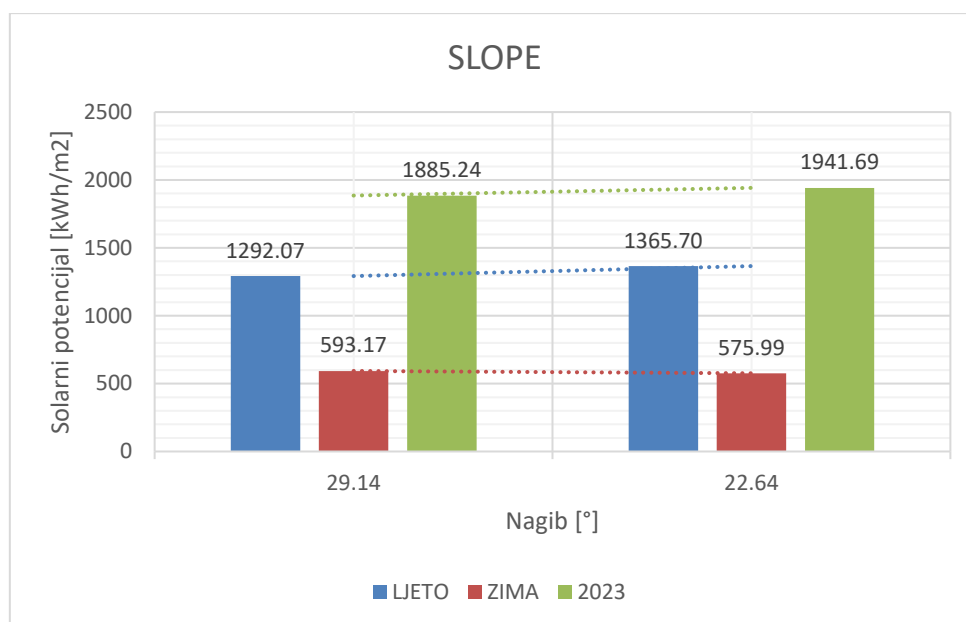
Tablica 3.10 Statističke vrijednosti za 2023. godinu

2023	MIN	MAX	MEAN	MEDIAN	ST. DEV.
KUĆA 1	1006,18	2517,09	1885,24	1872,87	483,49
KUĆA 2	1271,68	2468,61	1941,69	1935,41	327,62

Kako bi se uočio utjecaj nagiba na solarni potencijal općenito i ovisno o godišnjem dobu, usporedile su se srednje vrijednosti za nagib sa srednjom vrijednosti solarnog potencijala za ljetni, odnosno zimski period, kao i za cijelu 2023. godinu. Navedene srednje vrijednosti za dva odabrana krova prikazuje Tablica 3.11 i Slika 3.24.

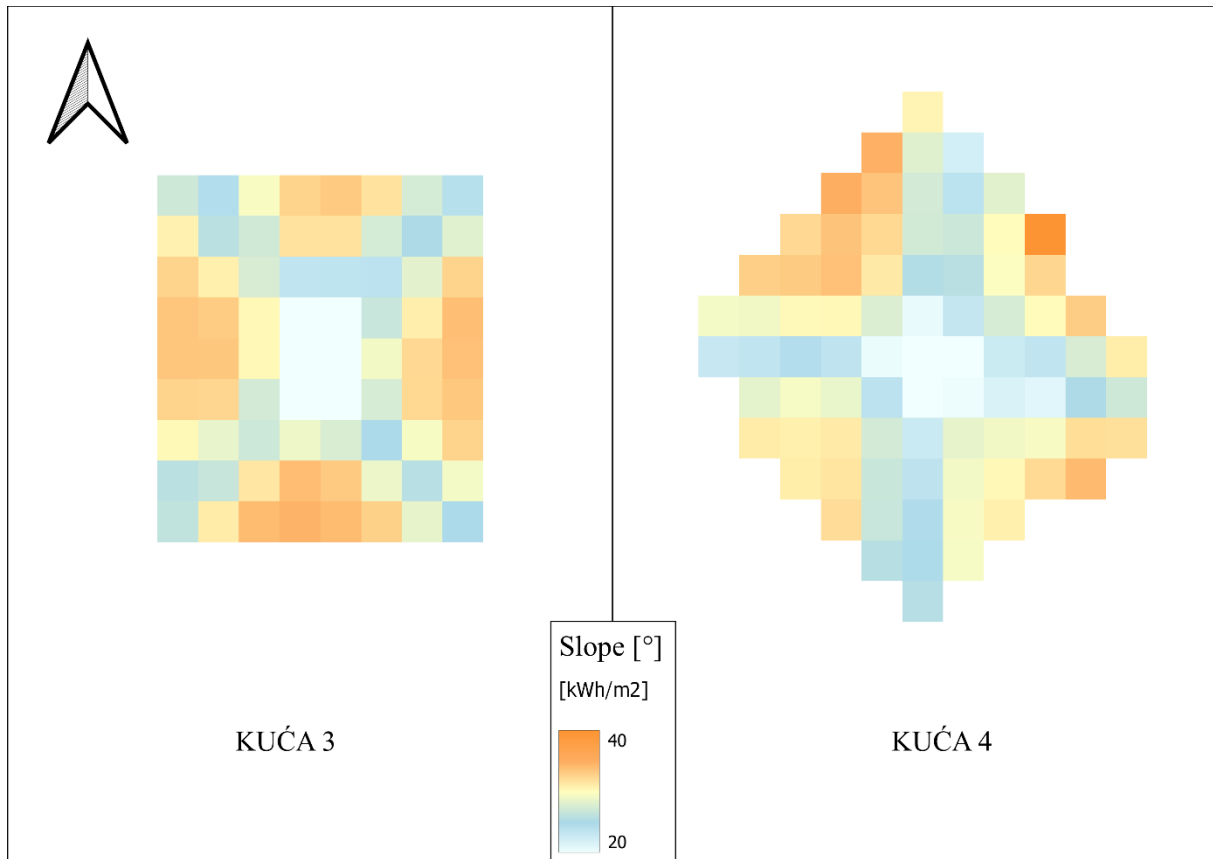
Tablica 3.11 Usporedba odnosa nagiba i solarnog potencijala

