

ORIENTACIJE STREH OBSTOJEČEGA STAVBNEGA FONDA V SLOVENIJI

dr. Žiga Kokalj

ZRC SAZU, Inštitut za antropološke in prostorske študije

Center odličnosti VESOLJE-SI

ziga.kokalj@zrc-sazu.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1712-0351>

dr. Gašper Stegnar, dr. Marko Kovač

Institut »Jožef Stefan« – Center za energetska učinkovitost

gasper.stegnar@ijs.si, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0055-564X>

marko.kovac@ijs.si

DOI: https://doi.org/10.3986/9789610506683_24

UDK: 692.413:531.717(497.4)

IZVLEČEK

Orientacije streh obstoječega stavbnega fonda v Sloveniji

Študija daje vpogled v orientacijo streh stavb v Sloveniji, enega ključnih podatkov za izračun realnega potenciala sončnih elektrarn, ki je dejansko na voljo na slovenskih strehah. Končni prikaz stanja potenciala proizvodnje električne energije pomeni največji izplen, ki se lahko bodisi odda v omrežje bodisi izkoristi na lokaciji proizvodnje. Glede na nezadostno zmogljivost elektrodistribucijskega omrežja v Sloveniji bo verjetno v bodoče bolj aktualno slednje in bo zato treba preučevati stopnjo možne samooskrbe z električno energijo slovenskih gospodinjstev. Oceno smo opravili na podlagi izračuna nagibov, zasukov in velikosti delov streh posameznih stavb, ki smo jih pridobili iz podatkov aerolaserskega skeniranja in katastra stavb. Z izračunanim potencialom bi pokrili 70 % sedanje proizvodnje električne energije v Sloveniji.

KLJUČNE BESEDE

orientacija, strehe, lidar, aerolasersko skeniranje, kataster stavb, energetski potencial, segmentacija, Slovenija

ABSTRACT

Roof orientations of the existing building stock in Slovenia

The study provides insight into the orientation of building roofs in Slovenia, one of the key data for calculating the real potential of solar PV available on Slovenian rooftops. The final indication of the state of electricity generation potential represents the maximum yield that can either be fed into the grid or used at the generation site. Given the insufficient capacity of the electricity distribution network in Slovenia, the latter is likely to be more relevant in the future. The degree of potential self-supply of electricity to Slovenian households will need to be examined. The assessment was based on the slope, aspect, and size of roof segments of individual buildings, which were computed from airborne laser scanning data. The calculated potential would cover 70 % of the current electricity production in Slovenia.

KEY WORDS

orientation, roofs, lidar, airborne laser scanning, building cadastre, solar energy potential, segmentation, Slovenia

1 Uvod

Orientacija (nagib in zasuk oz. usmerjenost) in velikost uporabnih strešnih površin sta med ključnimi parametri za oceno potenciala sončnih elektrarn na strehah obstoječega stavbnega fonda. Teh podatkov v Sloveniji ni mogoče pridobiti neposredno iz obstoječih podatkovnih zbirk. Namen prispevka je opisati uporabljene podatke, njihovo obdelavo in metodo izračuna orientacije (zasuka in nagiba) streh obstoječega stavbnega fonda v Sloveniji. Primeren vir za takšne podatke so ustrezno obdelani podatki aerolaserskega skeniranja Slovenije (ALS) in kataster stavb. Podatki o konkretni orientaciji streh objektov lahko v nadaljevanju služijo za boljši izračun izplena sončnih elektrarn na strehah teh objektov.

V preteklosti je bilo opravljenih več analiz potenciala sončne energije za Slovenijo. Vendar so zadnje celovite ocene stare skoraj desetletje, zato je smiselni njihov pregled in nadgradnja z novimi spoznanji. Poleg tega so potenciali lahko različnih vrst in izračunani z različnimi predpostavkami, ki jih je smiselno poznati, da se lahko izognemo metodološkim napakam in napačnim sklepanjem. Urbančič in sod. (2011) so bili eni izmed zadnjih, ki so podali celovit pregled ocen potenciala (povzeto v preglednici 1). Ocene so zelo raznolike, vendar podobno variirajo tudi tuje analize. Poročilo IRENA (4) navaja, da tehnični potencial za sončno energijo znaša 478 GWh, kar je najmanj med vsemi analizami. V zadnji študiji pa je Kovač (2018) z agregiranim pristopom, ki upošteva geografske razlike v Sloveniji (npr. glede osončenosti in urbanizacije), navedene pa so bile tudi nekatere ovire, kot so nepripravljenost omrežja na večje količine razpršene proizvodnje in problem presežka ponudbe oziroma shranjevanja električne energije (pojav račje-krivulje), potencial ocenil na 27.000 GWh. Pri tem je predpostavil tudi možnost pokritja in izkoristka obstoječih parkirišč.

