

# Analiza optimalnih lokacija solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

---

Jazvić, Luka

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:544100>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-08**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



**Luka Jazvić**

**Analiza optimalnih lokacija solarnih elektrana u  
Dubrovačko-neretvanskoj županiji**

**Diplomski rad**

**Zagreb  
2022.**



**Luka Jazvić**

**Analiza optimalnih lokacija solarnih elektrana u  
Dubrovačko-neretvanskoj županiji**

**Diplomski rad**

predan na ocjenu Geografskom odsjeku  
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu  
radi stjecanja akademskog zvanja  
magistra geografije

**Zagreb  
2022.**

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija; smjer: istraživački (Prostorno planiranje i regionalni razvoj)* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Jelene Lončar

Sveučilište u Zagrebu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Geografski odsjek

Diplomski rad

## **Analiza optimalnih lokacija solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji**

Luka Jazvić

**Izvadak:** Povećanje korištenja obnovljivih izvora energije je ključno u tranziciji Europske unije, a tako i Hrvatske, ka klimatski neutralnom društvu i gospodarstvu. Hrvatska ima veliki potencijal za iskorištavanje Sunčeve energije. Jedan od glavnih izazova je pronalazak optimalnih lokacija za smještaj solarnih fotonaponskih elektrana jer one moraju biti smještene u području optimalnog iskorištavanja energije Sunca bez narušavanja krajolika. Upravo se višekriterijskom metodom mogu pronaći optimalne lokacije. U ovom radu korištene su dvije metode – analiza osjetljivosti i analiza pogodnosti za pronalazak optimalnih lokacija u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Rezultati analiza pokazuju da Dubrovačko-neretvanska županija ima visoki postotak područja na kojima je zakonski onemogućena gradnja (60,9 %). Izrazito pogodne lokacije nalaze se na 9.002,54 ha te su rasprostranjene po cijeloj županiji.

45 stranica, 20 grafičkih priloga, 6 tablica, 28 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

**Ključne riječi:** solarne elektrane, višekriterijska analiza, analiza pogodnosti, Dubrovačko-neretvanska županija

**Voditelj:** doc. dr. sc. Jelena Lončar

**Povjerenstvo:** doc. dr. sc. Jelena Lončar  
doc. dr. sc. Mladen Maradin  
prof. dr. sc. Zoran Stiperski

**Tema prihvaćena:** 10. 6. 2021.

**Rad prihvaćen:** 10. 2. 2022.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb  
Faculty of Science  
Department of Geography

Master Thesis

**Analysis of potential locations for solar power plants in Dubrovnik-Neretva County**

Luka Jazvić

**Abstract:** Increasing the use of renewable energy sources is crucial in the transition of the European Union, and thus Croatia, to a climate-neutral society and economy. Croatia has great potential for the use of solar energy. One of the main challenges is to find optimal locations for solar photovoltaic power plants because they must be located in area with optimal use of solar energy without disturbing the landscape. It is the multicriteria method that can be used to find optimal locations. Two methods were used in this paper - sensitivity analysis and suitability analysis for finding optimal locations in Dubrovnik-Neretva County. The results of the analysis show that the Dubrovnik-Neretva County has a high percentage of areas where construction is legally prohibited (60,9 %). Extremely suitable locations are located on 9,002.54 ha and are disseminated throughout the county.

45 pages, 20 figures, 6 tables, 28 references; original in Croatian

**Keywords:** solar power plants, multicriteria analysis, suitability analysis, Dubrovnik-Neretva County

**Supervisor:** Jelena Lončar, PhD, Assistant Professor

**Reviewers:** Jelena Lončar, PhD, Assistant Professor  
Mladen Maradin, PhD, Assistant Professor  
Zoran Stiperski, PhD, Full Professor

**Thesis title accepted:** 10/06/2021

**Thesis accepted:** 10/02/2022

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Marulićev trg 19, Zagreb, Croatia.

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b>	<b>1</b>
1.1. Predmet, ciljevi i hipoteze istraživanja	1
1.2. Metodološki okvir istraživanja	2
<b>2. Dosadašnje analize pogodnih lokacija za izgradnju solarnih elektrana u Hrvatskoj</b>	<b>3</b>
<b>3. Međunarodne konvencije</b>	<b>5</b>
3.1. Kyotski protokol	6
3.2. Pariški sporazum	7
<b>4. Europski klimatsko-energetski paket zakona i dosadašnje ostvarenje ciljeva</b>	<b>8</b>
4.1. Ostvarenje strateškog cilja do 2020. godine	8
4.2. Udio energije dobiven iz OIE u 2020. za tri područja potrošnje energije	9
<b>5. Strategija niskougljičnog razvoja Hrvatske</b>	<b>11</b>
5.1. Tri scenarija Niskougljične strategije	11
<b>6. Energija Sunca i samostojeće fotonaponske elektrane</b>	<b>13</b>
6.1. Tehnologija fotonaponskih sustava	14
6.2. Postojeće lokacije predviđene za izgradnju solarnih elektrana	15
<b>7. Opća obilježja dubrovačko-neretvanske županije</b>	<b>18</b>
7.1. Opća prirodnogeografska obilježja	19
7.2. Stanovništvo u odnosu prema korištenju i potrošnji energije	21
<b>8. Analiza osjetljivosti prostora Dubrovačko-neretvanske županije</b>	<b>22</b>
8.1. Izdvajanje relevantnih indikatora/faktora koji će se uzimati u obzir u analizi osjetljivosti	23
8.2. Prepoznavanje 'Izuzetih područja' na kojima se solarne fotonaponske elektrane ne smiju postaviti zbog zakonskih ograničenja	24
8.3. Prepoznavanje 'Izrazito ranjivih područja' izvan 'Izuzetih područja' koja su potencijalno izrazito ranjiva za postavljanje i rad solarnih fotonaponskih elektrana	27
8.4. Vrednovanje osjetljivosti ostalih područja	28



<b>9. Analiza pogodnosti prostora Dubrovačko-neretvanske županije</b>	<b>29</b>
9.1. Indikator: Globalna horizontalna radijacija	31
9.2. Indikator: Blizina industrijskih i poslovnih prostora	31
9.3. Indikator: Blizina površina za iskorištavanja mineralnih sirovina	31
9.4. Indikator: Blizina transformatorskih i rasklopnih postrojenja	32
9.5. Indikator: Udaljenosti od naponske mreže	32
9.6. Pogodnost prostora Dubrovačko-neretvanske županije	32
<b>10. Rezultati</b>	<b>33</b>
10.1. Rezultati analize osjetljivosti prostora na izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji	33
10.2. Rezultati analize pogodnosti prostora na izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji	35
<b>11. Rasprava</b>	<b>42</b>
11.1. Osjetljivost prostora Dubrovačko-neretvanske županije za izgradnju solarnih elektrana	42
11.2. Pogodnost prostora Dubrovačko-neretvanske županije za izgradnju solarnih elektrana	43
<b>12. Zaključak</b>	<b>44</b>
<b>Literatura</b>	<b>46</b>
<b>Izvori</b>	<b>48</b>
<b>Popis slika</b>	<b>VII</b>
<b>Popis tablica</b>	<b>VIII</b>
<b>Popis priloga</b>	<b>VIII</b>

## 1. UVOD

Dugogodišnja povećana potrošnja fosilnih goriva i povećana emisija stakleničkih plinova uzrokovali su zagađenje atmosfere, tla i vode (Martins i dr., 2019). Osim zagađenja okoliša, fosilna goriva nisu dugoročno rješenje proizvodnje energije s obzirom da je njihova količina ograničena, odnosno neobnovljiva. Na primjer, procjenjuje se da je trenutna zaliha ugljena dovoljna za još 200 godina proizvodnje električne energije (British Petroleum, 2021). Upravo zbog zagađenja okoliša i ograničene količine, svijet se sve više okreće obnovljivim i ekološki prihvatljivim izvorima energije, poput energije vjetra, hidroenergije, geotermalne energije, energije plime i oseke, Sunčeve energije i energije biomase. Korištenje obnovljivih izvora energije (u daljnjem tekstu: OIE) također doprinosi lokalnom i regionalnom razvoju, povećanju zaposlenosti i sigurnosti stanovništva te kvaliteti života (Gašparović i dr., 2019).

Vrsta OIE koja se potencijalno može koristiti ovisi o lokalnim i regionalnim obilježjima koje je potrebno istražiti prije početka izgradnje samostojećih solarnih fotonaponskih elektrana (u daljnjem tekstu: solarne elektrane). Također, solarne elektrane nisu uobičajeni elementi u prostoru i treba ih smjestiti na način optimalnog iskorištavanja potencijala energije, bez narušavanja krajolika i preklapanja s drugim djelatnostima (Al Garni i Awasthi, 2017). Za odabir lokacije pojedinih solarnih elektrana, određene metode pokazale su se važnima, poput metoda daljinskog mjerenja, geografskih informacijskih sustava (GIS) te višekriterijske analize prostornih podataka (Doorga i dr., 2019).

### 1.1. Predmet, ciljevi i hipoteze istraživanja

Predmet istraživanja ovog rada je geografski potencijal iskorištavanja Sunčeve energije u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Vremenski okvir istraživanja je kraj 2021. te početak 2022. godine.

U prostornom planu županije već su definirane lokacije za istraživanje potencijala instaliranja solarnih elektrana, no u ovom radu će se analizirati potencijalna osjetljivost i pogodnost na izgradnju na području cijele Dubrovačko-neretvanske županije. Provođenjem višekriterijske analize utvrdit će se područja i lokacije različite osjetljivosti i pogodnosti s obzirom na instalaciju solarnih elektrana u okviru postojeće zakonske regulative i smjernica prostornog plana županije. Motivacija za ovo istraživanje proizlazi iz suvremenog trenda rasta interesa za proizvodnjom energije iz OIE, prilikom čega se problem mora promatrati s više strana,

integriranjem različitih alata i kriterija u planski proces odabiranja optimalnih proizvodnih lokacija u prostoru.

Glavni ciljevi ovoga diplomskog rada su:

1. Odrediti kategorije osjetljivosti prostora na izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s obzirom na ekonomske, socijalne i okolišne faktore.
2. Identificirati pogodne lokacije metodama i kriterijima korištenima za Zadarsku županiju, uz određene modifikacije (EIHP, 2021).

Kroz rad će se pokušati odgovoriti na sljedeća pitanja: Postoje li pogodne lokacije za gradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji? Gdje se u Dubrovačko-neretvanskoj županiji nalaze te pogodne lokacije? Jesu li otoci Dubrovačko-neretvanske županije pogodni za gradnju solarnih elektrana?

U sklopu svega navedenog, postavljene su sljedeće hipoteze:

1. U Dubrovačko-neretvanskoj županiji postoje lokacije pogodne za izgradnju solarnih elektrana, odnosno lokacije koje udovoljavaju postavljenim kriterijima.
2. Pogodne lokacije nalaze se najvećim dijelom u zaleđu Dubrovačko-neretvanske županije.
3. Otoci Dubrovačko-neretvanske županije nisu pogodni za gradnju solarnih elektrana.