	KUĆA1	KUĆA2
NAGIB	29,14	22,64
LJETO	1292,07	1365,70
ZIMA	593,17	575,99
2023	1885,24	1941,69

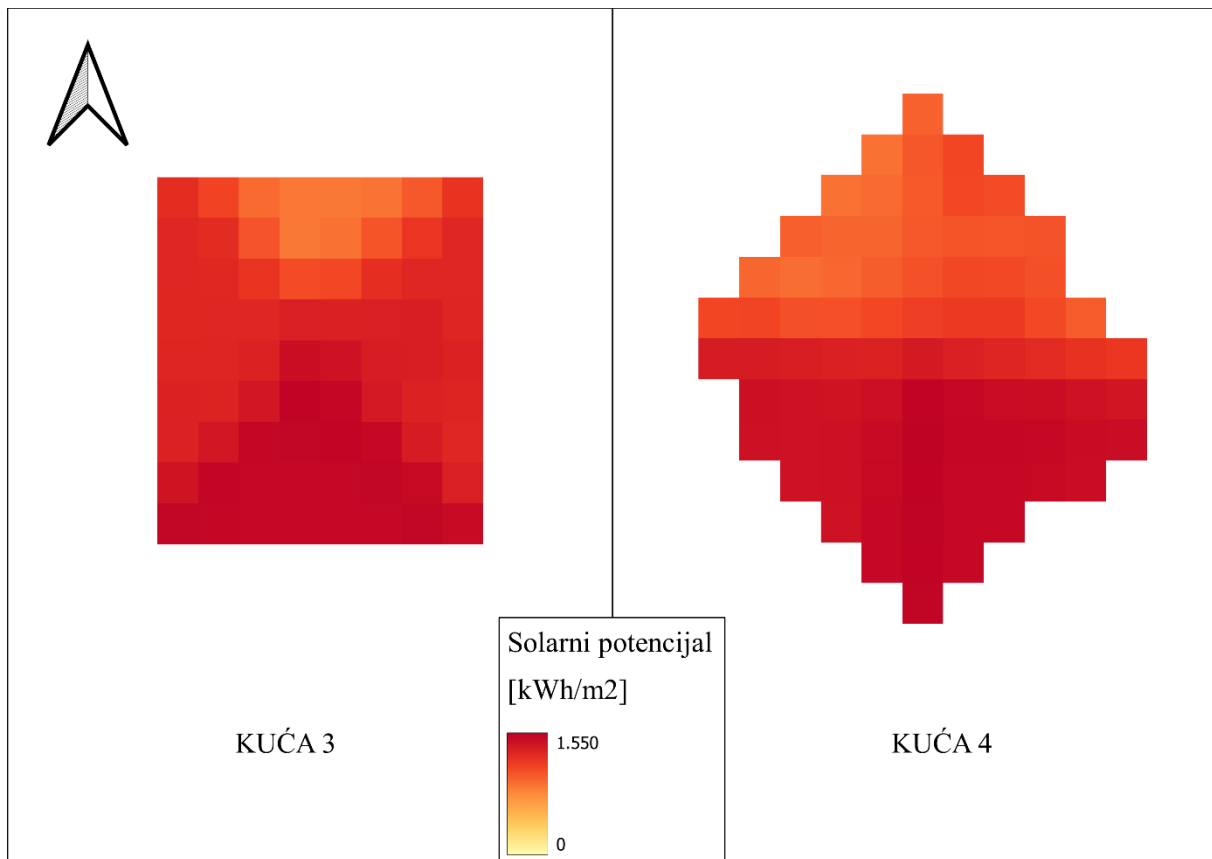


Slika 3.24 Usporedba odnosa nagiba i solarnog potencijala

Kako bi se uočio utjecaj orijentacije na količinu solarnog potencijala analizirana su dva krova približno istog nagiba, ali različite orijentacije, kao što prikazuje Slika 3.25. Krovovi su, kao i u prethodnom slučaju, orijentirani prema četiri strane svijeta. Tako je krov na kući 3 orijentiran u smjerovima: sjever, jug, istok i zapad, a njegov nagib iznosi 28,59°. Krov na kući 4 orijentiran je u smjerovima: sjeverozapad, sjeveroistok, jugoistok i jugozapad, a njegov je nagib 27,86°. Kao i u prethodnoj analizi, razlikujemo rezultate za ljetni i zimski period. Količinu solarnog potencijala za analizirane krovove za ljetni period prikazuje Slika 3.26, a za zimski Slika 3.27. Navedeno se usporedilo s ukupnim vrijednostima za cijelu 2023. godinu. Ukupni solarni potencijal za konkretne krovove prikazuje Slika 3.28. Izračunate su vrijednosti: minimum, maksimum, aritmetička sredina, medijan i standardna devijacija. Navedene vrijednosti za ljetni period prikazuje Tablica 3.12, za zimski Tablica 3.13, a za 2023. godinu Tablica 3.14.