Pregled literature razkrije, da se v grobem srečujemo z dvema različnima pristopoma ocenjevanja sončnega potenciala za elektrarne. Prvi postopek uporablja večje geografske enote za povprečenje parametrov, npr. površine streh, naklona in osončenosti. Pri tem se naslanja na nekatere obstoječe idealizirane modele in statistično obdelavo območja. Takšen pristop je uporaben za hitro regionalno oceno potenciala in daje zadovoljive rezultate, če obravnavano območje ni preveč heterogeno. Z opisanim postopkom od zgoraj navzdol je bilo poleg v prejšnjem odstavku omenjenih ocen potencialov izvedenih veliko podobnih analiz, tudi oziroma predvsem na ravni EU (PVGIS, 2017).

Z razvojem tehnologije GIS se je izoblikoval drug, močno determinističen pristop od spodaj navzgor, ki iz realnih podatkov pridobljenih s tehnologijo aerolaserskega skeniranja konstruira geometrijo naselja (s tem orientacijo in naklone streh) ter nato za vsako površino izračuna potencial za sončno energijo. Navkljub hitremu razvoju tehnologije je takšen izračun še vedno dolgotrajen in omejen, saj temelji na predpostavljenih podatkih o obsegih stavb.

Preglednica 1: Potencial sončne energije v Sloveniji glede na različne študije.

študija	tehnični potencial (GWh)
UL-FS, 2009	961
IREET, 2009	20.463
IRENA, 2017	478
BOSON, 2017	6.500
IJS, 2018	27.000
NEPN, 2020	20.000

2 Uporabljeni podatki in njihova priprava

V študiji smo uporabili kataster stavb, ki je temeljna evidenca podatkov o stavbah, in podatke aerolaserskega skeniranja. Kataster stavb je sestavljen iz zadnjih vpisanih podatkov o stavbah in delih stavb ter iz zbirke listin in podatkov, ki omogočajo historični pregled sprememb. Stavba je objekt, v katerega lahko človek vstopi in je namenjen njegovemu stalnemu ali začasnemu prebivanju, opravljanju poslovne ali druge dejavnosti ali zaščiti ter ga ni mogoče prestaviti brez škode za njegovo substanco. Lahko ima en del ali več delov. V kataster stavb se za stavbo ali del stavbe vpisujejo naslednji podatki: identifikacijska oznaka; lastnik; upravljavalec; lega in oblika; površina; dejanska raba; številka stanovanja ali poslovnega prostora. Podatki katastra stavb se vodijo in vzdržujejo v centralni bazi. Centralna baza podatkov o stavbah se povezuje z drugimi evidencami, ki jih vodi geodetska uprava (zemljiški kataster, register prostorskih enot, register nepremičnin). Podatki katastra stavb so osnova za vpis stavbe ali dela stavbe v zemljiško knjigo (Geodetska uprava RS 2016).

Viri ob vzpostavitvi katastra stavb so bili fotogrametrični zajem, terenski zajem, prevzem iz drugih evidenc in na podlagi tega je odvisna tudi položajna natančnost koordinat, ki variira od 0 do 12 cm za terenske meritve do nad 150 cm za terenske meritve brez navezave na mrežo. Kataster stavb se vzpostavlja v skladu z Zakonom o evidentiranju nepremičnin. Zbirka podatkov se vodi v državnem ETRS koordinatnem sistemu D96/TM (Geodetska uprava RS 2016). Uporabili smo grafične podatke o obrisih stavb iz leta 2021 in podatke o centroidih stavb iz leta 2015.

Kot referenčni sloj za izračun nagiba, zasuka in površine delov streh smo uporabili državne podatke aerolaserskega skeniranja Slovenije (Agencija RS za okolje 2015). Posebna prednost laserskih podatkov je razslojevanje na informacije glede na vrsto odboja, saj lahko tako ločimo stanje na površju (model površja) ter stanje na tleh (model reliefa). Z gostoto skeniranja 5 točk/m² so bili podatki večinoma zajeti v letih 2014 in 2015, praviloma spomladi in jeseni, ko drevje ni olistano, v visokogorju pa z gostoto 2 točki/m² in v izogib snežiščem tudi poleti. Podatki so brezplačni, prosto dostopni in pokrivajo ozemlje cele države. Georeferenciran in klasificiran oblak točk (GKOT) hrani točke, razvrščene v šest razredov: tla, nizka (do višine 1 m), srednja (med 1 m in 3 m) in visoka vegetacija (nad višino 3 m), stavbe ter neklasificirane točke (Triglav-Čekada in Bric 2015).

2.1 Obdelava podatkov katastra stavb

Pri analizi smo želeli uporabiti podatke, ki so bili zajeti čim bolj sočasno. Grafični del (obrise in centroide) katastra stavb iz leta 2015 smo imeli na voljo samo v (stari) projekciji D48. Zaradi lokacijskih napak pri preprojekciji celotne baze podatkov v novi koordinatni sistem (D96) z enotnimi parametri za celo državo, smo pri analizi upoštevali obrise katastra iz leta 2021, ki je na voljo v projekciji D96. Ohranili samo tiste stavbe, katerih centriodi iz leta 2015 padejo v obrise iz 2021. Obrisi iz 2021 so tudi bolj natančni, čeprav se ponekod prekrivajo. Pri nadaljnji analizi smo upoštevali le stavbe večje od 20 m², skupno 1.063.500 poligonov.