## **1.2. Metodološki okvir istraživanja**

U ovom se radu metoda višekriterijske analize koristi u kombinaciji s GIS alatima kako bi se napravila analiza osjetljivosti i pogodnosti prostora Dubrovačko-neretvanske županije te prepoznale optimalne lokacije za postavljanje solarnih elektrana. Korišteni su javno dostupni podaci iz Prostornog plana Dubrovačko-neretvanske županije, Bioportala, CORINE Land Covera te su obrađeni u GIS softveru (QGIS 3.16.3 i Arcmap 10.4).

Metoda višekriterijske analize temelji se na preklapanju različitih prostornih podataka i omogućuje prepoznavanje optimalnih lokacija za postavljanje solarnih fotonaponskih elektrana (Ruiz i dr., 2020). Primjena višekriterijske analize i obrada prostornih podataka u GIS-u često se koriste kao planerska praksa u području razvijanja novih energetske sustava te služi

podupiranju procesa prostornog planiranja na nacionalnoj, županijskoj i lokalnoj razini (EIHP, 2021; OIKON, 2015; Ruiz, 2020; Mierzwiak i Calka, 2017). Višekriterijska analiza koristi matematičke metode i alate za uspoređivanje različitih kvalitativnih i kvantitativnih kriterija, koji često mogu biti i kontradiktorni (Mierzwiak i Calka, 2017). Primjerice, blizina naselja može biti otežavajući kriterij zbog vizualne degradacije neposredne blizine naselja, dok s druge strane blizina velikog potrošača električne energije pridonosi manjim gubicima energije tijekom transporta (Mierzwiak i Calka, 2017; EIHP, 2021).

Zbog ograničenog pristupa rasterskim podacima, u analizi i preklapanju slojeva korištena je prostorna rezolucija rasterskih slojeva 100x100 m pa je moguće da područja, koja su manja od toga izuzeta iz analize, odnosno nisu zabilježena.

## **2. DOSADAŠNJE ANALIZE POGODNIH LOKACIJA ZA IZGRADNJU SOLARNIH ELEKTRANA U HRVATSKOJ**

U Hrvatskoj je provedeno nekoliko analiza pogodnih lokacija za korištenje OIE, uključujući i solarne elektrane. Većinu takvih analiza proveli su multi- i interdisciplinarni timovi građevinara, geofizičara, biologa, arhitekata, šumara i drugih, a naručitelji analiza su uglavnom Ministarstva, poput Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine, te županije. Primjerice, u 2020. godini je objavljena stručna studija „Analiza prostornih kapaciteta i uvjeta za korištenje potencijala OIE u Republici Hrvatskoj“ koju je naručilo Ministarstva prostornog uređenja, graditeljstva i državne imovine (Tomišić i dr., 2020). Prema toj studiji, Hrvatska ima čak 78 % površina koje su privlačne ili izrazito privlačne za razvoj fotonaponskih postrojenja, a najveći dio Dubrovačko-neretvanske županije spada u izrazito privlačno područje s 166.750,29 kWh/kWp specifičnog prinosa solarne energije (Tab.1.). Specifični prinos solarne energije predstavlja količinu generirane energije po jedinici instaliranog fotonaponskog kapaciteta, računa se u kilovat-satima po instaliranom kilovatu s maksimalnim performansama (kWh/kWp) (Tomišić i dr., 2020).

Tab. 1. Privlačnost područja po županijama s obzirom na specifični prinos solarne energije (kWh/kWp)

<b>Županija</b>	<b>Umjereno privlačno</b>	<b>Privlačno</b>	<b>Izrazito privlačno</b>
<b>Bjelovarsko-bilogorska</b>	11.389,75	252.471,90	0
<b>Brodsko-posavska</b>	55.290,89	147.536,90	0

<b>Dubrovačko-neretvanska</b>	512,48	10.988,42	166.760,29
<b>Grad Zagreb</b>	45.034,04	19.091,09	0
<b>Istarska</b>	900,74	267.895,12	12.650,28
<b>Karlovačka</b>	334.577,06	27.866,59	0
<b>Koprivničko-križevačka</b>	1.451,34	173.341,59	0
<b>Krapinsko-zagorska</b>	88.615,42	34.345,83	0
<b>Ličko-senjska</b>	74.166,66	449.736,90	11.602,20
<b>Međimurska</b>	0	72.922,72	0
<b>Osječko-baranjska</b>	555,85	414.243,97	0
<b>Požeško-slavonska</b>	34.457,56	147.808,03	0
<b>Primorsko-goranska</b>	116.164,17	204.426,77	38.342,08
<b>Sisačko-moslavačka</b>	281.961,55	164.714,23	0
<b>Splitsko-dalmatinska</b>	1.933,20	58.489,17	393.410,31
<b>Šibensko-kninska</b>	678,34	42.672,71	253.507,61
<b>Varaždinska</b>	15.860,98	110.112,86	0
<b>Virovitičko-podravska</b>	39.105,93	163.152,81	0
<b>Vukovarsko-srijemska</b>	0	244.933,58	0
<b>Zadarska</b>	2.721,21	147.027,53	214.545,96
<b>Zagrebačka</b>	148.715,76	157.453,24	0
<b>Republika Hrvatska</b>	1.254.092,95	3.311.231,98	1.090.818,73

Izvor: Tomišić i dr., 2020

Prema tome je ona četvrta županija po najvećem specifičnom prinosu solarne energije, odmah iza Splitsko-dalmatinske, Šibensko-kninske i Zadarske županije. Specifični prinos solarne energije jedan je od glavnih kriterija po kojem se gleda isplativost izgradnje solarnih elektrana, ali se za odabir lokacija moraju uzeti u obzir društveni, ekonomski i okolišni faktori. Tako je 2017. godine slično istraživanje napravljeno i u Srbiji gdje su integrirani višekriterijska analiza i GIS alati za odabir optimalnih lokacija za razvoj samostojećih solarnih fotonaponskih elektrana (Doljak i Stanojević, 2017). Autori su naglasili i kompleksnost metode jer se koristi vrlo veliki skup međusobno preklapajućih podataka. Također, naglasili su da nisu koristili društveno-ekonomske faktore koji bi možda donijeli drugačije rezultate.

Na području Hrvatske su napravljene i dvije studije za Zadarsku (EIHP, 2021) i Dubrovačko-neretvansku županiju (OIKON, 2015). Studija za Zadarsku županiju izrađena je preko „Pilot projekta integriranog planiranja obnovljivih izvora energije u Jugoistočnoj Europi“ koju je

proveo EIHP u suradnji s organizacijom *The Nature Conservancy*, lokalnim dionicima i nevladinim organizacijama (EIHP, 2021). Identificirali su područja u Zadarskoj županiji osjetljiva s obzirom na razvoj obnovljive energije i proizvodni energetske potencijal vjetra i sunca. U analizi su korištena 22 skupa podataka o stanju okoliša, značajkama biološke raznolikosti, društvenim i kulturnim značajkama te o obrascima korištenja zemljišta. Rezultati analize namijenjeni su prije svega prostornim planerima u svrhu integriranja u planove državne, županijske i lokalne razine te ih mogu koristiti za davanje smjernica investitorima koji pokušavaju ishoditi lokacijske dozvole (EIHP, 2021).

Za Dubrovačko-neretvansku županiju, analizu je proveo Institut za primijenjenu ekologiju (OIKON, 2015) te je definirao lokacije za korištenje OIE (vjetar, Sunce, biomasa i geotermalna energija) koje služe investitorima za daljnja istraživanja i olakšanu realizaciju projekata. Pri analizi razmatrana su obilježja lokacija s obzirom na energetske potencijal, infrastrukturne značajke i mogućnosti (uključujući mogućnost priključka na mrežu), prostorno – planski i okolišni aspekti te aspekti zaštite prirodnih vrijednosti i graditeljske baštine.

Glavni problem ovakvih analiza je korištenje različitih kriterija za pronalazak lokacija. Primjerice, dva istraživanja su koristila različite kriterije za odabir optimalnih lokacija solarnih elektrana za Dubrovačko-neretvansku županiju, što je rezultiralo drugačijim lokacijama (Tomišić i dr., 2020; OIKON, 2015).

### **3. MEĐUNARODNE KONVENCIJE**

Energija je neophodna za većinu aktivnosti modernog društva. Životni standard se često procjenjuje i po potrošnji energije. Zbog gospodarskog rasta te rasta stanovništva, procjenjuje se da će se, u sljedećih 30-ak godina, globalna potražnja za energijom povećati za 47 % (U.S. EIA, 2021). Također, spaljivanje fosilnih goriva uzrokovalo je zagađenje svih dijelova okoliša (tla, vode i atmosfere), a osim emisije štetnih plinova, proizvodi se i ogromna količina otpada (Martins i dr., 2019).

Upravo zbog rasta potražnje za energijom te ograničene količine i štetnih utjecaja fosilnih goriva, OIE su od iznimne važnosti. Početak usmjeravanja svijeta na OIE započeo je 1992. u Rijju, a dugogodišnje međunarodne konferencije na temu OIE rezultirale su različitim konvencijama (UN, 1992).

Još 1827. francuski znanstvenik Jean-Baptiste Fourier otkrio je "učinak staklenika": atmosferski plinovi zadržavaju Sunčevu toplinu, umjesto da se ona zrači natrag u svemir, čime se podiže temperatura na Zemlji (Fleming, 1999). Kao prva šira globalna reakcija na negativan utjecaj na okoliš i pokušaj ujednačavanja ekonomskog razvoja i zaštite okoliša smatra se konferencija Ujedinjenih naroda o okolišu i razvoju u Riju 1992. (UNCED<sup>1</sup>) na kojoj je usvojena 'Agenda 21', odnosno Akcijski program za 21. stoljeće.

Tim se programom ukazalo na potrebu za zajedničkim djelovanjem kako bi se ostvario održivi razvoj, zaštitio okoliš, ljudi te ograničila emisija stakleničkih plinova (UN, 1992). Na toj konferenciji utemeljene su tri konvencije, od kojih je jedna Okvirna konvencija Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC<sup>2</sup>) koja predstavlja glavni međunarodni sporazum u području klime, čiji dionik je i Europska Unija.

### **3.1. Kyotski protokol**

Nakon što je primijećeno relativno nepridržavanje odredaba Akcijskog plana, potpisnice su postrožile mjere te 1997. potpisale Kyotski protokol čime su prvi put uvedene pravne sankcije za neispunjenje ciljeva smanjenja emisija (UNFCCC, 1997). Protokol je stupio na snagu 8 godina kasnije, 2005. godine, a prvo obvezujuće razdoblje trajalo je do 2012. godine.