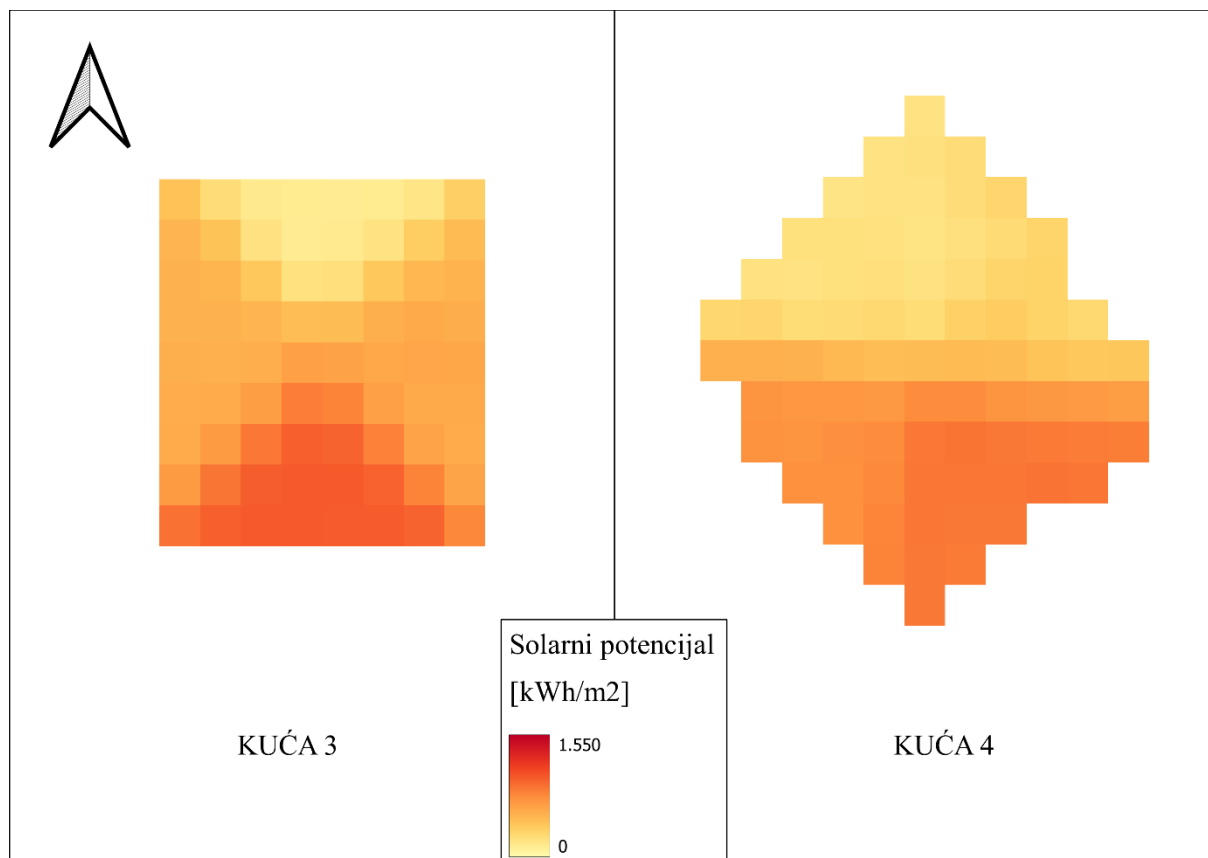


Slika 3.25 Vrijednosti nagiba za krovove



Slika 3.26 Ljetni prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova





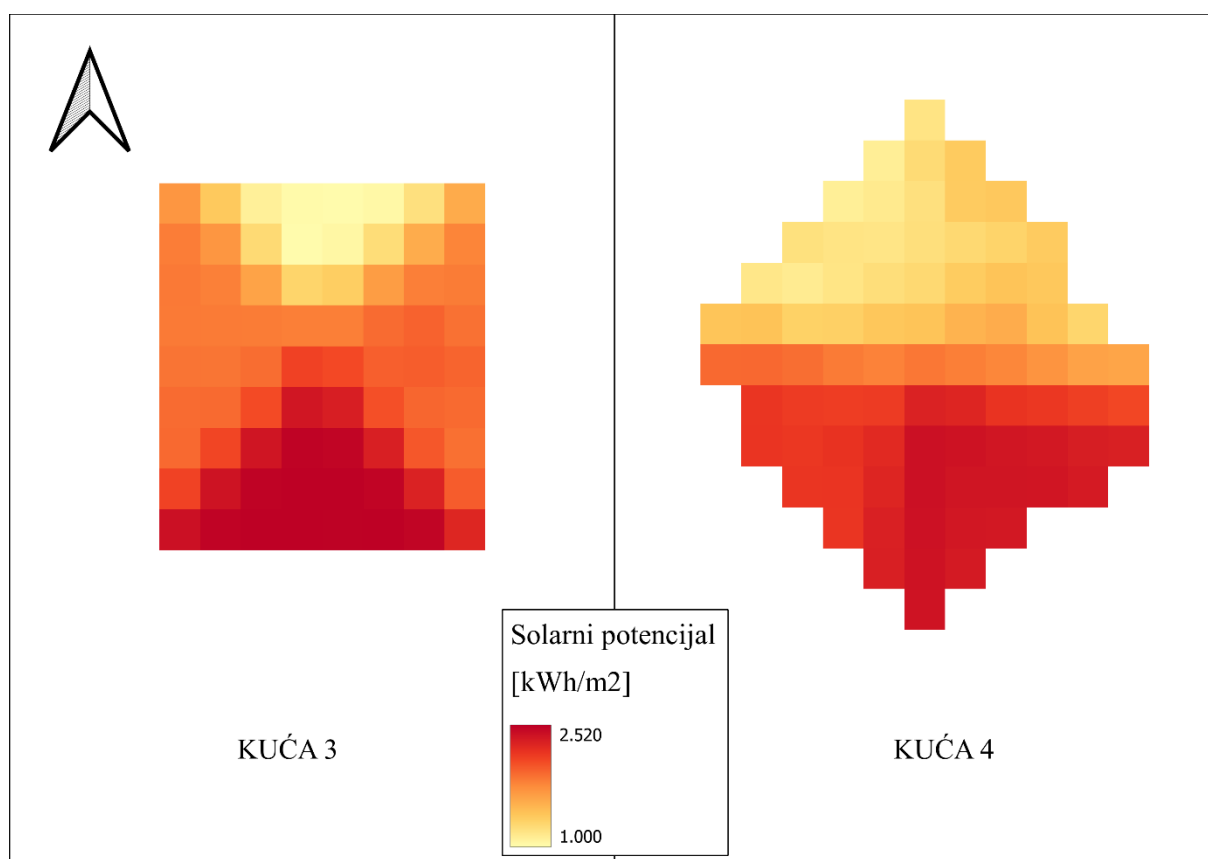
Slika 3.27 Zimski prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova

Tablica 3.12 Statističke vrijednosti za ljetni period

LJETO	KUĆA 3				KUĆA 4			
	S	J	I	Z	SZ	SI	Jl	JZ
MIN	877,19	1478,67	1299,80	1294,93	910,62	1015,14	1414,59	1340,04
MAX	1350,29	1526,74	1438,97	1461,62	1384,06	1390,60	1533,26	1536,45
MEAN	1098,25	1504,95	1342,57	1340,61	1045,48	1158,37	1490,22	1444,13
MEDIAN	1102,53	1504,93	1342,77	1320,61	1019,22	1113,68	1497,80	1439,79
ST. DEV.	157,66	11,51	36,45	50,64	118,96	105,98	29,09	52,13

Tablica 3.13 Statističke vrijednosti za zimski period

ZIMA	KUĆA 3				KUĆA 4			
ORIJENTACIJA	S	J	I	Z	SZ	SI	JI	JZ
MIN	150,82	803,59	501,83	530,50	207,50	236,67	680,96	506,06
MAX	485,89	1021,53	657,54	693,30	484,25	615,96	899,74	882,51
MEAN	287,12	942,05	598,44	591,26	264,61	358,71	841,64	720,83
MEDIAN	237,98	977,59	606,94	573,91	239,74	335,30	878,02	750,02
ST. DEV.	121,70	78,62	43,37	54,94	73,47	94,51	70,98	97,44



Slika 3.28 Godišnji prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova

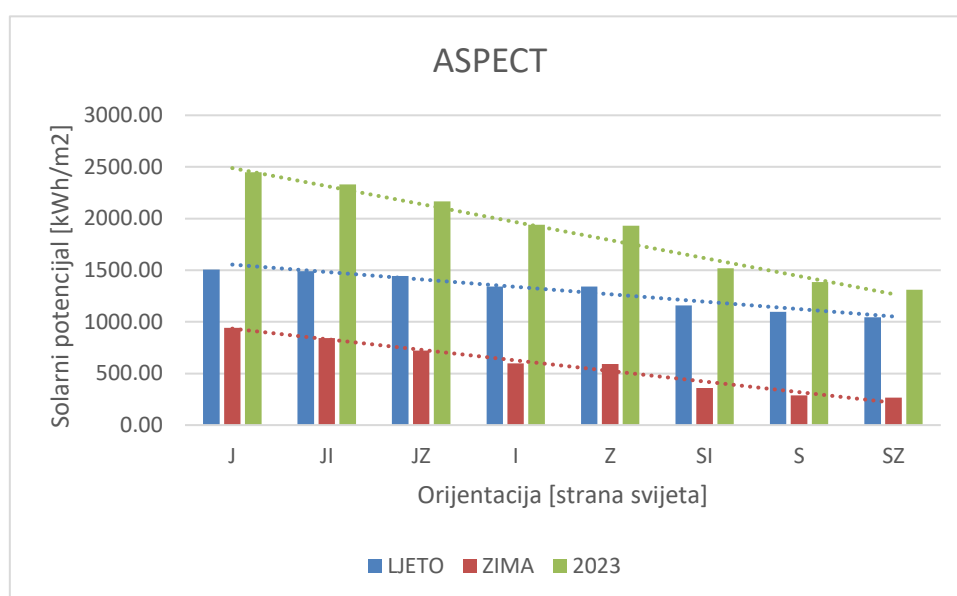
Tablica 3.14 Statističke vrijednosti na godišnjoj razini

2023	KUĆA 3				KUĆA 4			
ORIJENTACIJA	S	J	I	Z	SZ	SI	JI	JZ
MIN	1029,30	2282,26	1802,14	1825,44	1118,11	1285,71	2095,55	1846,09
MAX	1829,41	2518,54	2085,07	2121,74	1868,31	2006,56	2419,43	2418,96
MEAN	1385,37	2447,00	1941,00	1931,86	1310,09	1517,08	2331,86	2164,96
MEDIAN	1340,51	2495,05	1946,05	1896,20	1239,26	1429,29	2370,06	2188,48
ST. DEV.	277,20	80,88	74,84	103,84	189,41	196,42	94,84	147,59

Kako bi se uočio utjecaj orijentacije na solarni potencijal općenito i ovisno o godišnjem dobu, usporedile su se srednje vrijednosti za svaku pojedinu orijentaciju sa srednjom vrijednosti solarnog potencijala za ljetni, odnosno zimski period, kao i za cijelu 2023. godinu. Navedene srednje vrijednosti za dva odabrana krova prikazuje Tablica 3.15 i Slika 3.29.

Tablica 3.15 Usporedba odnosa orijentacije i solarnog potencijala

ORIJENTACIJA	KUĆA 3				KUĆA 4			
	S	J	I	Z	SZ	SI	Jl	JZ
LJETO	1098,25	1504,95	1342,57	1340,61	1045,48	1158,37	1490,22	1444,13
ZIMA	287,12	942,05	598,44	591,26	264,61	358,71	841,64	720,83
2023	1385,37	2447,00	1941,00	1931,86	1310,09	1517,08	2331,86	2164,96