Delovanje algoritma za segmentacijo ter izračun zasuka in nagiba segmentov smo opravili na središču Kamnika (2 km²), ki vključuje stavbe z raznolikimi oblikami in velikostmi streh. Del območja prikazuje slika. Posebno pozornost smo namenili devetim vzorčnim stavbam, ki so opisane v preglednici Preglednica in prikazane na sliki *slika*.

2.2 Obdelava podatkov aerolaserskega skeniranja

Izračun posameznih segmentov streh temelji na rastru s prostorsko ločljivostjo 0,5 m, na katerem je odstranjeno vse rastje, ohranjene pa so stavbe. Pri tem je izjemno pomemben način rastriranja, kar nazorno prikazuje *slika*. Način rastriranja z obteženo inverzno razdaljo (ang. Inverse Distance Weighted, IDW), ki lepo ohranja majhne topografske značilnosti, npr. arheološke ostaline, je za izračun nagibov

in zasukov delov streh manj primeren, ker so zelo vidni artefakti (npr. črte), ki so posledica lastnosti laserskega skeniranja (slika 3a). Ponovno izračunani podatki aerolaserskega skeniranja, rastrirani z metodo mreže neenakih trikotnikov (angl. Triangulated Irregular Network, TIN), te artefakte v veliki meri odpravijo (slika 3b). Novo izračunani podatki imajo bistveno manj artefaktov, ki so posledica lastnosti laserskega skeniranja. Strehe so bolj »gladke«, kar poenostavlja izračun posameznih ploskev (segmentov streh). Hkrati je izračun orientacije pravilnejši.

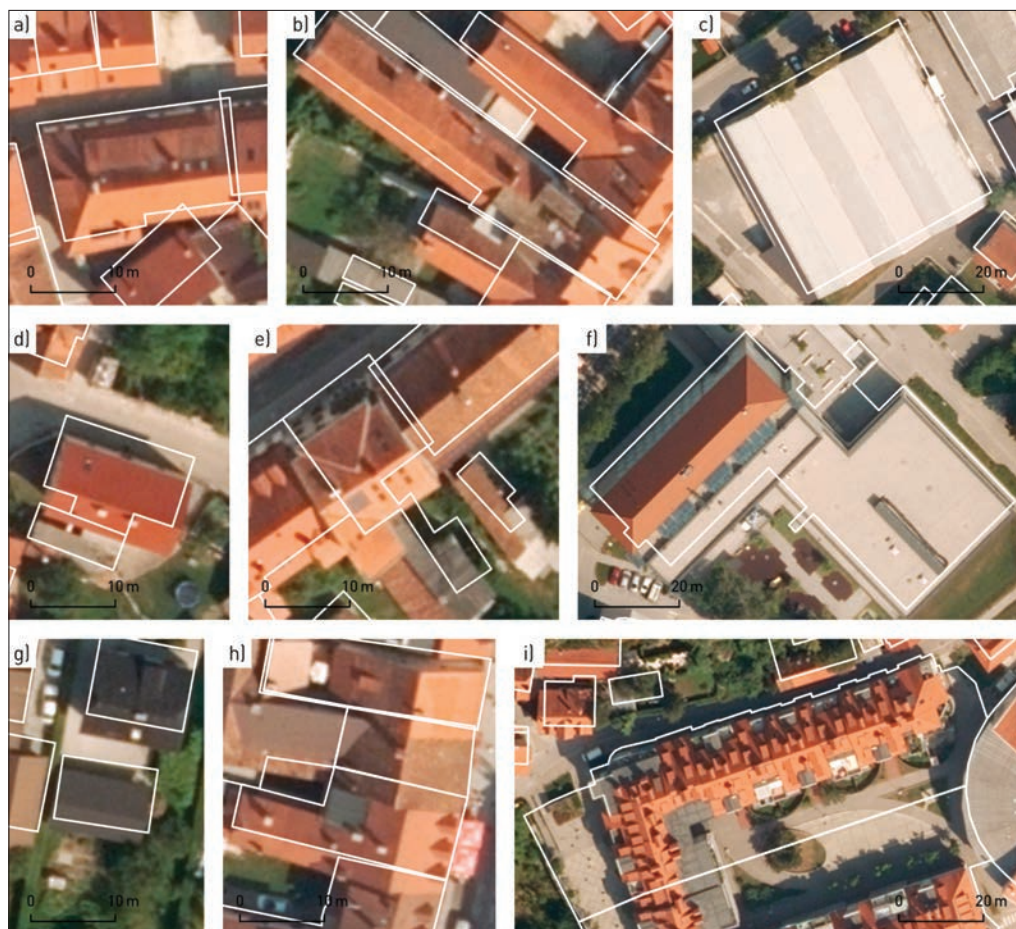
Obodi stavb se v katastru stavb zaradi načina zajema ne ujemajo povsod in povsem z dejanskim stanjem (ALS), zato je treba iz območij površine stavbe odstraniti piksele tal, torej piksele z relativno višino nižjo od 2 m. Relativne višine smo računali z normalizacijo georeferenciranih in klasificiranih oblakov