Protokol je uzeo u obzir ekonomske razlike među državama te je zbog toga najveću odgovornost za smanjenje emisija dao razvijenim državama. Smanjenje emisija se prvenstveno odnosilo na 6, a kasnije i 7 stakleničkih plinova - ugljikov dioksid (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), dušikov oksid (NO<sub>2</sub>), halogene ugljikovodike (PFC i HFC), sumporov heksafluorid (SF<sub>6</sub>) i dušikov trifluorid (NF<sub>3</sub>) (UNFCCC, 1997).

Iako je 36 država smanjilo svoje emisije, globalne emisije su svejedno porasle za 32 % u razdoblju između 1990. i 2010. godine (UNEP, 2012). Upravo zbog navedenog povećanja, protokol je produžen do 2020. godine (drugo obvezujuće razdoblje), poznato pod nazivom Doha Kyotskog protokola.

Glavni problem Kyotskog protokola je što ga Sjedinjene Američke Države nikad nisu ratificirale, a uz Kinu najviše doprinose emisiji stakleničkih plinova. Također se Kanada

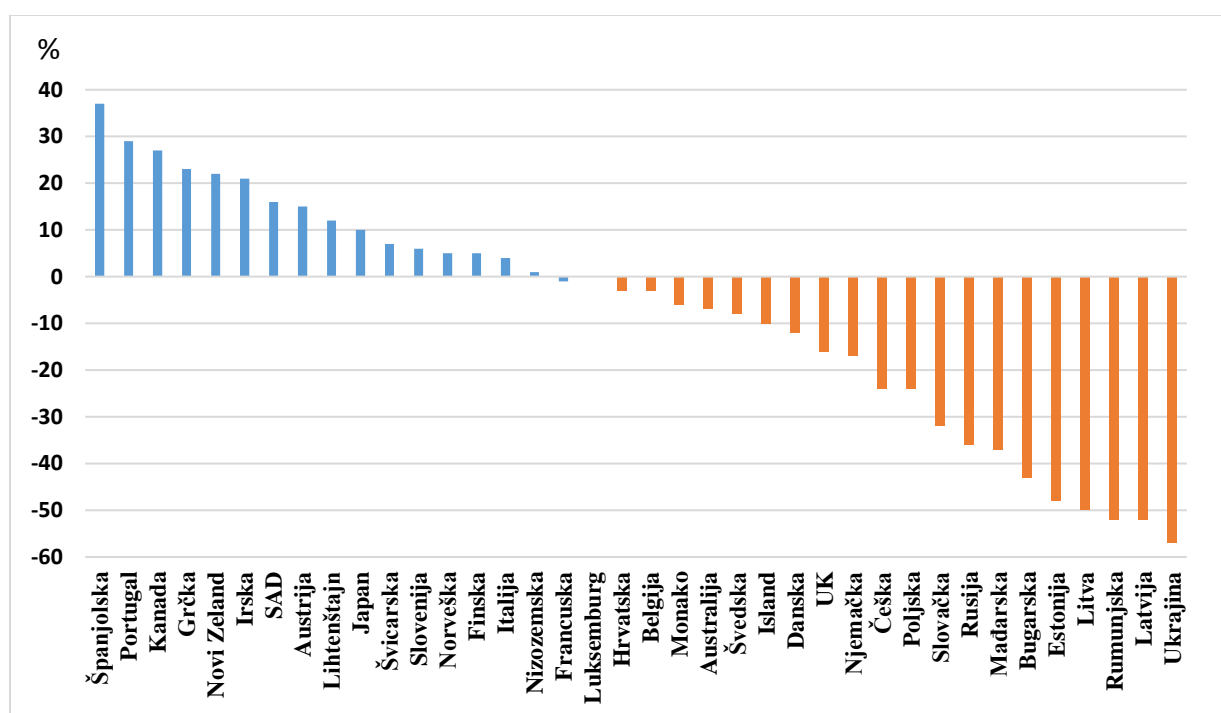
---

<sup>1</sup> United Nations Conference on Environment and Development

<sup>2</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change

povukla iz protokola jer su joj emisije plinova u 2009. godini bile veće za 17 % nego 1990. (UNEP, 2012). Ujedno, brojne države potpisnice nisu uspjele postići zadane ciljeve (Sl. 1.).

Republika Hrvatska je potpisala Kyotski protokol 11. ožujka 1999. godine kao 78. potpisnica, ali ga nije ratificirala do 2007. zbog pregovora oko bazne godine. Hrvatski sabor je 27. travnja 2007. godine donio Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime. Devedesetog dana od dana polaganja isprave o ratifikaciji kod depozitara, Glavnog tajnika UN-a, Hrvatska je postala punopravna članica Protokola, 28. kolovoza 2007. godine (Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime, NN 5/2007).



Sl. 1. Razlika između stvarnih emisija i ciljeva smanjenja stakleničkih plinova Kyotskog protokola država potpisnica  
Izvor: IEDM, 2021

### 3.2. Pariški sporazum

S ciljem smanjivanja emisija stakleničkih plinova, nakon Kyotskog protokola, 2015. godine potpisan je Pariški sporazum o klimatskim promjenama (UN, 2015). Potpisalo ga je 196 država, uključujući i Hrvatsku. Cilj sporazuma je ograničavanje porasta globalne prosječne temperature, osiguravanje opskrbe hranom, ali i jačanje kapaciteta država da se bore s posljedicama klimatskih promjena, razvoj novih „zelenih“ tehnologija i pomaganje slabijim, ekonomski manje razvijenim članicama u ostvarenju svojih nacionalnih planova o smanjenju emisija (UN, 2015).



Upravo se Pariškim sporazumom naglasila potreba za povećanjem korištenja OIE, a u međuvremenu je Europska unija odlučila do 2050. postati prvo klimatski neutralno gospodarstvo i društvo.

#### **4. EUROPSKI KLIMATSKO-ENERGETSKI PAKET ZAKONA I DOSADAŠNJE OSTVARENJE CILJEVA**

Europska unija je globalni predvodnik u borbi protiv klimatskih promjena te u skladu s time oblikuje svoje politike i djelovanja te uspostavlja globalne standarde i potiče klimatsku ambiciju i suradnju diljem svijeta. Upravo zbog toga je krajem 2008. godine EU usvojila energetska-klimatski paket zakona koji su prvo definirali strateške ciljeve do 2020., a trenutno definiraju ciljeve do 2030. i 2050. godine (Europska komisija, 2015):

1. Reducirati emisije stakleničkih plinova za 55 % do 2030. i povećati iskorištavanja OIE na 40 %
2. Postati klimatski neutralno društvo i gospodarstvo, odnosno reducirati emisije stakleničkih plinova na 0 % do 2050.

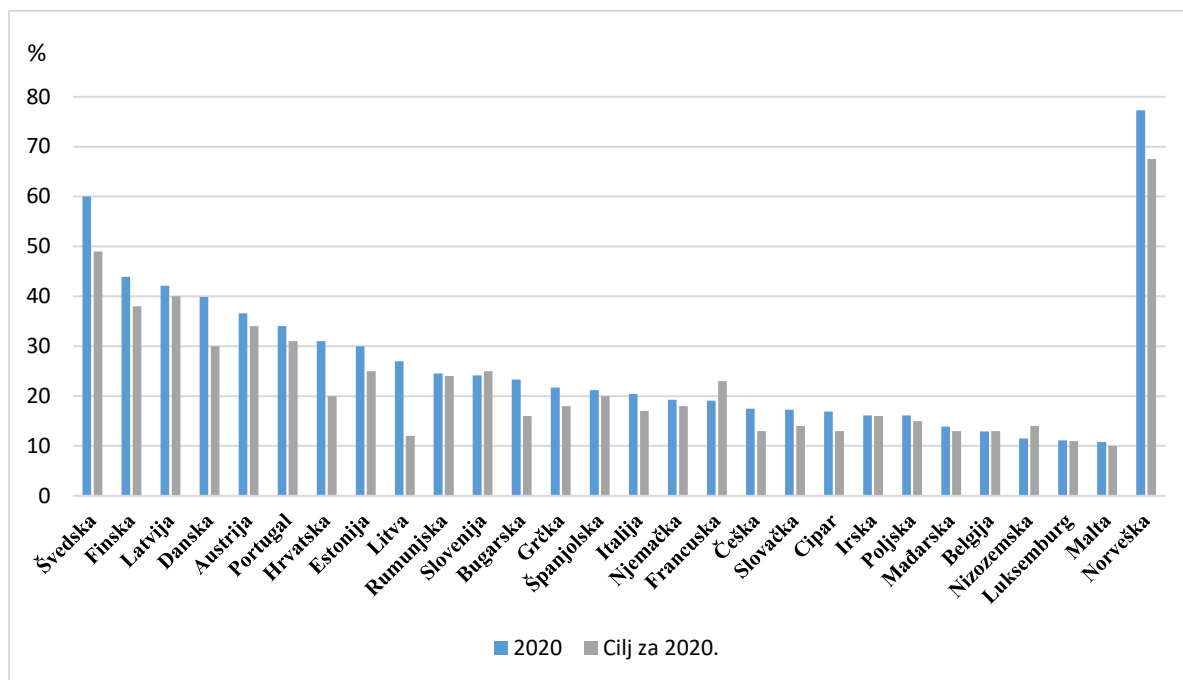
Upravo je Direktiva o promicanju uporabe OIE ključni dokument tog paketa, a predstavlja pravnu osnovu za razvoj OIE u svim sektorima gospodarstva EU (Šantek i dr., 2020). Direktiva postavlja osnovna pravila za uklanjanje barijera, stimuliranje investicija i smanjenje cijena tehnologija OIE, te potiče građane, potrošače i poduzeća na participaciju u prelasku na čiste izvore energije (Europski parlament i Vijeće EU, 2018).

##### **4.1. Ostvarenje strateškog cilja do 2020. godine**

Obzirom da je plan EU-a bio ostvariti udio od 20 % ukupne potrošnje energije iz OIE do 2020., cilj je podijeljen između svih članica koje bi nacionalnim akcijskim planovima trebale iscertati put k niskougljičnom energetskaom razvoju. Posljednji dostupni podaci o udjelima OIE u ukupnoj energetskaom potrošnji u 2020. godini i ciljevi za pojedine članice koji su postavljeni za 2020 prikazani su na slici 2.

Pozitivan razvoj je bio potaknut pravnim obvezama te je većina država uspjela ostvariti zadane ciljeve. Pojedine države moraju poraditi na bržem povećanju udjela OIE, poput Francuske, Nizozemske i Slovenije, kako bi dostigle ciljeve za 2030. godinu (Eurostat, 2022).

No, sveukupno gledano, udio OIE u ukupnoj energetskej potrošnji EU (Sl. 2.) je iznosio 22,1 % u 2020., što znači da je Europska unija uspjela ostvariti zadani cilj. S obzirom da je 2004. godine OIE u ukupnoj energetskej potrošnji EU iznosio svega 9,6 %, EU će vjerojatno uspješno ostvariti i ciljeve za 2030. godinu (Eurostat, 2022).



Sl. 2. Udio energije dobivene iz OIE u razdoblju 2004.-2019.

Izvor: Eurostat, 2022.