Slika 3.29 Usporedba odnosa orijentacije i solarnog potencijala

## 4. RASPRAVA

Naoko je vidljivo kako je prikaz dobiven SAGA GIS-om općenito malo, ali ne značajno, tamniji od onog dobivenog GRASS GIS-om. Tako je i za očekivati kako su vrijednosti solarnog potencijala SAGA GIS-a više, u odnosu na GRASS GIS. Međutim, sami odnosi među solarnim potencijalima krovova unutar istog rastera izgledaju podjednako kod oba rezultata. Njihov odnos možemo preciznije utvrditi iz rastera razlike GRASS i SAGA. Negativan rezultat je ondje gdje SAGA ima veće vrijednosti od GRASS-a te je vidljivo da one prevladavaju na svim ravninama krovova. Pozitivan je rezultat ondje gdje su vrijednosti GRASS-a veće, a to je vidljivo na rubnim dijelovima krovova. Prevladavanje plave boje potvrđuje kako prikaz dobiven SAGA GIS-om daje malo veće vrijednosti solarnog potencijala. Kako bi se preciznije utvrdila razlika među rasterima, izračunate su statističke vrijednosti minimum, maksimum, aritmetička sredina, medijan i standardna devijacija (Tablica 3.1). Uviđa se kako je minimalni podatak dobiven GRASS GIS-om 0,55, a SAGA GIS-om 0,00. Maksimalni je podatak 8,25, odnosno 8,39. Aritmetička sredina je jednaka za oba načina te iznosi 6,21. Medijani su redom 6,76 i 6,77 i standardne devijacije redom 1,68 i 1,82. Iz toga se već može uočiti bliskost podataka dobivenih dvama načinima. Iz rastera razlike istaknuti su aritmetička sredina koja iznosi 0,01 te medijan koji iznosi -0,09. Obje su vrijednosti vrlo bliske nuli, što ukazuje da, iako postoji, razlika među dvama procesima je vrlo mala.

Međutim, vrijednosti razlike nisu svugdje iste. Proučena su pobliže tri krova te razlika rastera konkretno u njihovom slučaju. Slika 3.4 prikazuje krovove odabrane za pobližu analizu. Proučava se 5 slučajeva: sjeverno, južno, istočno i zapadno orijentirani krov, te ravni krov. Tablica 3.2 prikazuje statističke vrijednosti odvojeno za svaki slučaj. Na sva tri krova može se uočiti kako su rubne vrijednosti pozitivne te pretežno između 0 i 1. Unutrašnjost krovova je pretežno između 0 i -1. Vizualno je vidljivo kako sjeverna strana ima tamniju nijansu plave u odnosu na južnu. Vrijednosti razlike solarnog potencijala bliže su nuli na južnoj strani. U ovome slučaju, to najbolje prikazuje medijan koji za sjevernu stranu iznosi -0,34, a za južnu -0,07. Prema tome, dva načina računanja potencijala se vrlo malo razlikuju za prikaz južne strane krova, te se više razlikuju pri prikazu sjeverne strane. Istočna i zapadna strana krova su naizgled podjednake. Nijansa plave je tamnija od one na južnoj strani, ali svjetlija od one na sjevernoj strani. To potvrđuje i njihov medijan koji iznosi -0,21 za zapadni, te -0,23 za istočni dio krova. Iz njega je također vidljivo kako su razlike podjednake za istočnu i zapadnu orijentaciju. Razlike su najveće na rubovima krovova, neovisno o orijentaciji. Na ravnom krovu je vidljivo kako ima najveću razliku. To najbolje potvrđuju veći intenzitet plave te medijan koji najviše odstupa od nule i iznosi -0,37. Dakle, uočljivo je kako se GRASS i SAGA najviše razlikuju na ravnom krovu, a najmanje na južnoj strani dvostrešnog krova.

Izračunate su dnevne vrijednosti solarnog potencijala za još tri dana unutar različitih godišnjih doba. Prikazi su dobiveni, kao i u prethodnom slučaju, koristeći GRASS GIS i SAGA GIS. Budući da se u prethodnoj analizi zaključilo kako razlike među rezultatnim rasterima nisu vrlo velike, nadalje nisu računane. Različitost rezultata usporedila se vizualno te pomoću statističkih vrijednosti za svaki pojedini prikaz. Iz prikaza za 15. veljače (Slika 3.5 i Slika 3.6) uočava se prevladavanje plavih nijansi, odnosno nižih vrijednosti solarnog potencijala. Što nije čudno s obzirom da pripada zimskom godišnjem dobu. Vidljivo je kako se boje među dvama prikazima ne razlikuju gotovo nikako, što se poklapa s prethodnim slučajem za 15. kolovoza. Uočava se kako je minimalna vrijednost koristeći GRASS GIS 0,34, a SAGA GIS 0,00. Nadalje, maksimalne vrijednosti su redom 6,75 i 6,49, aritmetička sredina se razlikuje tek na drugoj

decimalni te iznosi 2,90 i 2,91, medijani su 3,00 i 3,09, a standardne devijacije 1,60 i 1,57. Navedene vrijednosti potvrđuju malu razliku među dvama metodama. Slika 3.8 prikazuje solarni potencijal dobiven pomoću GRASS GIS-a te je ponovno Slika 3.9, dobivena pomoću SAGA GIS-a, malo tamnijih nijansi, ali bez značajne razlike. Tablica 3.4 prikazuje minimum, maksimum, aritmetičku sredinu, medijan i standardnu devijaciju koje su za GRASS GIS redom: 0,59, 8,65, 6,84, 7,39, 1,65, a za SAGA GIS: 0,00, 8,89, 6,80, 7,41, 1,87. Zadnji prikaz su Slika 3.11 i Slika 3.12 među kojima se, kao ni u prethodnim, vizualno ne vidi velika razlika. Prikazuju dnevni solarni potencijal za 15. studenog. Tablica 3.5 prikazuje statističke vrijednosti koje su na dvama prikazima različite, ali približne. Tako je minimum na GRASS GIS-om dobivenom prikazu 0,28, a na SAGA GIS-om dobivenom prikazu 0,00. Maksimumi su 5,99 i 5,81. Aritmetička sredina je 2,17 te 2,21, a medijan 2,12 i 2,24. Standardne devijacije su 1,38 i 1,37. Iz svega navedenog uviđa se kako se prikazi ne razlikuju mnogo te ih se oba može smatrati vjerodostojnima. Međutim, jedna zamjetna razlika je vrijeme potrebno za izračun rezultata, gdje se SAGA GIS pokazao bržim. Kako SAGA GIS nudi mogućnost analize većeg vremenskog perioda od jednoga dana, odlučeno je da se njega dalje koristi.

Godina je podijeljena na četiri vremenska perioda te se može uvidjeti razlika u solarnom potencijalu među njima. Prvi period uključuje ukupan solarni potencijal siječnja, veljače i ožujka, drugi travnja, svibnja i lipnja, treći srpnja, kolovoza i rujna, a četvrti listopada, studenog i prosinca. U svom radu Huang i dr. (2015.) naveli su kako ukupna solarna radijacija značajno varira od siječnja do prosinca, s najvećom srednjom vrijednosti u srpnju te najmanjom srednjom vrijednosti u prosincu. Najviše vrijednosti solarnog potencijala postižu se u lipnju i srpnju, zatim nešto manje u svibnju i kolovozu, još manje u travnju i rujnu te padaju do siječnja i prosinca gdje su najniže (Ylmaz i dr., 2015.). Može se uočiti kako se Slika 3.16 i Slika 3.17 ne razlikuju mnogo. U oba slučaja prevladavaju tamne nijanse crvene boje, što predstavlja visoke vrijednosti solarnog potencijala. Međutim, uočljivo je kako su za period od četvrtog do šestog mjeseca ipak nešto tamnije nijanse tj. veće vrijednosti. To dokazuje i Tablica 3.6 gdje je vidljivo kako su za taj period postignuti veći maksimumi. Također su i srednje vrijednosti te medijan viši nego u periodu od sedmog do devetog mjeseca. Vrijednosti solarnog potencijala krovova za početni i završni dio godine prikazuju Slika 3.15 i Slika 3.18. U oba prikaza prevladavaju svjetlije nijanse žute i narančaste što znači da je iznos solarnog potencijala niži. U odnosu na središnje dijelove godine, iznos solarnog potencijala je značajno i uočljivo niži. U međusobnoj usporedbi, prikaz je perioda od prvog do trećeg mjeseca malo tamniji tj. vrijednosti su malo više. Statističke vrijednosti koje prikazuje Tablica 3.6 potvrđuju kako period od prvog do trećeg mjeseca postiže veći maksimum u odnosu na period od desetog do dvanaestog mjeseca. Također ima višu srednju vrijednost solarnog potencijala, kao i medijan. Kao što prikazuje i Slika 3.14 najveći solarni potencijal postignut je u drugom periodu, nešto manji u trećem periodu, zatim značajno manji u prvom periodu te još nešto manji u četvrtom periodu. Time je prikazano kako solarni potencijal značajno ovisi i o godišnjem dobu, što je bilo i za očekivati s obzirom da se tijekom godine mijenja i položaj sunca i duljina trajanja dana.