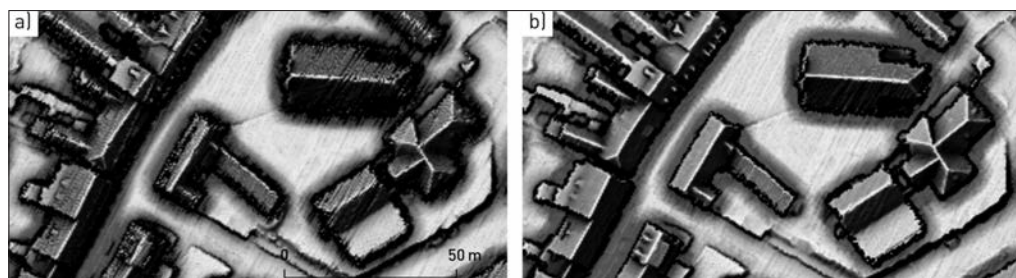
Slika 1: Del Kamnika s prikazanim katastrom stavb iz leta 2021. Prikazane so stavbe, katerih centriodi iz leta 2015 sovpadajo z obrisi iz leta 2021.

Preglednica 2: Vzorčne stavbe.

slika	SID	
slika a	22355925	stanovanjska stavba s členjeno streho in nadstreški
slika b	22452139	stanovanjska stavba z večkapno streho in prizidkom z dvokapno streh, oboje z nadstreški
slika c	27629462	proizvodne hale s tipično »harmonikasto« streho
slika d	22355857	stanovanjska stavba s preprosto dvokapno streho, obris je zamaknjen glede na ortofoto in podatke ALS
slika e	22356591	členjena stanovanjska stavba s prizidkom
slika f	22356606	členjena šolska stavba s telovadnico z veliko ravno streho
slika g	27628614	majhna stavba s preprosto dvokapno streho, obris je zelo zamaknjen glede na podatke ALS
slika h	31503208	stavba z dvokapno streho in prizidkom z dvokapno streho, oboje z nadstreški in dimniki
slika i	30474027	kompleks stanovanjskih blokov z zelo členjeno streho in vključeno podzemno garažo



Slika 2: Vzorčne stavbe.



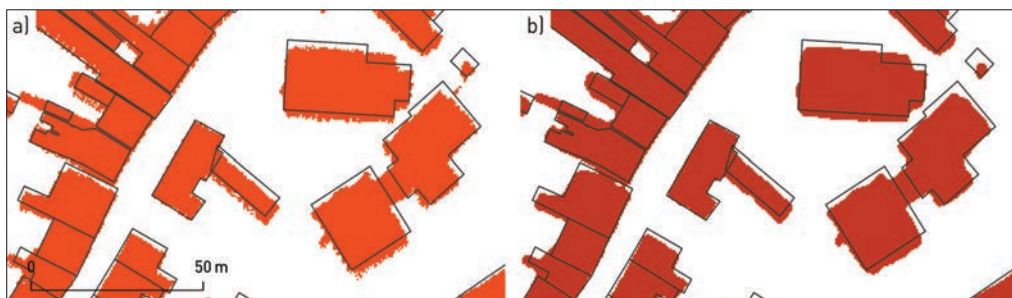
Slika 3: Rastrski podatki aerolaserskega skeniranja, ki prikazujejo tla in stavbe. Način rastriranja, ki lepo ohranja majhne topografske značilnosti, npr. arheološke ostaline, je za izračun nagibov in zasukov delov streh manj primeren, ker so zelo vidni artefakti (npr. črte), ki so posledica lastnosti laserskega skeniranja (a). Ponovno izračunani podatki aerolaserskega skeniranja, rastrirani z metodo mreže neenakih trikotnikov (TIN), te artefakte v veliki meri odpravijo (b).

točk (GKOT) pri čemer smo upoštevali samo točke terena in stavb (kategoriji 2 in 6). Kljub upoštevanju okolice 25 m posameznih izsekov izračuna (1 krat 1 km²) so zaradi načina rastriranja kot teren zaznane zelo velike stavbe in velike stavbe na robovih rastra. Zato podatke o višinah teh stavbah dodamo z masko poligonov velikih stavb (>1000 m²). Vhodni podatek za izračun segmentov je raster, kjer so podatki o nadmorski višini za vse celice, ki imajo v oblaku točk aerolaserskega skeniranja kategorijo 6 (stavba) in dodatno vse celice, ki pripadajo poligonom velikih stavb (slika 4a). Algoritem za izračun segmentov v prvi fazi uporabi filter mediane, saj s tem nekoliko poenostavi podatke (slika 4b) in še izboljša rezultate.