#### 4.2. Udio energije dobiven iz OIE u 2020. za tri područja potrošnje energije

Iako je glavni strateški cilj za 2020. godinu uspješno ostvaren, jedan od podciljeva nije. Podciljevi se odnose na povećanje udjela energije iz OIE u tri glavna područja u kojima se najviše koristi energija (Eurostat, 2022):

1. potrošnja električne energije;
2. grijanje i hlađenje;
3. prijevoz.

Uspješno su ostvareni podciljevi za potrošnju električne energije te za grijanje i hlađenje. U 2020., OIE su činili 37,5 % ukupne potrošnje električne energije u EU, od čega je oko 33 % udjela imala vjetroenergija i isto toliko hidroenergija. Preostala trećina električne energije generirana je iz solarne energije (13 %), krutih biogoriva (8 %) i ostalih OIE (9 %) (Eurostat, 2022).

Od svih navedenih OIE, solarna energija predstavlja najbrže rastući izvor energije; a 2008. iznosila je samo 1 %. Rast električne energije dobivene iz energije Sunca očituje se u izvješćima Europske komisije i činjenici da je EU 2008. proizvela 7,4 TWh, a u 2019. 144,2 TWh (Eurostat, 2022).

Povoljan trend rasta udjela energije dobivene iz OIE u ukupnoj potrošnji električne energije zabilježen je i za Hrvatsku. Ostvaren je pomak s 35 % na 49,8 % u razdoblju 2004.-2019. (Sl. 3.). Zbog revizije podataka za potrošnju biomase u kućanstvima, podaci za RH pokazuju da je potrošnja energije iz OIE iznad ciljeva za 2020. još od 2004. (Eurostat, 2022). Osim za električnu energiju, ciljevi su postignuti i za hlađenje i grijanje, gdje je udio OIE za hlađenje i grijanje iznosio 36,8 % za Hrvatsku, a za Europu 22,1 % u 2019. godini (Eurostat, 2022).

Za razliku od ta dva područja, ciljevi za povećanje udjela OIE u prijevozu (cilj je bio 10 %) postigle su samo Švedska, Finska, Nizozemska, Austrija i Norveška. No, pomak je ipak ostvaren za Hrvatsku, jer je Hrvatska, nakon Finske, država s najvećim porastom udjela OIE (Sl. 3.) u prijevozu u razdoblju 2004.-2019. (Eurostat, 2022). Kako bi se ostvarili podciljevi za 2030. godinu, mora se intenzivno raditi na povećanju udjela OIE u prijevozu.



Sl. 3. Udio energije dobivene iz OIE u ukupnoj potrošnji električne energije za RH i EU-27 u razdoblju 2004.-2019.

Izvor: Eurostat, 2022

## **5. STRATEGIJA NISKOUGLJIČNOG RAZVOJA HRVATSKE**

Hrvatska svoje ciljeve za smanjenje emisija ostvaruje u okviru politike EU te je u sklopu tog pravnog okvira, a također i međunarodnih konvencija, dužna izraditi dugoročnu niskougljičnu strategiju do 2050. godine. Upravo zbog toga je izrađena „Strategija niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu“ (dalje u tekstu: NUS) čiji su temeljni ciljevi omogućiti razdvajanje gospodarskog rasta od emisije stakleničkih plinova te učinkovito korištenje resursa (NUS, NN 63/2021). Zadane mjere provode svi sektori gospodarstva, no također sudjeluje i svaki građanin odabirom lokalno uzgojene i svježe hrane, čistog prometovanja te ekonomičnog grijanja i hlađenja prostora.

Bez obzira na to što je relativni udio emisija u Hrvatskoj na globalnoj razini jako nizak, NUS daje priliku Hrvatskoj da uz pomoć fondova EU napravi zaokret u svim sektorima gospodarstva. Posebice se to odnosi na niskougljično poslovanje i tehnologije koje bi ojačale konkurentnost Hrvatske na zajedničkom europskom tržištu (NUS, NN 63/2021). NUS je donio Hrvatski sabor, na prijedlog Vlade Hrvatske, a „Akcijski plan za provedbu NUS-a za razdoblje od pet godina“ na prijedlog tijela državne uprave nadležnog za zaštitu okoliša. Usklađivanje planskih dokumenata pojedinih područja propisano je Zakonom o zaštiti klime i ozonskog sloja (NN 127/2019) čime se propisuje da razvojni dokumenti pojedinih područja i djelatnosti moraju biti prilagođeni načelima i prioritetima NUS-a.

### **5.1. Tri scenarija Niskougljične strategije**

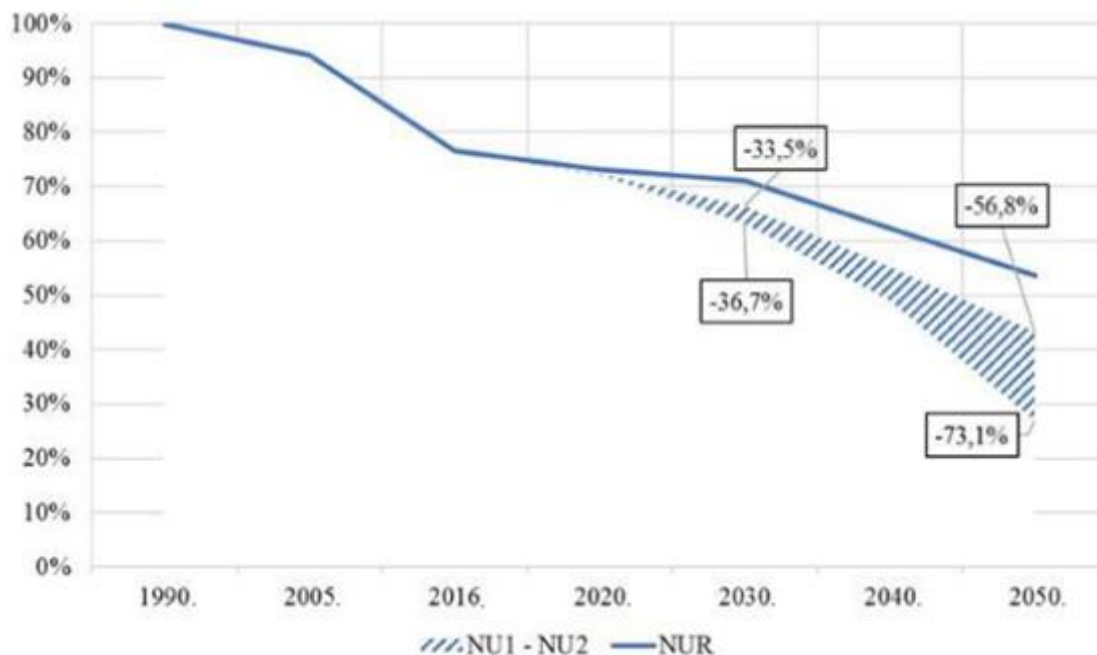
Oko stotinu mjera je odabrano kako bi se smanjile emisije stakleničkih plinova, a te mjere su ugrađene u tri glavna scenarija (NUS, NN 63/2021):

1. Referentni scenarij (NUR)
2. Scenarij postupne tranzicije (NU1)
3. Scenarij snažne tranzicije (NU2)

Svrha scenarija je prikazati kako bi izgledala budućnost ukoliko se ne provedu značajne mjere.

Referentni scenarij predstavlja budućnost u kojem se nastavlja postojeća praksa, što bi smanjilo emisije za 28,9 % u 2030. godini te 46,5 % u 2050. godini. Isto tako, korištenje OIE povećalo bi se na 55 % do 2030., a 77 % do 2050. Također, napravile su se projekcije potrošnje OIE za energiju Sunca – 84,4 GWh u 2030., 184,2 GWh u 2040. te 285,7 GWh u 2050. Iako su brojke povoljne, ovakav scenarij ne vodi do niskougljičnog gospodarstva, te su potrebne strože mjere.

S obzirom da su scenariji NU1 i NU2 vrlo slični do 2030. godine, Hrvatska će vjerojatno krenuti sa scenarijem postupne tranzicije (NU1) te se s vremenom prebaciti na scenarij snažne tranzicije (NU2). Cilj je ostvariti smanjenje emisija stakleničkih plinova u rasponu između ta dva scenarija (Sl. 4.) (NUS, NN 63/2021).



Sl. 4. Smanjenje emisije stakleničkih plinova prema trima različitim scenarijima – NUR, NU1, NU2.

Izvor: NUS, NN 63/2021

S obzirom da je EU povećala klimatske ambicije na nultu neto stopu emisija, Hrvatska će vjerojatno morati dodatno pooštriti mjere, jer ni jedan ovaj scenarij ne dovodi do klimatske neutralnosti, već, u najboljem slučaju, do smanjenja emisije od 73,1 % u odnosu na 1990. godinu. Također, prema NU2, udio OIE bi do 2050. trebao biti 65,6 %, a glavni izvor emisija bi i dalje ostao promet.

Kako bi se ostvario povećani udio OIE, izgradnja postrojenja OIE, kao što su solarne elektrane i vjetroelektrane, uključene su u mjere NUS-a. Također, NUS prepoznaje solarnu energiju kao jednu od ključnih elemenata. Za ostvarenje povećanog udjela, NUS posebno ističe potrebu za „razvojem prijenosne mreže za priključak novih proizvodnih kapaciteta (pretežito OIE), nužnih za energetska samodostatnost, prihvata i prijenos električne energije proizvedene u OIE i osiguranjem sigurnosti opskrbe i EES-a uz visoki udio OIE“ (NUS, NN 63/2021).

## 6. ENERGIJA SUNCA I SAMOSTOJEĆE FOTONAPONSKE ELEKTRANE

Energija Sunca pretvara se u korisnu energiju i koristi u mnoge svrhe. Glavna ograničenja u korištenju uglavnom su geografski uvjeti, visoka ovisnost o tehnološkom razvoju, velike površine potrebne za instalaciju elektrana s visokim početnim troškovima. Također, veliki zahvati u prostoru nedvojbeno ostavljaju posljedice za prirodne i društvene vrijednosti stoga se u analizama moraju razmatrati društveni, okolišni i ekonomski elementi (Wang i dr., 2020).

Globalno gledajući, najpovoljnija područja za lociranje solarnih elektrana su tropska i subtropska područja zbog najveće ukupne količine dozračene Sunčeve energije tijekom godine (Shorabeh i dr., 2019). Pri razmatranju mikrolokacije u obzir je potrebno uzeti i druge prirodne i društvene čimbenike (Yousefi i dr., 2018). Iako se Europa, pa tako i Hrvatska, nalazi u umjerenim širinama te u globalnim razmjerima nije previše bogata solarnim potencijalom, proizvodnja i instalacija uređaja za dobivanje električne energije iz fotonaponskih sustava je vrlo intenzivna (Perpiña Castillo i dr., 2016; OIKON, 2015). Tržište fotonaponskih modula doživljava gotovo eksponencijalan rast u posljednjih 15 godina, kako u domaćinstvima, tako raste i broj velikih elektrana za proizvodnju električne energije (SolarPower Europe, 2021).