Iako postoji značajna razlika u godišnjim dobima, ukupan godišnji solarni potencijal dostiže visoke razine. Slika 3.19 ukazuje na to da pri analizi godišnjeg solarnog potencijala prevladava crvena boja, te žutu uviđamo tek na rubnim pozicijama. To potvrđuje i Tablica 3.7 iz koje je vidljivo kako na godišnjoj razini solarni potencijal krovova dostiže maksimum koji iznosi 2521,53 kWh/m<sup>2</sup>, a minimum 0,09 kWh/m<sup>2</sup>. Vrijednost je aritmetičke sredine 1633,94 kWh/m<sup>2</sup>. Medijan iznosi 1795,51 kWh/m<sup>2</sup>, a standardna je devijacija 567,41 kWh/m<sup>2</sup>.

Osim ovisnosti ukupnog solarnog potencijala o godišnjem dobu, ispitan je i utjecaj nagiba krova na količinu dolaznog solarnog potencijala na taj krov. Kao primjer za analizu izabrane su dvije kuće sa četverostrešnim krovom, jednake orijentacije i različitog nagiba. Nagib krova kuće 1 je  $29,14^\circ$ , a nagib krova kuće 2 je  $22,64^\circ$ . Iznos nagiba na tim krovovima prikazuje Slika 3.20. Na njoj je uočljivo kako kod kuće 1 na krovu prevladavaju narančasta i žuta, što predstavlja veće nagibe u odnosu na kuću 2 gdje su niži nagibi koje predstavlja plava boja. Kako bi se uočila ovisnost nagiba o godišnjem dobu proučen je solarni potencijal ova dva krova u dva godišnja perioda: ljetnom i zimskom. Za ljetni su period uzete vrijednosti solarnog potencijala od travnja do rujna te ih prikazuje Slika 3.21, a za zimski od siječnja do ožujka i od listopada do prosinca te ih prikazuje Slika 3.22. Kako prikazuju Tablica 3.8 i Tablica 3.9 minimalna vrijednost solarnog potencijala kuće 1 tijekom ljetnog je perioda  $861,69 \text{ kWh/m}^2$ , a tijekom zimskog  $144,42 \text{ kWh/m}^2$ . Maksimalna je vrijednost  $1522,56 \text{ kWh/m}^2$  za ljetni te  $1021,85 \text{ kWh/m}^2$  za zimski period. Vrijednost aritmetičke sredine za ljetni period iznosi  $1292,07 \text{ kWh/m}^2$  i za zimski  $593,17 \text{ kWh/m}^2$ . Za ljetni je period medijan  $1302,66$  i standardna devijacija  $203,74$ , a za zimski medijan je  $568,87$  i standardna devijacija  $285,40$ . Minimalna je vrijednost solarnog potencijala kuće 2 tijekom ljetnog perioda  $1055,82 \text{ kWh/m}^2$ , a tijekom zimskog  $214,93 \text{ kWh/m}^2$ . Maksimalna je vrijednost  $1539,22 \text{ kWh/m}^2$  za ljetni te  $933,95 \text{ kWh/m}^2$  za zimski period. Vrijednost aritmetičke sredine za ljetni period iznosi  $1365,70 \text{ kWh/m}^2$  i za zimski  $575,99 \text{ kWh/m}^2$ . Za ljetni je period medijan  $1370,93$  i standardna devijacija  $129,84$ , a za zimski medijan je  $558,47$  i standardna devijacija  $200,70$ .

Prikazan je i godišnji solarni potencijal dvaju krovova (Slika 3.23) i popratne statističke vrijednosti (Tablica 3.10). Minimalni solarni potencijal krova kuće 1 iznosi  $1006,18 \text{ kWh/m}^2$ , maksimalni je  $2517,09 \text{ kWh/m}^2$ , aritmetička sredina iznosi  $1885,24 \text{ kWh/m}^2$ , medijan  $1872,87 \text{ kWh/m}^2$ , a standardna devijacija  $483,49$ . Minimalni solarni potencijal krova kuće 2 iznosi  $1271,68 \text{ kWh/m}^2$ , maksimalni je  $2468,61 \text{ kWh/m}^2$ , aritmetička sredina iznosi  $1941,69 \text{ kWh/m}^2$ , medijan  $1935,41 \text{ kWh/m}^2$ , a standardna devijacija  $327,62$ .

Usporedile su se srednje vrijednosti za ljetni, zimski, godišnji potencijal te nagib krova za obje kuće (Tablica 3.11). Iz toga se uočava ovisnost solarnog potencijala o nagibu. U svom radu Li i Lam (2007) su prikazali kako nagib i orijentacija utječu na solarni potencijal te uvidjeli kako se povećanjem nagiba smanjuje potencijal i kako je najoptimalniji nagib oko  $20^\circ$  prema jugu. Yilmaz i dr. (2015) izračunali su vrijednosti solarnog potencijala za svaki mjesec pojedinačno te za sve vrijednosti nagiba od  $25^\circ$  do  $40^\circ$ . Iz njihovih je rezultata vidljivo kako u ljetnom periodu porastom nagiba solarni se potencijal smanjuje, a u zimskom raste. Hachem (2012) i Waseef (2014) također su pokazali da, kako bi se postigla bolja solarna iskoristivost, manji je nagib povoljniji u ljetnom periodu, a veći u zimskom. Tako je za očekivati da će kuća 2 koja je nižeg nagiba imati veću vrijednost solarnog potencijala za ljetni period, a kuća 1 koja je većeg nagiba za zimski.

Uočava se kako u ljetnom periodu za nagib  $29,14^\circ$  solarni potencijal iznosi  $1292,07 \text{ kWh/m}^2$ , a za nagib  $22,64^\circ$  iznosi  $1365,70 \text{ kWh/m}^2$ . Dakle, smanjenjem nagiba solarni potencijal je narastao. U zimskom periodu za nagib  $29,14^\circ$  solarni potencijal iznosi  $593,17 \text{ kWh/m}^2$ , a za nagib  $22,64^\circ$  iznosi  $575,99 \text{ kWh/m}^2$ . Dakle, smanjenjem nagiba solarni potencijal se smanjio.

Uviđa se i godišnja razina solarnog potencijala gdje za nagib  $29,14^\circ$  ona iznosi  $1885,24 \text{ kWh/m}^2$ , a za nagib  $22,64^\circ$  iznosi  $1941,69 \text{ kWh/m}^2$ . Tako je u konačnici veći solarni potencijal na godišnjoj razini dostignut nižim nagibom. Što nije čudno jer je vidljivo da, iako je zimi

povoljniji veći nagib, ljeti je solarni potencijal značajno veći, pa je time i veći njegov utjecaj na godišnji solarni potencijal.

Iz ovih analiza može se potvrditi kako nagib krova ima vidljiv i značajan utjecaj na solarni potencijal, te se utjecaj mijenja ovisno o godišnjem dobu. Za ljetni period povoljniji je manji nagib, dok je za zimski povoljniji veći, na što ukazuje i Slika 3.24. Iz svega navedenog zaključuje se da, ako se želi postići dobar solarni potencijal za njegovo daljnje iskorištavanje, idealno je koristiti manji nagib ljeti, a veći nagib zimi. Međutim, u slučaju da je to neizvedivo, prihvatljivije je koristiti niži nagib jer na godišnjoj razini on ipak ima nešto više vrijednosti solarnog potencijala.