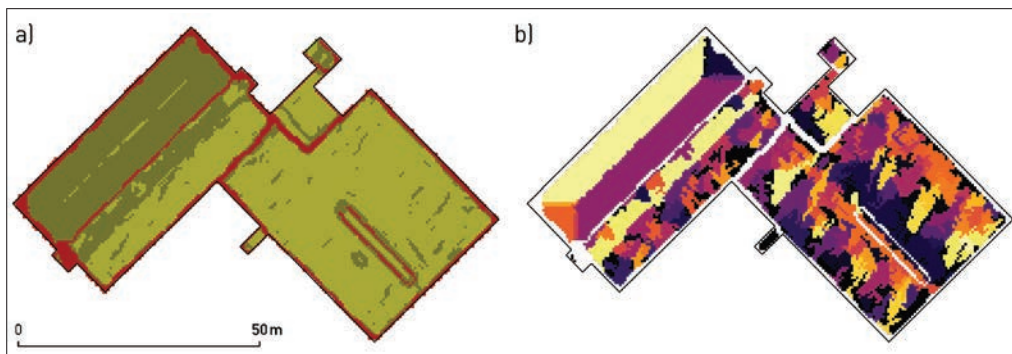
3 Metoda izračuna orientacije delov streh in rezultati

Za izračun segmentov, zasuka in nagibov smo uporabili programski jezik Python s knjižnicami *rasterio*, *numpy*, *geopandas* in *arcpy*. Za paralelizacijo izračunov smo uporabili modul *multiprocessing*, za beleženje časov izračunov pa knjižnico *tqdm*.

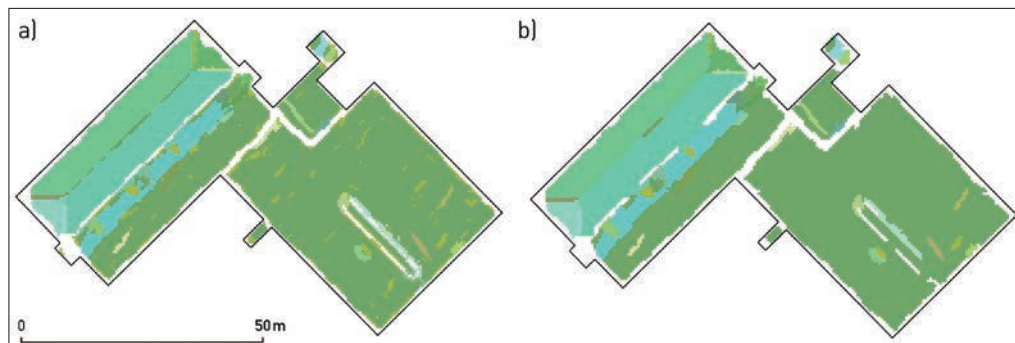
Z vektorskimi obrisi stavb smo izrezali model višin, enkrat na dejanski obris stavbe in drugič na širše območje (*bounding box*) obsega. Pri slednjem smo uporabili filter mediana velikosti 5 krat 5 pikselov in



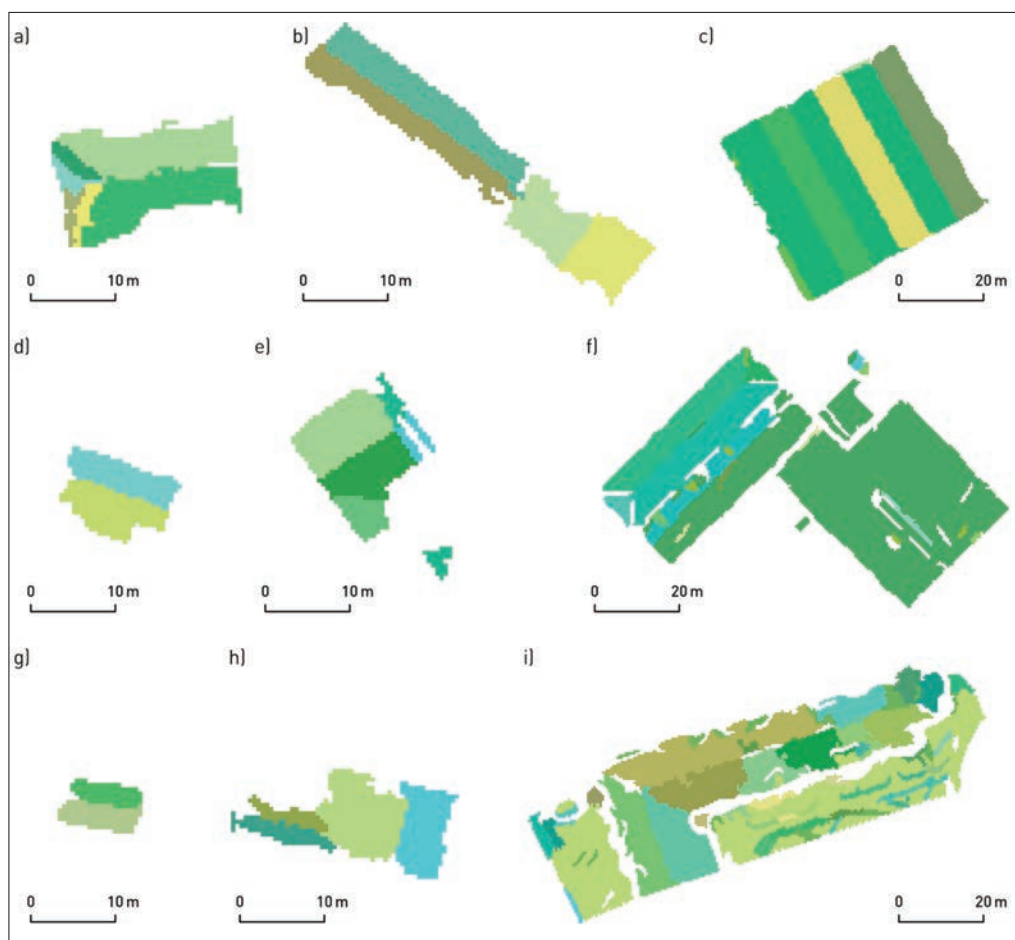
Slika 4: Podatki, kjer so z oranžno označene celice, ki pripadajo stavbam, torej celice, ki so v podatkih aerolaserskega skeniranja označene kot stavbe (kategorija 6) in imajo hkrati višino od tal višjo od 2 m (a). Podatki kjer so z rdečo označene celice, ki pripadajo stavbam po filtriranju s filtrom mediane. Opaziti je neskladje med katastrom stavb (temno sivo) in podatki aerolaserskega skeniranja (b).