Pri pretvaranju Sunčeve energije u električnu uglavnom se koriste dvije vrste tehnologija: solarni fotonaponski sustavi i koncentrirana solarna snaga (Köberle i dr., 2015). Ovaj rad se bavi prvima, odnosno uređajima koji pretvaraju Sunčevu energiju izravno u električnu. Ti uređaji se mogu podijeliti u dvije skupine, samostalni fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na elektroenergetsku mrežu te sustavi priključeni na javnu mrežu. Samostalni fotonaponski sustavi mogu biti s ili bez integrirane pohrane energije, ovisno o vrsti korištenja i potrošnji energije. Također mogu biti hibridni sustavi integrirani s vjetroagregatom, kogeneracijom ili dizelskim agregatom (Köberle i dr., 2015).

Zbog masovne potrošnje i proizvodnje fotonaponskih solarnih panela za napajanje kućanstava, uređaja, industrijskih pogona prisutan je značajan pad cijena te sve veća isplativost pri instalaciji i korištenju (SolarPower Europe, 2021).

Fotonaponski sustavi priključeni izravno na javnu elektroenergetsku mrežu uglavnom su veće snage, dok su oni priključeni na elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije uglavnom manje snage. Fotonaponski sustavi priključeni preko kućne instalacije omogućuju povezivanje na niskonaponsku razinu elektroenergetskog sustava te se primjenjuju pri ugradnji na krovove građevina ili u fasade. Takvi sustavi, s obzirom na instaliranu snagu, mogu biti snage i do 1

MW, no takvi veći sustavi su uglavnom ugrađeni na zračne luke, velike dvorane i slične objekte velike površine (Majdandžić, 2010).

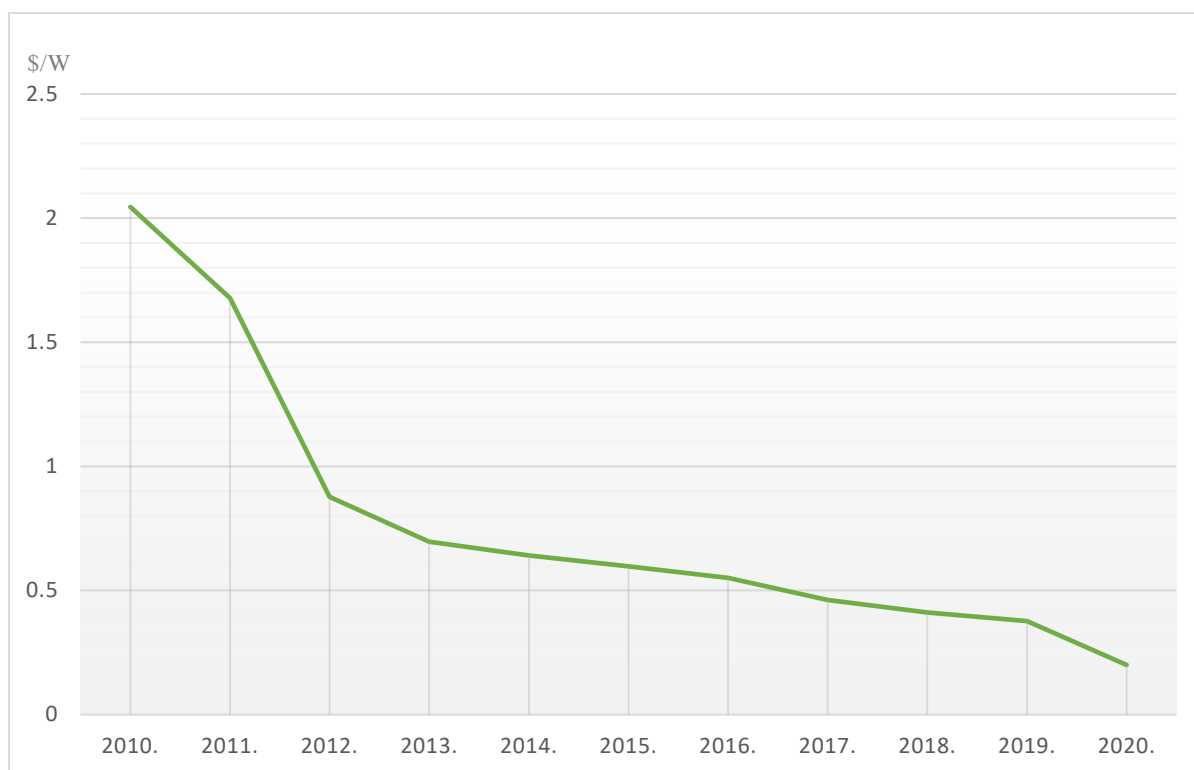
Solarne elektrane priključene izravno na elektroenergetsku mrežu svu proizvedenu električnu energiju prosljeđuju u javnu mrežu, uglavnom se lociraju u blizini elektroenergetske mreže i jače su snage. S obzirom na instaliranu snagu, dijele se na 0,5-10 MW, tj. module koji se priključuju na niskoenergetsku mrežu, 10-30 MW na srednjeenergetsku te više od 30 MW na visokoenergetsku mrežu. Uobičajeno je ove sustave nazivati pravim solarnim fotonaponskim elektranama (Majdandžić, 2010).

### **6.1. Tehnologija fotonaponskih sustava**

U posljednje vrijeme, tržište solarnih fotonaponskih sustava obilježava pad cijena te cjenovna konkurentnost tehnologijama baziranim na fosilnim gorivima prema niveliranim troškovima proizvodnje električne energije (Zafoschnig i dr., 2020). Trend smanjenja troškova proizvodnje se i dalje mora nastaviti kako bi tehnologija fotonaponskih sustava bila jedna od vodećih izvora energije za ublažavanje klimatskih promjena.

Danas na tržištu fotonaponskih sustava dominira tehnologija bazirana na siliciju, no s obzirom na inherentna svojstva materijala ona je teoretski ograničena na maksimalnu iskoristivost do 29,4 % (Richter i dr, 2013). Suvremena postignuća u polju ubrzano dostižu vrijednosti maksimalne iskoristivosti, pri čemu je laboratorijska efikasnost dostigla 26,7 % (Green i dr., 2019), dok na industrijskoj razini efikasnost dostiže vrijednosti od oko 22 % (Altermatt i dr., 2018). S druge strane, u bliskoj budućnosti očekuje se razvoj novih tehnologija koji će omogućiti veću iskoristivost i efikasnost pri proizvodnji energije. Najnovija istraživanja pokazuju obećavajuće rezultate primjene tehnologija poput tandema perovskit silicija solarnih ćelija. Prema očekivanjima, oko 2025. će ova tehnologija napredovati do stupnja efikasnosti od barem 30 %, dok će uporabni vijek biti usporediv s tradicionalnim silicijskim ćelijama. Također se očekuje komparativna prednost nad silicijskim ćelijama u pogledu instalacija na razini kućanstava i cjenovne pristupačnosti (Zafoschnig i dr, 2020).

Na slici 5. su iskazane prosječne cijene fotonaponskih modula polikristalnog silicija između 2010.-2020. te je vidljivo veliko smanjenje s očitim trendom daljnjeg opadanja. Cijena modula je pala s 2,04 \$/W iz 2010. na 20 c/W u 2020.



Sl. 5. Prosječna cijena fotonaponskih modula 2010.-2020.

Izvor: IEA, 2020

Solarne fotonaponske ćelije doživjele su najveći pad cijena od svih drugih energetske tehnologije (Kavlak i dr, 2018). Dominantni uzroci pada cijena proizvodnje fotonaponskih modula su povećana efikasnost modula, potpore vlade, dostignuća u istraživanju i razvoju tehnologije, te nakon 2001., dominantni faktori postaju ekonomija veličine i usmjerene politike koje stimuliraju rast tržišta fotonaponskih sustava (Kavlak i dr, 2018).

Dubrovačko-neretvanska županija planira povećati proizvodnju električne energije iz solarnih elektrana u skladu s državnom strategijom energetske razvoja o povećanju OIE u proizvodnji električne energije. Međutim, tako proizvedena energija dolazi po visokoj cijeni pa je Hrvatska naložila da se ona otkupljuje po unaprijed definiranim poticajnim cijenama (*feed-in tarife*), kako bi razvoju projekata solarnih elektrana bili isplativi (OIKON, 2015).

## 6.2. Postojeće lokacije predviđene za izgradnju solarnih elektrana

Dubrovačko-neretvanska županija u Prostornom planu definira lokacije predviđene za izgradnju solarnih elektrana (Tab. 2.). Prema Prostornom planu, predlaže se istražiti mogućnost



lociranja solarnih elektrana uz lokacije koje su utvrđene kao potencijalne za smještaj vjetroelektrana, kako bi se koristila zajednička infrastruktura (PPDNŽ, 2020).

Tab. 2. Predložene potencijalne lokacije i površine solarnih elektrana prema Prostornom planu u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