Osim utjecaja nagiba, proučen je i utjecaj orijentacije krova. To je učinjeno proučavajući dvije kuće približno jednakog nagiba koji za kuću 3 iznosi  $28,59^\circ$ , a za kuću 4 iznosi  $27,86^\circ$ . Krovovi su kuća četverostrešni te su orijentacije krova za kuću 3 prema sjeveru, jugu, istoku i zapadu, a za kuću 4 sjeverozapadu, sjeveroistoku, jugoistoku i jugozapadu. Izračunata je količina solarnog potencijala za ljetni period, za svaku orijentaciju zasebno (Slika 3.26 i Tablica 3.12) te za zimski period, za svaku orijentaciju zasebno (Slika 3.27 i Tablica 3.13). Iz rezultata je uočljivo kako između minimalnih i maksimalnih vrijednosti nisu vrlo velike razlike, što je za očekivati s obzirom da je područje promatranja vrlo malo i trebalo bi biti pod približno jednakim utjecajem sunca. Također, medijan i standardna devijacija ukazuju na to kako aritmetička sredina solarnog potencijala kvalitetno predstavlja rezultate. Isto se odnosi i za godišnji prikaz na koji ukazuju Slika 3.28 i Tablica 3.14. Nadalje su korišteni podatci srednje vrijednosti solarnog potencijala za svaku pojedinu orijentaciju te za ljetni, zimski i godišnji period kako bi se uočila njihova međusobna ovisnost. Za postizanje najvećeg solarnog potencijala najpovoljnija je južna strana, no nisu veliki gubitci ni do  $\pm 20^\circ$  inklinacije od juga, a istočna i zapadna orijentacija daju nešto manje vrijednosti ali i dalje unutar prihvatljivih razina (Waseef, 2014). Isto je uočljivo i iz dobivenih rezultata.

Za ljetni period, najveća je vrijednost solarnog potencijala pri južnoj strani i iznosi  $1504,95 \text{ kWh/m}^2$ , a slijede nešto manja na jugoistočnoj strani  $1490,22 \text{ kWh/m}^2$  i vrlo bliska na jugozapadnoj strani  $1444,13$ . Zatim su vrlo malo niže vrijednosti za istočnu i zapadnu stranu te za istočnu iznosi  $1342,57 \text{ kWh/m}^2$ , a za zapadnu  $1340,61 \text{ kWh/m}^2$ . Uočljivo je kako vrijednosti padaju, ali ne značajno. To je tvrdio i Hachem (2012) u svome radu navodeći kako je, pri proizvodnji energije, u ljetnim mjesecima istočna i zapadna orijentacija vrlo bliska južnoj orijentaciji. Nadalje, nešto se niže vrijednosti od zapadne strane postižu na sjeveroistočnoj s iznosom od  $1158,37 \text{ kWh/m}^2$ , još niže na sjevernoj s iznosom  $1098,25 \text{ kWh/m}^2$  i najniže na sjeverozapadnoj gdje je srednja vrijednost ukupnog solarnog potencijala  $1045,48 \text{ kWh/m}^2$ . Slika 3.26 također vizualno prikazuje te razlike. Vidljivo je kako su na južnoj, jugoistočnoj i jugozapadnoj strani krova najtamnije nijanse crvene boje, te postaju sve svjetlije odmakom prema sjeveru i sjeverozapadu.

Za zimski je period najveća vrijednost solarnog potencijala s južne strane i iznosi  $942,05 \text{ kWh/m}^2$ . Nadalje je niža vrijednost jugoistočne strane iznosa  $841,64 \text{ kWh/m}^2$  i jugozapadne iznosa  $720,83 \text{ kWh/m}^2$ . Nadalje su nešto niže vrijednosti za istočnu i zapadnu stranu iznosa  $598,44 \text{ kWh/m}^2$  i  $591,26 \text{ kWh/m}^2$ . Vrijednosti dalje padaju na sjeveroistočnoj strani s iznosom  $358,71 \text{ kWh/m}^2$ , onda na sjevernoj s iznosom  $287,12 \text{ kWh/m}^2$  i najmanja je vrijednost na sjeverozapadnoj strani i iznosi  $264,61 \text{ kWh/m}^2$ . Slika 3.27 također vizualno prikazuje te razlike. Oba su krova prikazana svjetlijim nijansama u odnosu na ljetni period, odnosno žutim i

narančastim nijansama. To ukazuje na općenito manje vrijednosti solarnog potencijala zimi nego ljeti. Međutim, i dalje je vidljivo kako su na južnoj, jugoistočnoj i jugozapadnoj strani krova najtamnije nijanse, te postaju sve svjetlije odmakom prema sjeveru i sjeverozapadu.

Isti je poredak uočljiv i za godišnju razinu solarnog potencijala. Iznos je južne strane krova godišnje razine solarnog potencijala 2447,00 kWh/m<sup>2</sup>, jugoistočne 2331,86 kWh/m<sup>2</sup>, jugozapadne 2164,96 kWh/m<sup>2</sup>, istočne 1941,00 kWh/m<sup>2</sup>, zapadne 1931,86 kWh/m<sup>2</sup>, sjeveroistočne 1517,08 kWh/m<sup>2</sup>, sjeverne 1385,37 kWh/m<sup>2</sup> i sjeverozapadne 1310,09 kWh/m<sup>2</sup>.

Iz ovih analiza može se zaključiti kako orijentacija krova ima vidljiv i značajan utjecaj na solarni potencijal, ali se utjecaj ne mijenja ovisno o godišnjem dobu. Odnos ostaje jednak u ljetnom periodu kao i u zimskom te na godišnjoj razini, na što ukazuje i Slika 3.29 gdje je orijentacija redoslijedom poredana od one s najvećim solarnim potencijalom, do one s najmanjim. Tako je grafički uočljivo kako vrijednosti solarnog potencijala padaju te su najniže na sjeverozapadnoj strani, neovisno o godišnjem periodu. Iz svega navedenog zaključuje se da, ako se želi postići dobar solarni potencijal za njegovo daljnje iskorištavanje, idealna je južna strana krova, a vrlo su povoljne jugoistočna i jugozapadna te istočna i zapadna. Sjeveroistočna strana krova te sjeverna i sjeverozapadna su dosta nepovoljne za daljnje iskorištavanje solarnog potencijala.



## 5. ZAKLJUČAK

Fosilnim gorivima, koja su danas najčešći izvor za proizvodnju energije, potrebno je oko milijun godina kako bi nastali, a rezerve se troše brže nego što nastaju. Stoga se sve više pronalaze načini prelaska na obnovljive izvore energije kao što je sunce. Kako bi se sunčeva energija što bolje iskoristila, potrebno je imati kvalitetne modele određivanja solarnog potencijala. Gradovi iskorištavaju mnogo energije pa se pronalaze načini kako ju proizvoditi u njima. Ravnine krovova su jedan od najprihvatljivijih rješenja jer se iskorištava već postojeća površina te omogućava proizvodnju i potrošnju na istome mjestu. Cilj je ovoga rada bio usporediti dvije metode računanja solarnog potencijala i analizirati utjecaj godišnjeg doba te nagiba i orijentacije na solarni potencijal.

Iz rezultata je uočljivo kako se prikaz dobiven SAGA GIS-om malo, ali ne značajno, razlikuje od onog dobivenog GRASS GIS-om. Uviđa se kako na rubnim dijelovima krova GRASS GIS ima nešto veće vrijednosti, a na ravninama krova SAGA GIS daje nešto veće vrijednosti. Vrijednosti razlike solarnog potencijala bliže su nuli na južnoj strani krova. Dva načina računanja potencijala se vrlo malo razlikuju za prikaz južne strane krova, te se više razlikuju pri prikazu sjeverne strane. Za istočnu i zapadnu stranu krova razlike su međusobno podjednake. Na ravnom je krovu vidljiva najveća razlika. Zaključuje se kako GRASS i SAGA najveće razlike u vrijednostima imaju na ravnome krovu, a najmanje na južnoj strani dvostrešnog krova, međutim, te razlike su i dalje vrlo malih vrijednosti. Uviđa se kako se prikazi ne razlikuju mnogo te ih se oba može smatrati vjerodostojnima. Značajna razlika je u vremenu potrebnom za izračun rezultata, gdje se SAGA GIS pokazuje bržim.