Slika 5: Nagibi na strehi Osnovne šole Toma Brejca v Kamniku. Piksle z nagibom večjim od 60° (rdeče) smo izločili iz nadaljnje obravnave, piksele z nagibom manjšim ali enakim 2° (svetlo zeleno) pa smo upoštevali kot svoj segment (a). Deli streh (segmenti) brez posebnega obravnavanja horizontalnih leg. Na ravnih strešnih ploskvah je opaziti zelo veliko število segmentov.



Slika 6: Segmenti po upoštevanju horizontalnih ploskev kot svoj segment in po združevanju severnih leg (a). Segmenti po izločevanju manjših skupin pikslov (b). Končne segmente, po upoštevanju njihove najmanjše velikosti, prikazuje slika 7f.



Slika 7: Izračunani segmenti na vzorčnih stavbah iz slike 2.

izračunali zasuk in nagib. Za nadaljnji izračun smo uporabili samo piksele, ki ležijo znotraj obrisa stavbe in imajo nagib manjši od 60° (slika 5a). Prag je določen izkustveno, saj so tako velik nagibi streh izjemno redki, hkrati pa se s tem znebimo pikslov, ki ležijo med robom strehe in tlemi.

Posamezne ploskve streh (segmente) smo računali na rastru zasuka iz katerega smo kot poseben segment izločili vse piksele z nagibom manjšim od 2° . Na »horizontalnih« ploskvah je namreč zaradi lastnosti podatkov zasuk zelo variabilen in tovrstne ploskve so posledično razbite na veliko število segmentov (slikab).

Pri segmentaciji zasuka je problem cikličnosti, ker na severu skupaj pridejo vrednosti 360° in 0° . Tega se ne da združiti, saj pri vseh variantah normalizacije naletimo na težave, npr. da dobimo enake vrednosti za sever in jug ali vzhod in zahod. K sreči nas severne lege pri izkoriščanju sončne energije ne zanimajo, zato smo kot rešitev združili vse segmente z mediano zasuka v razponu 15° od severa, torej med 345° in 15° .

Po segmentaciji (slikaa) smo rezultat filtrirali s filtrom sieve, ki združuje manjše skupine pikslov s sosednjimi (slika 6b). Pri tem smo upoštevali najmanjšo velikost skupine 10 pikslov, pri čemer se ne štejejo vogalni sosedje piksla (metoda štirih sosedov). S tem pristopom smo v primeru Osnovne šole Toma Brejca prvotno število 62 segmentov zmanjšali na 28 segmentov, po upoštevanju najmanjše velikosti segmenta 8 m^2 , pa na končnih 13 segmentov (slikaf). Segmentov manjših od 10 m^2 je 5,6 %.

8,1 % stavb (92.560) v Sloveniji nima izračunanih segmentov streh s pripisanimi atributi. Od tega jih je 70,3 % manjših od 50 m^2 . Pri veliki večini gre vzrok za neuspehi izračun pripisati temu, da v oblaku točk aerolaserskega skeniranja niso označene kot stavbe in zato na terenu niso razpoznavne (primer prikazuje slika 8). Pri stavbah manjše površine je lahko vzrok tudi v tem, da z algoritmom odstranjevanja velikih naklonov ne ostane dovolj velika površina (npr. pri zvonikih) ali pa so po končanem izračunu vsi segmenti premajhni (nobeden ni večji od 8 m^2).