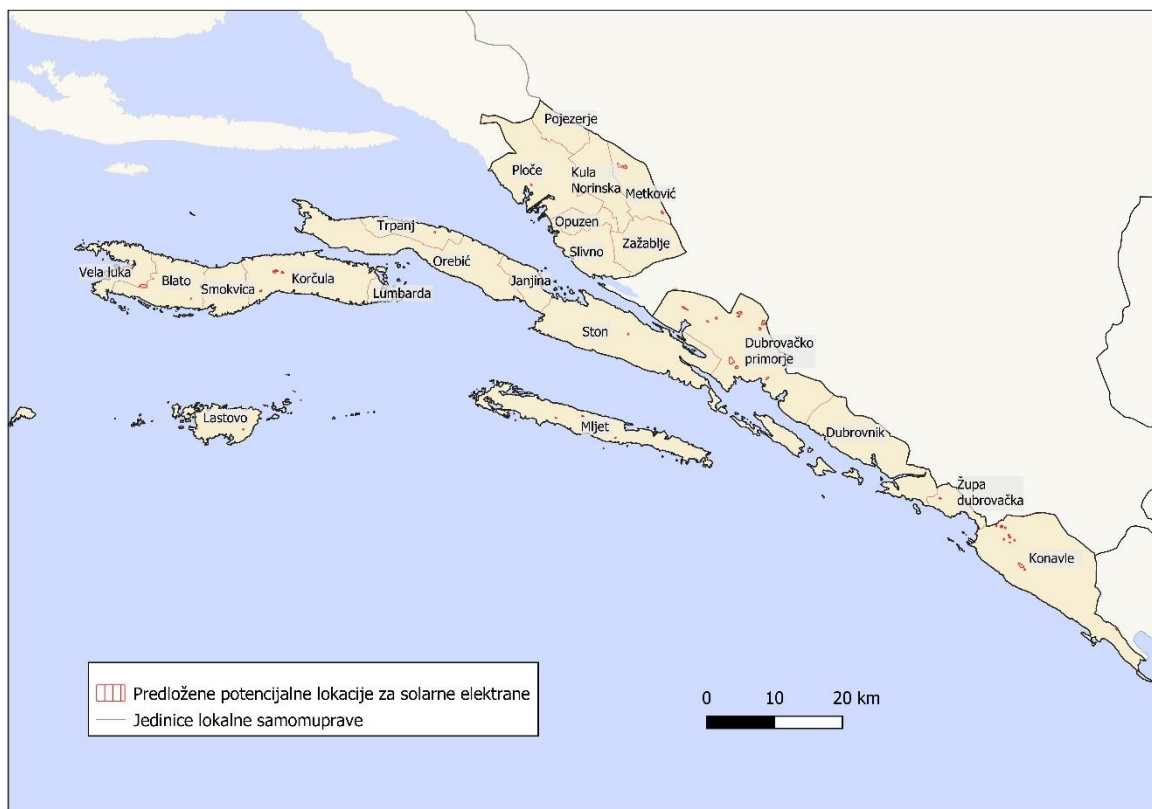
<b>Općina/Grad</b>	<b>Naselje</b>	<b>Lokalitet</b>	<b>Površina (ha)</b>
<b>Blato</b>	Blato	Profundi	2,4
<b>Dubrovačko primorje</b>	Banići	Banići	8,9
	Točionik	Dobra dolina	4,1
	Čepikuće	Koščelišta-Razbojna	8,0
	Podimoč	Monjine	12,0
	Ošlje	Okladnik	5,0
	Doli	Pišnja dolina	49,3
	Doli	Rudine	12,2
	Topolo	Sokolova gruda	7,9
	Smokovljani	Vilin dolac	6,1
	Točionik, Trnovica	Vitos	19,0
	Topolo	Vjetreni mlin	4,7
	Čepikuće, Trnovica	Za Radočnu glavicu	9,0
	Trnovica	Zmijin dolac	8,1
<b>Konavle</b>	Jasenice	Batuni	10,3
	Čilipi, Komaji	Batuše	30,4
	Brotnice	Biočin dol	4,0
	Komaji	Bogdan dol	4,0
	Brotnice	Crno korito	2,9
	Jasenice	Čulev dol	5,4
	Brotnice	Dubok dol	5,1
	Jasenice	Lukovi dol	6,4
	Brotnice	Mokri dol	8,1
	Đurinići	Studeno	2,7
	Brotnice	Trštenac	2,5
<b>Kula Norinska</b>	Nova Sela	Grabovine	13,9

<b>Metković</b>	Vid	Debelo brdo	20,1
	Vid	Debelo brdo - Vid	6,1
	Vid	Ograd	12,8
	Glušci	Veraje	10,0
<b>Mljet</b>	Babino polje	Veja gora	3,1
	Ropa, Blato	Ropa	7,7
<b>Korčula</b>	Čara	Puovo	18,1
	Čara, Pupnat	Puovo 2	7,0
	Čara	Lampolje	5,0
<b>Lastovo</b>	Lastovo	Vrsi	3,0
	Ubli	Naplov	1,0
<b>Ploče</b>	Ploče	Pranjare	3,2
<b>Ston</b>	Sparagovići	Butkov dolac	4,0
<b>Trpanj</b>	Gornja Vručica	Okučće	4,7
<b>Vela Luka</b>	Vela Luka	Vela strana	29,2
<b>Župa dubrovačka</b>	Gornji Brgat	Barbarići	5,1
<b>Ukupno</b>			<b>392,5</b>

Izvor: PPDNŽ, 2020

Prema Prostornom planu Dubrovačko-neretvanske županije, prisutna su 42 lokaliteta predložena za smještaj solarnih elektrana, ukupne površine 392,5 ha unutar 13 jedinica lokalne samouprave (JLS). Najveći broj predloženih lokaliteta nalazi se u općinama Dubrovačko primorje i Konavle, njih ukupno 23, ukupne površine 236,1 ha.

Prostorni plan ne predviđa niti jednu lokaciju solarne elektrane u ostalih 9 JLS (Sl. 6.). Konačne lokacije solarnih elektrana određuju se na temelju prethodnih istraživanja, studija pogodnosti, strateške procjene utjecaja na okoliš i provedbe postupka procjene utjecaja na okoliš (PPDNŽ, 2020).



Sl.6. Predložene potencijalne lokacije za solarne elektrane u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

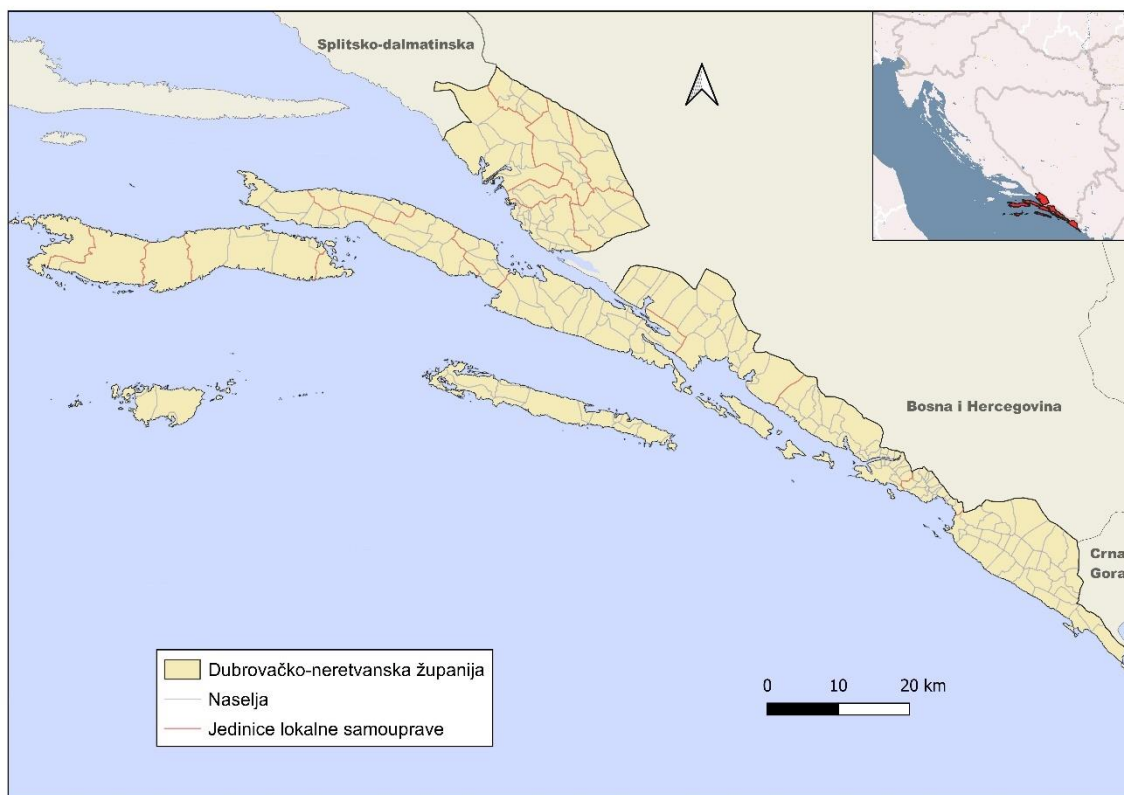
Izvor: PPDNŽ, 2020

## 7. OPĆA OBILJEŽJA DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE

Dubrovačko-neretvanska županija najjužnija je županija u Hrvatskoj. Kopnena površina iznosi 1.781 km<sup>2</sup> što iznosi oko 3 % ukupne površine države, dok zajedno s morskom površinom iznosi 10,32 % površine RH. Županija je podijeljena na 22 JLS (Sl. 7.). Obalno područje županije je vrlo razvedeno, dok je obalna crta dugačka 1024,63 km (Marić, 2009). Kopneni dio županije je u prostornom smislu bio podijeljen na dva dijela do 2021., međutim mostovnim spajanjem Komarne u blizini Stona i Brijeste na Pelješcu, ostvarena je povezanost između ta dva dijela (Vlada RH, 2021).

Dubrovačko-neretvanska županija se može podijeliti na veće geografske cjeline (Marić, 2009): Poluotok Pelješac te otoci Korčula, Mljet i Lastovo s JLS - Grad Korčula, općine Blato, Janjina, Lastovo, Lumbarda, Mljet, Orebić, Smokvica, Ston, Trpanj i Vela Luka; Dubrovačko priobalje

s JLS Grad Dubrovnik, te općine Dubrovačko primorje, Konavle i Župa Dubrovačka; Donjoneretvanski kraj s JLS gradovi Metković, Opuzen i Ploče i općine Kula Norinska, Pojezerje, Slivno i Zažablje. Funkcionalno i fizionomski županija se može podijeliti na dvije cjeline: usko priobalje s nizom otoka (od kojih su najznačajniji Korčula, Mljet, Lastovo te Elafiti) i prostor donje Neretve s gravitirajućim priobaljem (Marić, 2009).



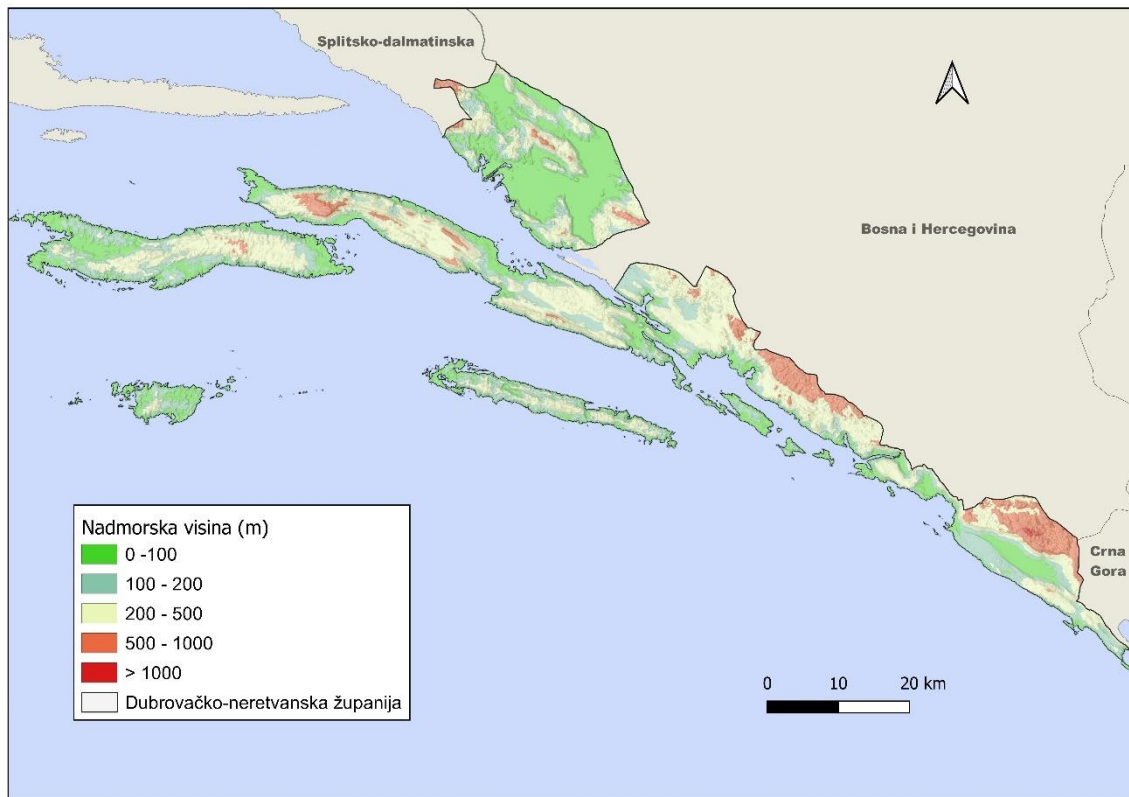
Sl. 7. Položaj i administrativna podjela Dubrovačko-neretvanske županije

### 7.1. Opća prirodnogeografska obilježja

Obalne stijene dominantno su sastavljene od vapnenaca, dolomita, fliša i naplavnih materijala, a današnju formu oblikovalo je postpleistocensko izdizanje morske razine (Crikvenčić i dr., 1974). Prema geomorfološkoj regionalizaciji, Dubrovačko-neretvanska županija pripada makrogeomorfološkoj regiji Južna Dalmacija s arhipelagom, kao dio šire regije Dinarskog gorskog sustava (Bognar, 1999).