Periodi od travnja do lipnja te od srpnja do rujna ne razlikuju se mnogo u vrijednostima solarnog potencijala krovova. Uočljivo je kako su za period od travnja do lipnja ipak nešto veće vrijednosti. Periodi od siječnja do ožujka te od listopada do prosinca međusobno se ne razlikuju mnogo, ali su njihove vrijednosti solarnog potencijala uočljivo niže u odnosu na dva prethodno navedena. U međusobnoj usporedbi, period od siječnja do ožujka ima više vrijednosti solarnog potencijala. Iz toga je vidljivo kako solarni potencijal značajno ovisi o godišnjem dobu. Iako postoji značajna razlika u godišnjim dobima, ukupan godišnji solarni potencijal dostiže visoke razine.

Nagib krova također ima vidljiv i značajan utjecaj na solarni potencijal, te se utjecaj mijenja ovisno o godišnjem dobu. Za ljetni period povoljniji je manji nagib, dok je za zimski povoljniji veći. To je uočeno iz analize solarnog potencijala dvaju krovova iste orijentacije ali različitog nagiba, u ljetnom i zimskom godišnjem periodu. Ukupno, na godišnjoj razini, veći solarni potencijal dostignut je nižim nagibom. Zaključuje se da, ako se želi postići dobar solarni potencijal za njegovo daljnje iskorištavanje, idealno je koristiti manji nagib ljeti, a veći nagib zimi. Međutim, u slučaju da je to neizvedivo, prihvatljivije je koristiti niži nagib jer na godišnjoj razini on ipak ima nešto više vrijednosti solarnog potencijala.

Također i orijentacija krova ima vidljiv i značajan utjecaj na solarni potencijal, ali se utjecaj ne mijenja ovisno o godišnjem dobu. Odnos ostaje jednak u ljetnom periodu kao i u zimskom te na godišnjoj razini. To se uočilo iz analize solarnog potencijala dvaju četverostrešnih krovova jednakog nagiba ali različite orijentacije, u ljetnom i zimskom periodu te na godišnjoj razini. Zaključuje se da, ako se želi postići dobar solarni potencijal za njegovo daljnje iskorištavanje, idealna je južna strana krova, a vrlo su povoljne jugoistočna i jugozapadna te istočna i zapadna.

Sjeveroistočna strana krova te sjeverna i sjeverozapadna su dosta nepovoljne za daljnje iskorištavanje solarnog potencijala.

Utvrđeno je kako se pomoću LIDAR podataka solarni potencijal može kvalitetno modelirati za korištenje u daljnje svrhe. Na krovovima se može postići vrlo značajan solarni potencijal ako se odabere pogodan nagib te orijentacija. Prikaze dobivene ovim radom moguće je dalje unaprjeđivati. Na primjer, kao što su u ovome radu dobivene brojčane vrijednosti za odabrane krovove, moguće je izraziti brojčane vrijednosti za svaki krov u Hrvatskoj te ih prikazati s mogućnošću pretraživanja po adresama. Također, moguće je daljnje korištenje kako bi se utvrdile mogućnosti postavljanja fotonaponskih sustava te kako bi se procijenila količina energije koju će fotonaponski sustav na pojedinom krovu proizvesti.

## LITERATURA

- Gorički, M., Poslončec-Petrić, V., Frangeš, S., Bačić, Ž., (2017): Analysis of solar potential of roofs based on digital terrain model
- Hachem, C., (2012): Investigation of Design Parameters for Increased Solar Potential of Dwellings and Neighborhoods, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada
- Huang, Y., Chen, Z., Wu, B., Chen L., Mao, W., Zhao F., Wu, J, Wu, J., Yu, B., (2015): Estimating Roof Solar Energy Potential in the Downtown Area Using a GPU-Accelerated Solar Radiation Model and Airborne LiDAR Data
- Li, D. H. W., Lam, T. N. T., (2007): Determining the Optimum Tilt Angle and Orientation for Solar Energy Collection Based on Measured Solar Radiance Data
- Mujić, N., Karabegović, A., (2023): Calculating and comparing solar radiation results using GIS in the City Sarajevo area
- Waseef, A. A., (2014): Tilt and orientation: a preference factor among photovoltaic roof systems, Vol. 3
- Yilmaz, S., Ozcalik, H., R., Dincer, F., (2015): The analysis on the impact of the roof angle on electricity energy generation of photovoltaic panels in Kahramanmaraş, Turkey—A case study for all seasons

## **INTERNETSKI IZVORI**

URL 1: GRASS GIS, <https://www.osgeo.org/projects/grass-gis/> (20.5.2024.)

URL 2: GRASS GIS integracija,

[https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user\\_manual/grass\\_integration/grass\\_integration.html](https://docs.qgis.org/3.34/en/docs/user_manual/grass_integration/grass_integration.html)  
(22.5.2024.)

URL 3: SAGA GIS, [https://en.wikipedia.org/wiki/SAGA\\_GIS](https://en.wikipedia.org/wiki/SAGA_GIS) (20.5.2024.)

## POPIS SLIKA

Slika 2.1. Grad Karlovac, područje analize.....	4
Slika 2.2. Parametri GRASS GIS funkcije r.slope.aspect.....	5
Slika 2.3. Clip raster by mask layer .....	6
Slika 2.4. Parametri GRASS GIS funkcije Potential incoming solar radiation .....	6
Slika 3.1 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću GRASS GIS-a za 15. kolovoz 2023.....	10
Slika 3.2 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću SAGA GIS-a za 15. kolovoz 2023.....	11
Slika 3.3 Razlika prethodno prikazanih vrijednosti solarnog potencijala.....	12
Slika 3.4 Vrijednosti razlike solarnog potencijala između metode računanja GRASS GIS-om i SAGA GIS-om.....	14
Slika 3.5 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću GRASS GIS-a za 15. veljače 2023.....	16
Slika 3.6 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću SAGA GIS-a za 15. veljače 2023.....	17
Slika 3.7 Statistički podatci za 15. veljače 2023.....	18
Slika 3.8 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću GRASS GIS-a za 15. svibnja 2023.....	19
Slika 3.9 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću SAGA GIS-a za 15. svibnja 2023.....	20
Slika 3.10 Statistički podatci za 15. svibnja 2023.....	21
Slika 3.11 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću GRASS GIS-a za 15. studenog 2023.....	22
Slika 3.12 Vrijednosti solarnog potencijala dobivene pomoću SAGA GIS-a za 15. studenog 2023.....	23
Slika 3.13 Statistički podatci za 15. studenog 2023.....	24
Slika 3.14 Aritmetička sredina solarnog potencijala za četiri perioda u godini.....	25
Slika 3.15 Vrijednosti solarnog potencijala krovova za period od prvog do trećeg mjeseca ..	26
Slika 3.16 Vrijednosti solarnog potencijala krovova za period od četvrtog do šestog mjeseca ..	27
Slika 3.17 Vrijednosti solarnog potencijala krovova za period od sedmog do devetog mjeseca ..	28
Slika 3.18 Vrijednosti solarnog potencijala krovova za period od desetog do dvanaestog mjeseca ..	29
Slika 3.19 Ukupne vrijednosti solarnog potencijala krovova za 2023. godinu.....	31