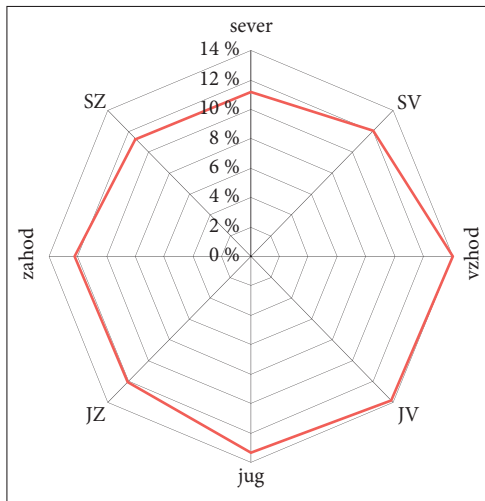


Slika 8: Primer stavbe za katero izračun ni bil uspešen (rdeč pravokotnik), saj v oblaku točk aerolaserskega skeniranja ni označena kot stavba (ni rdečih točk) in zato na rastru stavb ni razvidna. Na sliki je opaziti tudi primer, ko je stavba v oblaku točk označena (desno spodaj), a ni vpisana v kataster stavb. V zelenih tonih so označeni odboji z vegetacije, v rjavih pa odboji s tal.

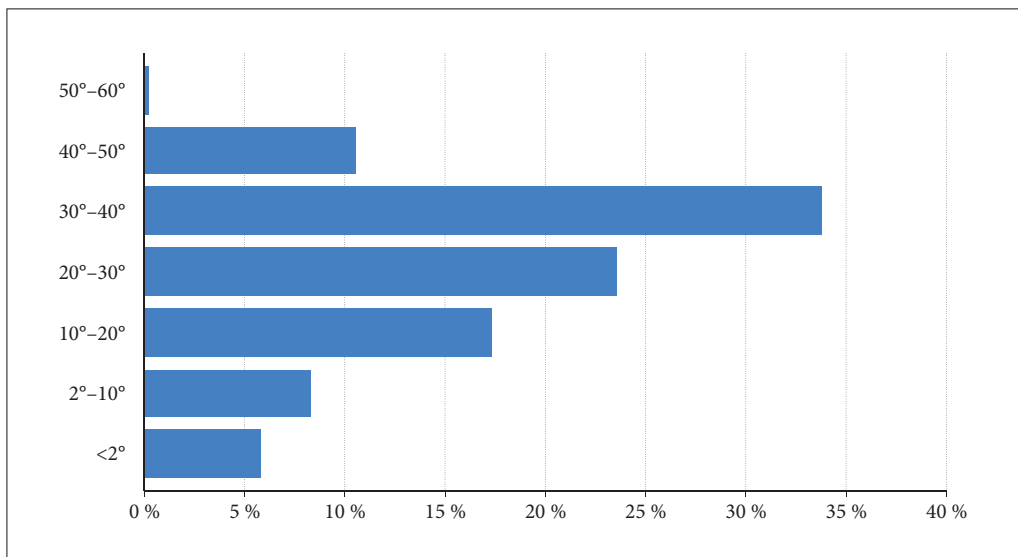
Skupna površina izračunanih segmentov na obravnavanih strehah je 145,3 km². Glede na zasuk so površine razporejene razmeroma enakomerno, čeprav je vseh južnih leg (39,3 %) nekoliko več kot severnih (34,5 %) (slika 9).

Prevladujejo nakloni med 20° in 40° (brez severnih smeri), kar je za zajem sončne energije ugodno (slika 10). Podrobnejšo razporeditev glede na naklonske razrede in zasuk podaja preglednica.

Glede na orientacijo strehe in naklon sončnega panela ocenjujemo skupen potencial na 11,2 TWh letno. Pri tem so kot povprečna vrednost za celotno Slovenijo privzeti podatki za Ljubljano, ki v Sloveniji predstavlja referenčno lokacijo za izračun osončenosti. Z izračunanim potencialom bi pokrili 70 % sedanjne proizvodnje električne energije v Sloveniji (SURs 2021). Izračunan potencial dosega le 41 % potenciala, ki ga v svoji študiji ocenil Kovač (2018) in kjer so bile za postavitev panelov upoštevane površine



Slika 9: Deleži površin segmentov glede na zasuk.



Slika 10: Deleži površin segmentov glede na naklon (brez severnih smeri).

Preglednica 3: Površine segmentov (v 1000 m²) po razredih nagibov in zasuka. Največji skupni letni izkupiček je v razredu pri zasuku na jug (zasuk 180°±15°) in pri naklonskem razredu 31°–33°.

	>jug+60°	jug+60°	jug+30°	jug	jug-30°	jug-60°	>jug-60°
>38°	7.553	2.008	2.161	2.204	2.021	2.112	7.786
33°–38°	7.075	2.007	2.206	2.166	1.913	2.162	7.728
31°–33°	2.566	750	829	795	724	803	2.780
26°–31°	5.467	1.553	1.748	1.772	1.502	1.696	5.908
<26°	15.280	4.101	5.761	6.596	5.110	7.968	20.441
skupaj	37.941	10.419	12.705	13.533	11.270	14.741	44.643

celotnih strehe in dodatno še parkirišč, ter 56 % potenciala Nacionalnega energetskeo-podnebnega načrta (NEPN, 2020). Razpršen raztros rezultatov med opisano študijo ter študijami drugih avtorjev dajejo težo izbranemu pristopu ter izpostavljajo pomembnost uporabe bolj natančnih metod z namenom celovitega poznavanja stanja v naravi. Več študij, ki so že analizirale potencial je predlagalo, da bi bilo za bolj natančno poznavanje potrebno uporabiti podatke aerolaserskega skeniranja Slovenije. Uporabljen model preračuna izplena sončnih elektrarn na strehah je bil sicer močno poenostavljen in ni upošteval lokalnih značilnosti posameznih lokacij (npr. vremena). Opisana študija daje odgovore na to, koliko potenciala je dejansko mogoče izkoristiti na slovenskih strehah.