Ovu županiju obilježava prostorna kompleksnost koju uvjetuje vrlo uski i izduženi litoralni koridor s otočnim i poluotočnim županijskim dijelovima iz čega proizlazi geografska marginaliziranost u odnosu na ostali hrvatski prostor (Šterc i Šterc, 2016). Dubrovačko-neretvanska županije je reljefno raznolika, s uskim i nehomogenim obalnim pojasom koji je

reljefnim barijerama odvojen od unutrašnjosti, osim na području Donjoneeretvanske doline gdje ima prirodnu vezu prema unutrašnjosti i sjevernom dijelu države (Sl. 8.).



Sl. 8. Reljefna karta Dubrovačko-neretvanske županije

Za sredozemne klime karakteristične su kišovite i blage zime te vruća ili topla ljeta s izraženom sezonskom raspodjelom padalina (Šegota i Filipčić, 1996). Prema klimatskoj regionalizaciji prostor županije podijeljen je u dva klimatska tipa sredozemne klime (Cs) koji uglavnom uzdužno prate prostiranje obale i reljefa: Csa i Csb. Jedino se kod delte Neretve Csa probija dublje u unutrašnjost zbog odsutstva reljefnih prepreka. Sredozemna klima s vrućim ljetom (Csa) obuhvaća najveći dio županije, krajnje sjeverne i južne dijelove, Pelješac te obalni pojas i otoke. Csa klimu karakterizira srednja temperatura zraka najtoplijeg mjeseca iznad 22 °C.

Sredozemna klima s toplim ljetima (Csb) je tip klime koji prevladava u području županije uz samu granicu s Bosnom i Hercegovinom pri čemu je srednja temperatura zraka najtoplijeg mjeseca niža od 22 °C (Filipčić, 2001).

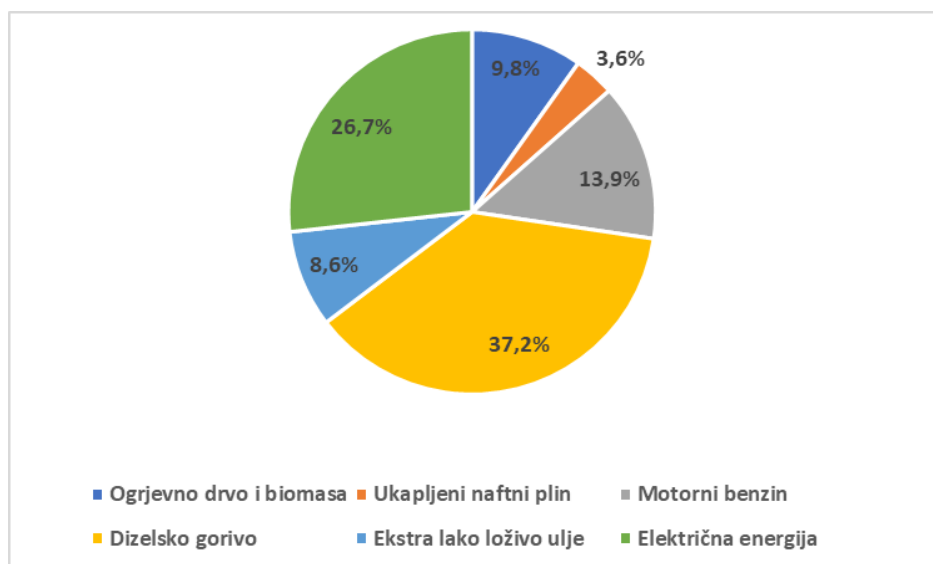
Vrijednosti ukupnog godišnjeg trajanja sijanja Sunca pokazuju da je Hrvatsko primorje jedno od najsunčanijih regija u Europi. Godišnji hod trajanja sijanja Sunca pokazuje da je maksimum trajanja insolacije ljeti, a minimum zimi, što je u vezi s kretanjem i pojavom naoblake te duljine

dana. Prema klimatskom atlasu Hrvatske (DHMZ, 2008) cijelo područje županije ima vrlo visoke vrijednosti srednje godišnje insolacije (2400-2700 h) te srednje godišnje ukupne dozračene energije (5041-5760 MJ/m<sup>2</sup>) što ukazuje na povoljne preduvjete za korištenje tehnologije fotonaponskih elektrana za proizvodnju električne energije.

## 7.2. Stanovništvo u odnosu prema korištenju i potrošnji energije

Niskouglični razvoj generira dugoročno pozitivne promjene za gospodarstvo, okoliš, ali i društvo. Osim izgradnje samostojećih objekata solarnih fotonaponskih elektrana, otvara se mogućnost aktivnog sudjelovanja građana kao kupaca i proizvođača energije prilikom kupovine i instalacije solarnih panela na krovove kućanstava. Povećavanje stupnja energetske neovisnosti županije građenjem solarnih elektrana umanjuje rizik od energetske siromaštva uslijed rasta troškova energije (EIHP, 2020).

Ukupna potrošnja energije na području Dubrovačko-neretvanske županije dobiva se zbrajanjem iznosa pojedinih sektora potrošnje: industrije, prometa i opće potrošnje (kućanstva i usluge). U 2018. godini ukupna potrošnja energije svih sektora Dubrovačko-neretvanske županije iznosila je 5.996 TJ, dok je najveća potrošnja zabilježena u sektoru prometa i to u iznosu od 51,1 % (EIHP, 2020). Struktura potrošnje energenata u neposrednoj potrošnji Dubrovačko-neretvanske županije u 2018. godini prikazana je na slici 9. Pritom, fosilna goriva sudjeluju sa 63,3 % u ukupnoj strukturi potrošnje energenata.



Sl. 9. Struktura potrošnje energenata u neposrednoj potrošnji Dubrovačko-neretvanske županije u 2018. godini

Izvor: EIHP, 2020.

Niskim cijenama i sveopćom uporabom električne energije dobivene iz solarnih elektrana očitovali bi se brojni pozitivni socijalni, ekonomski i okolišni učinci na lokalnu i širu zajednicu ukoliko dođe do optimalne implementacije procesa proizvodnje, prilikom čega bi se postupno napuštala potrošnja energije bazirane na fosilnim gorivima

Socioekonomski faktori poput naseljenosti, nezaposlenosti, potrošnje električne energije i turističke posjećenosti mogu utjecati na izbor lokacije za izgradnju samostojeće solarne elektrane (Gašparović i dr., 2019).

Stopa nezaposlenosti, koja je 2020. u Dubrovačko-neretvanskoj županiji iznosila natprosječno visokih 13,1 %, u odnosu na ostatak Hrvatske, gdje je 2020. iznosila 8,9 % (DZS, 2021). Izgradnja solarnih elektrana može utjecati na stopu nezaposlenosti u županiji jer bi se njihovom gradnjom otvorio niz radnih mjesta vezanih uz montiranje i održavanje objekata te tako povećala zaposlenost (Guerin, 2019). U Hrvatskoj je 2020. bilo 14.290 zaposlenih u području djelatnosti 'Opskrba električnom energijom, plinom, parom i klimatizacija', dok ih je u Dubrovačko-neretvanskoj bilo 284, što iznosi manje od 2 % (DZS, 2021). Rastući zahtjevi za proizvodnjom i potrošnjom električne energije prilikom velikog broja turističkih noćenja za vrijeme ljetne turističke sezone mogu se ublažiti stabilnim izvorom električne energije iz solarnih elektrana, smanjujući rizik od nestanka struje zbog prevelikog pritiska na elektroenergetsku mrežu velikog broja korisnika (Gašparović i dr., 2019).

Izgradnja solarnih elektrana u insolacijski bogatim prostorima može rezultirati proizvodnjom električne energije po konkurentnim cijenama (Apostoleris i dr., 2018). Sve nižim cijenama fotonaponskih panela omogućuje se implementacija velikih i relativno povoljnih solarnih energetske projekata koji će inicijalnu investiciju, s vremenom, isplatiti sami prodavanjem električne energije. Vlade mogu poticati OIE kroz olakšice, direktna ulaganja ili niskim kamatama na pozajmice, a lokalne vlasti bi trebale identificirati načine olakšavanja proceduralnih poteškoća i omogućiti izgradnju solarnih elektrana na za to određenim optimalnim lokacijama. Električna energija dobivena iz solarnih elektrana ima ekonomski potencijal biti jedan od vodećih OIE koja bi lokalnoj i široj zajednici omogućila održivu potrošnju energije po povoljnim cijenama (Apostoleris i dr., 2018).

## **8. ANALIZA OSJETLJIVOSTI PROSTORA DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE**

Razmatranje osjetljivosti i ranjivosti prostora, ključan je proces u upravljanju prostorom, posebice pri izgradnji velikih objekata u prostoru. U kontekstu zakonskih zahtjeva za procjenu

utjecaja na razmatrani prostor, često su promjenjivi termini koji opisuju prirodne i društvene resurse na koje se može utjecati degradirajućim antropogenim utjecajima vezanim za provedbu izgradnje novog objekta u prostoru. Stoga ne postoji univerzalna definicija i metodologija za izradu analize osjetljivosti, niti postoji konsenzus kako je najbolje provesti (Del Campo, 2017).

Karta osjetljivosti za solarne elektrane daje uvid u osjetljivost analiziranog prostora za izgradnju i rad solarne elektrane. Stupanj osjetljivosti se procjenjuje uzimajući u obzir utjecaj samostojećih solarnih fotonaponskih elektrana na bioraznolikost, prirodne resurse i društvene vrijednosti. Potencijalni negativni učinci proizlaze iz prenamjene ciljanog zemljišta zbog montiranja fotonaponskih panela na tlo što uvodi novi element u krajolik i mijenja mu obilježja, dok s druge strane onemogućuje korištenje zemljišta u druge svrhe (EIHP, 2021).