Slika 3.20 Vrijednosti nagiba za krovove .....	33
Slika 3.21 Ljetni prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova.....	34
Slika 3.22 Zimski prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova.....	35
Slika 3.23 Godišnji prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova.....	36
Slika 3.24 Usporedba odnosa nagiba i solarnog potencijala .....	37
Slika 3.25 Vrijednosti nagiba za krovove .....	38
Slika 3.26 Ljetni prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova.....	39
Slika 3.27 Zimski prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova.....	40
Slika 3.28 Godišnji prikaz solarnog potencijala analiziranih krovova.....	41
Slika 3.29 Usporedba odnosa orijentacije i solarnog potencijala.....	42

## POPIS TABLICA

Tablica 3.1 Statistički podatci za 15. kolovoza 2023. ....	13
Tablica 3.2 Vrijednosti razlike solarnog potencijala između metode računanja GRASS GIS-om i SAGA GIS-om .....	14
Tablica 3.3 Statistički podatci za 15. veljače 2023. ....	18
Tablica 3.4 Statistički podatci za 15. svibnja 2023. ....	21
Tablica 3.5 Statistički podatci za 15. studenog 2023. ....	24
Tablica 3.6 Statističke vrijednosti solarnog potencijala za četiri perioda u godini .....	24
Tablica 3.7 Statističke vrijednosti solarnog potencijala za 2023. godinu .....	30
Tablica 3.8 Statističke vrijednosti za ljetni period .....	35
Tablica 3.9 Statističke vrijednosti za zimski period.....	35
Tablica 3.10 Statističke vrijednosti za 2023. godinu .....	36
Tablica 3.11 Usporedba odnosa nagiba i solarnog potencijala .....	36
Tablica 3.12 Statističke vrijednosti za ljetni period .....	40
Tablica 3.13 Statističke vrijednosti za zimski period.....	41
Tablica 3.14 Statističke vrijednosti na godišnjoj razini .....	41
Tablica 3.15 Usporedba odnosa orijentacije i solarnog potencijala.....	42

# ŽIVOTOPIS



## Katarina Barnjak

**Datum rođenja:** 16/03/2000 | **Državljanstvo:** hrvatsko | **Spol:** Žensko | **Telefonski broj:**

(+385) 921185349 (Mobilni telefon) | **E-adresa:** [katarina.barnjak@gmail.com](mailto:katarina.barnjak@gmail.com) |

**WhatsApp Messenger:** +385921185349 | **Adresa:** Slavonska ulica 21, 10360, Zagreb, Hrvatska (Kućna)

### ● RADNO ISKUSTVO

04/2024 – TRENUTAČNO Zagreb, Hrvatska  
**GIS ANALITIČAR LIST LABS D.O.O.**

Obrada prostornih podataka.

10/2023 – 02/2024 Zagreb, Hrvatska  
**GEODET ZAVOD ZA FOTOGRAMetriJU D.D.**

Sudjelovanje u poslovima katastarske izmjere.

01/06/2023 – 01/09/2023 Kilcullen, Irska  
**GEODET ( U SKLOPU ERASMUS+ PROJEKTA) MURPHY GEOSPATIAL**

"Survey and UAV department"  
Terenski poslovi topografske izmjere koristeći Trimble S5 i Trimble SX10 totalne stanice, te Trimble R12i i Trimble R8 GNSS prijamljke.  
Provođenje statičkih mjerenja na cesti od Corka do Limericka te postavljanje kontrolnih točaka duž cijele rute.  
Provođenje niveliranja i poligonskog vlaka duž brze ceste koja spaja Cork i Limerick.

07/2021 – 06/2023 Zagreb, Hrvatska  
**GEODET ERICSSON NIKOLA TESLA SERVISI D.O.O.**

Izrada geodetskih elaborata za katastar infrastrukture u digitalnom i analognom obliku.  
Izrada situacija i izvjava o položaju elektroničke komunikacijske infrastrukture.

01/07/2021 – 04/07/2021 Zagreb, Hrvatska  
**GPS KAMPANJA NA GEODINAMIČKOJ MREŽI GRADA ZAGREBA SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - GEODETSKI FAKULTET**

Provođenje preciznih GPS mjerenja na posebno stabiliziranim točkama Geodinamičke mreže Grada Zagreba u svrhu istraživanja tektonskih pokreta.

06/07/2020 – 19/07/2020 Zagreb, Hrvatska  
**STUDENTSKA PRAKSA U GEODETSKOJ FIRMI USUS FRUCTUS D.O.O.**

Izrada geodetskih elaborata u analognom i digitalnom obliku.  
Pomoć pri iskolčenju i snimanju trenutnog stanja na terenu.

2019 – 2021 Zagreb, Hrvatska  
**RAZLIČITI POVREMENI STUDENTSKI POSLOVI** FOODIE DAILY RESTAURANTS, MASTERPLAN PROMOCIJE, TRGOVINE FIFTY I WATCH CENTAR

Priprema i posluživanje hrane i ostali pomoćni radovi po potrebi. Promocija različitih proizvoda. Posluživanje kupaca. Slaganje robe. Rad na blagajni.

01/07/2015 – 01/08/2015 Bremen, Njemačka  
**SREDNJOŠKOLSKI POSAO U BIOTEHNOLOŠKOJ FIRMI BOCK BIO SCIENCE GMBH**

Kloniranje biljaka u laboratorijskim uvjetima.



## ● OBRAZOVANJE I OSPOSOBLJAVANJE

10/2021 – TRENUTAČNO Zagreb, Hrvatska

**DIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GEODEZIJE I GEOINFORMATIKE** Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet

**Adresa** Kačićeva 26, 10000, Zagreb, Hrvatska | **Internetske stranice** <https://www.geof.unizg.hr/> |

**Područje studija** Geoinformatika

09/2018 – 09/2021 Zagreb, Hrvatska

**PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GEODEZIJE I GEOINFORMATIKE (UNIV. BACC. ING. GEOD. ET GEOINF.)** Sveučilište u Zagrebu - Geodetski fakultet

**Adresa** Kačićeva 26, 10000, Zagreb, Hrvatska | **Internetske stranice** <https://www.geof.unizg.hr/> |

**Nacionalna kvalifikacija** bachelor (baccalaureus) engineer in geodesy and geoinformatics (univ. Bacc. Ing. Geod. et Geoinf.)

09/2014 – 08/2018 Zagreb, Hrvatska

**PRIRODOSLOVNO-MATEMATIČKA GIMNAZIJA III.** gimnazija Zagreb

**Adresa** Kušlanova 52, 10000, Zagreb, Hrvatska

## ● JEZIČNE VJEŠTINE

Materinski jezik/jezici: **HRVATSKI**

Drugi jezici: **OSNOVE NJEMAČKOG**

	RAZUMIJEVANJE		GOVOR		PISANJE
	Slušanje	Čitanje	Govorna produkcija	Govorna interakcija	
<b>ENGLESKI</b>	B2	B2	B2	B2	B2

*Razine: A1 i A2: temeljni korisnik; B1 i B2: samostalni korisnik; C1 i C2: iskusni korisnik*

## ● DIGITALNE VJEŠTINE

Poznavanje rada u AutoCAD-u, ZWCAD-u i QGIS-u | Poznavanje rada u MS Office-u | Osnove ArcGIS, Python, Java, R, SketchUp, PostgreSQL, HTML

## ● VOZAČKA DOZVOLA

**Vozačka dozvola:** B

## ● KONFERENCIJE I SEMINARI

11/07/2024 – 12/07/2024 Zagreb

**Predavanje i sudjelovanje na konferenciji "International Conference of Environmental Remote Sensing and GIS (ICERS)"**

**Poveznica** <https://alcar.geof.hr/icers/>

10/11/2022 – 14/11/2022 Novi Sad, Srbija

**Sudjelovanje na Međunarodnoj konferenciji studenata građevinarstva, geodezije i arhitekture "CoNStruction22"**

11/11/2021 – 15/11/2021 Novi Sad, Srbija

**Sudjelovanje na Međunarodnoj konferenciji studenata građevinarstva, geodezije i arhitekture "CoNStruction21"**