4 Sklep

Študija daje vpogled v orientacijo streh stavb v Sloveniji – enega ključnih podatkov za izračun realnega potenciala sončne energije, ki je dejansko na voljo na slovenskih strehah. Končni prikaz stanja potenciala proizvodnje električne energije pomeni največji izplen, ki se lahko bodisi odda v omrežje bodisi izkoristi na lokaciji proizvodnje. Glede na nezadostno zmogljivost elektrodistribucijska omrežja v Sloveniji bo verjetno v prihodnje bolj aktualno koriščenje na lokaciji proizvodnje in bo zato treba preučevati stopnjo možne samooskrbe z električno energijo slovenskih gospodinjstev. Dodatni vidik, ki ga bo treba upoštevati in pomembno vpliva na dejanski potencial izkoriščanje sončne energije, je senčenje streh zaradi sosednjih stavb ali hribov, kar bi lahko upoštevali s površinskim izračunom osončenosti v geografskem informacijskem sistemu. Uporabljeno metodo bi lahko izboljšali tudi z izpopolnitvijo podatkov o stavbah, pri čemer bi se izognili nepravilnim ali manjkajočim podatkom o obodih iz katastra stavb. Podatke o večini manjkajočih stavb bi lahko pridobili s ponovno klasifikacijo oblaka točk aerolaserskega skeniranja.

ZAHVALA: Prispevek je nastal s finančno podporo Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije v okviru raziskovalnega programa št. P2-0406 Opazovanje Zemlje in geoinformatika iz študije, ki jo je financiral Inštitut Jožefa Stefana v okviru projekta LIFE Podnebna pot 2050 (ClimatePath2050 LIFE 16 GIC/SI/000043). Hvala Žigi Marohu za pomoč pri masovni obdelavi podatkov.

5 Viri in literatura

- Agencija RS za okolje 2015: Podatki aerolaserskega skeniranja Slovenije. Medmrežje: http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso (13. 1. 2022).
- BOSON. Tahir, A. J., in drugi. 2017: Strokovna podpora fokusnim skupinam v sklopu priprave Strategije prostorskega razvoja Slovenije 2050, Sklop 2: prostorske možnosti za nizkoogljično družbo. Ljubljana.
- Geodetska uprava RS 2016: Kataster stavb. Medmrežje: <https://eprostor.gov.si/imps/srv/slv/catalog.search#/metadata/5aa2b97b-2ea3-427f-a9fb-d7827c61c115> (13. 1. 2022).
- IJS. Kovač, M. in sod. 2018: Končno poročilo C1.1: Blaženje podnebnih sprememb 2050; Potenciali in srednjeročni izzivi: Del 5B: Potencial sončnih elektrarn na strehah objektov v Sloveniji do leta 2050. Ljubljana.
- International Renewable Energy Agency (IRENA). 2017: Joanneum Research and University of Ljubljana. Cost-Competitive Renewable Power Generation: Potential across South East Europe. Abu Dhabi.
- IREET. 2009: Strokovne podlage za akcijski načrt za doseganje ciljnih deležev končne porabe električne energije iz obnovljivih virov do leta 2020. Ljubljana.
- Nacionalni energetske-podnebnega načrta (NEPN). 2020: Ministrstvo za infrastrukturo. Medmrežje: https://www.energetika-portal.si/fileadmin/dokumenti/publikacije/nepn/dokumenti/nepn_5.0_final_feb-2020.pdf (17. 2. 2022).
- Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS). 2017. Institute for Energy, Renewable Energy Unit. Medmrežje: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> (17. 2. 2022).
- Statistični urad Republike Slovenije, 2021. Medmrežje: <https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/5/88> (17. 2. 2022).
- Triglav-Čekada, M., Bric, V. 2015: Končan je projekt laserskega skeniranja Slovenije. Geodetski vestnik 59-3.
- UL FS. 2009: Operativni program ravnanja z ločeno zbranimi frakcijami komunalnih odpadkov v obdobju 2009–2013, osnutek. s. l. Fakulteta za strojništvo, Univerza v Ljubljani.
- Urbančič, A. in sod. 2011: NEP 2011: Dolgoročne energetske bilance NEP do leta 2030; Izhodišča, IJS-DP-10548, Izdaja: 03. Ljubljana.
- Združenje slovenske fotovoltaične industrije. 2010: Pripombe na osnutek Akcijskega načrta za obnovljive vire energije za obdobje 2010-2020. Ljubljana.