Svrha izrade karte osjetljivosti je prikazati indikatore osjetljivosti analiziranog prostora za izgradnju i rad solarnih fotonaponskih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. Analiza osjetljivosti temelji se na indikatorima stanja korištenja zemljišta, društvenih i kulturnih vrijednosti, bioraznolikosti i okoliša.

U okviru ovog istraživanja analiza osjetljivosti provodila se u 4 koraka:

1. Odabir relevantnih indikatora koji će se uzimati u obzir u analizi osjetljivosti.
2. Prepoznavanje izuzetih područja na kojima se solarne elektrane ne smiju postaviti zbog zakonskih ograničenja.
3. Prepoznavanje izrazito ranjivih područja izvan izuzetih područja koja su potencijalno izrazito ranjiva za postavljanje i rad solarnih fotonaponskih elektrana.
4. Vrednovanje osjetljivosti ostalih područja.

### **8.1. Izdvajanje relevantnih indikatora/faktora koji će se uzimati u obzir u analizi osjetljivosti**

Prostornim planom Dubrovačko-neretvanske županije potiče se razvoj održive energije, učinkovitost i zaštita okoliša s obzirom na veliki potencijal županije za korištenje OIE. Prostornim planom se utvrđuju smjernice za određivanje lokacija samostojećih sunčanih elektrana (Članak 225. PPDNŽ, Odredba 159b). Prema prostornom planu, solarne elektrane je poželjno smjestiti:

- izvan građevinskih područja



- izvan infrastrukturnih koridora
- izvan poljoprivrednog zemljišta I. i II. bonitetne klase
- izvan zaštićenih i predloženih za zaštitu dijelova prirode i područja graditeljske baštine
- izvan vizura osobito vrijednog krajobraza i zaštićenih kulturno-povijesnih cjelina
- veličinu i smještaj postrojenja odrediti sukladno analizi vizualnog utjecaja
- odabrati lokacije koje neće sprječavati širenje naselja i neće narušavati karakteristične konture naselja posebice ako su dio karakterističnog ruralnog krajobraza
- uzeti u obzir kod odabira lokacija prisutnost ugroženih i rijetkih stanišnih tipova, zaštićenih ili ugroženih vrsta flore i faune, karakteristike vodnih resursa i elemenata krajobraza, te posebice ciljeve očuvanja ekološke mreže
- izbjegavati krajobrazno vrijedna područja
- prednost dati lokacijama gdje već postoji neophodna infrastruktura ili su minimalni zahtjevi za gradnjom novih građevina
- uskladiti smještaj elektrana s elektroničkom komunikacijskom mrežom radi izbjegavanja elektromagnetskih smetnji
- udaljenost solarnih postrojenja od granica građevinskog područja naselja i turističkih zona mora iznositi minimalno 500 m zračne udaljenosti
- nakon isteka roka amortizacije postrojenja se moraju zamijeniti ili ukloniti, te zemljište privesti prijašnjoj namjeni.

## **8.2. Prepoznavanje 'Izuzetih područja' na kojima se solarne fotonaponske elektrane ne smiju postaviti zbog zakonskih ograničenja**

Drugi korak u analizi osjetljivosti je prepoznavanje 'Izuzetih područja', odnosno lokacija na kojima se zbog zakonskih ograničenja ne smiju graditi solarne elektrane. Ta ograničenja definirana su u zakonima, propisima, pravilnicima i prostornim planovima. Objašnjenja na temelju kojih se izdvajaju područja na kojima se zabranjuje gradnja elektrana uslijed zakonskih i drugih ograničenja navedena su u tablici 3.

Tab. 3. Izuzeta područja u analizi osjetljivosti i objašnjenja

Izuzeta područja	Objašnjenje
Nacionalni park, posebni rezervat, park-šuma, prirodni spomenik, spomenik parkovne arhitekture, značajni krajobraz	Iz zakona o zaštiti prirode (NN, 127/2019): Zabrana gospodarske uporabe prirodnih dobara u Nacionalnim parkovima (čl.113). Nisu dozvoljene aktivnosti koje bi moglo naštetiti vrijednostima zbog koje su područja posebnih rezervata, prirodnih spomenika, parkova-šuma, spomenika parkovne arhitekture i značajnih krajobraza zaštićena (Čl. 114, 117, 118, 119, 120). Zbog relativno malih površina navedenih zaštićenih područja, smatra se da bi izgradnja SE ugrozila temeljne razloge njihovih zaštita (EIHP, 2021)
Ramsar <sup>3</sup> područje, UNESCO svjetska baština	Međunarodno zaštićena područja zbog izuzetne vrijednosti te su kao takva iznimno osjetljiva na zahvate u prostoru
Zaštićeni obalni pojas	Iz zakona o prostornom uređenju (NN, 98/2019) čl.45: Planiranje i korištenje prostora ZOP-a se radi zaštite, ostvarenja ciljeva održivog, svrhovitog i gospodarski učinkovitog razvoja provodi uz ograničenja u pojasu kopna i otoka u širini od 1000 m od obalne crte i pojasu mora u širini od 300 m od obalne crte.
I. zona sanitarne zaštite	Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite (NN, 53/1991): U I. zoni zabranjuju se sve aktivnosti osim onih koje su vezane za eksploataciju, pročišćavanje i transport vode u vodoopskrbni sustav.
Inundacijska zona oko vodenih tijela	U inundacijskom području zabranjeno je obavljati radnje kojima se može pogoršati vodni režim i povećati stupanj rizika od štetnog djelovanja voda (Čl.122, Zakon o vodama). Iz PPDNŽ (186a): U svrhu tehničkog održavanja, te radova građenja, treba osigurati inundacijski - zaštitni pojas minimalne širine: 10,0 m uz korito rijeke Neretve i Male Neretve; <ul style="list-style-type: none"> <li>• 10,0 m uz objekte obrambenih nasipa u branjenom području;</li> <li>• 5,0 m od gornjeg ruba korita ostalih vodotokova, bujičnih vodotoka i odvodnih kanala, odnosno ruba čestice javnog vodnog dobra.</li> <li>• ovisno o veličini i stanju uređenosti vodotoka ili objekta, širina inundacijskog – zaštitnog pojasa može biti i manja, ali</li> </ul>

<sup>3</sup> haop.hr: Močvarno područje od međunarodne važnosti, zaštićeno Ramsarskom konvencijom, međunarodnim sporazumom o zaštiti močvarnih staništa 1971. godine.

	<p>ne manja od 3,0 m, a što bi se utvrdilo vodopravnim uvjetima za svaki objekt posebno.</p> <p>Za potrebe ove analize, koristi se zaštitni inundacijski pojas od 10 m oko vodenih tijela</p>
Aerodrom i heliodrom	U PPDNŽ se ne navodi točna buffer zona oko objekata zračnog prometa, no zbog sigurnosih razloga korišten je buffer od 50 m (EIHP, 2021)
Autocesta i državna brza cesta, županijska i lokalna cesta	Zakon o cestama (NN, 144/2021), čl.55, definira zaštitnu zonu za različite kategorije cesta te su u skladu sa zakonom korišteni bufferi oko cesta: autocesta i brza cesta-40 m, državna-25 m, županijska-15 m, lokalna-10 m
Željeznica	U sklopu Pravilnika o općim uvjetima za građenje u zaštitnom pružnom pojasu (NN, 93/2010) čl.4 Zaštitni pružni pojas je pojas koji čini zemljište s obje strane željezničke pruge odnosno kolosijeka širine po 100 m, mjereno vodoravno od osi krajnjega kolosijeka, kao i pripadajući zračni prostor. Zaštitni pružni pojas uključuje i infrastrukturni pojas. Sukladno pravilniku, korišten je buffer od 100 m
Plinovod	Prema čl. 9. Pravilnika o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport (NN,.53/1991) širina koridora zaštitnog pojasa plinovoda je 30 metara lijevo i desno od osi plinovoda.
Dalekovod	Mrežna pravila prijenosnog sustava, čl.222 propisuje udaljenosti infrastrukture od mreže prijenosnog sustava. Za potrebe ove analize korišten je buffer od 50 m
Vojna zona	Zone posebne namjene definirane PPDNŽ koje se koriste u vojne svrhe
Sportska zona	Zone posebne namjene definirane PPDNŽ u svrhu rekreacijskog korištenja
Turistička zona	Područja definirana PPDNŽ i planirana za turistički razvoj. Kako bi se održala atraktivnost područja za trenutni i budući turistički razvoj, korišten je buffer od 500 m za turističke i planirane turističke zone
Naselje	Područje definirano PPDNŽ kao izgrađeno područje namijenjeno za stambenu, komercijalnu i proizvodnu svrhu te se kao takva ne može koristiti za velike objekte SE. Oko poligona naselja u PPDNŽ korišten je buffer zaštitne zone od 500 m

Zaštićeno kulturno dobro	Zakon o očuvanju i zaštiti kulturnih dobara (NN, 17/2021), čl.5 propisuje sprječavanje svake radnje kojom bi se izravno ili neizravno mogla promijeniti svojstva, oblik, značenje i izgled kulturnog dobra i time ugroziti njegova vrijednost. U obzir su uzeta područja pojedinačnih nepokretnih kulturnih dobara - arheološki lokaliteti, javne građevine i kompleksi, obrambene građevine i kompleksi, sakralne građevine i kompleksi, memorijalne građevine i kompleksi
Poplavno područje	Iako nema zakonskog ograničenja za gradnju na poplavnim područjima, smatra se upitnim provođenje instalacije velikih objekata (EIHP, 2021; PPDNŽ, 2010)

Izvor: PPDNŽ, 2020; Biportal, 2021; EIHP, 2021

### 8.3. Prepoznavanje 'Izrazito ranjivih područja' izvan 'Izuzetih područja' koja su potencijalno izrazito ranjiva za postavljanje i rad solarnih fotonaponskih elektrana

Iako nema zakonskih ograničenja za gradnju, parkovi prirode sadrže krajobraznu, ekološku i biološku vrijednost koja se može narušiti ukoliko dođe do većih zahvata u prostoru (EIHP, 2021). U tablici 4. se iznose kriteriji i objašnjenja zbog kojih su izabrani pri izdvajanju izrazito ranjivih područja.

Tab. 4. Popis korištenih indikatora za izdvajanje izrazito ranjivih područja

Park prirode	Zakon o zaštiti prirode (NN, 127/2019) navodi specifične karakteristike na temelju kojih se mogu kategorizirati kao područja vrlo visoke osjetljivosti te kao takva ne smiju biti ugrožena
Šumska područja	Zakon o šumama (NN, 145/2021), čl.3, čl.4 navodi općekorisne i gospodarske funkcije šuma zbog kojih je nužno održivo gospodarenje šumama. Šume i šumska zemljišta specifično su prirodno bogatstvo te s općekorisnim i gospodarskim funkcijama šuma uvjetuju poseban način planiranja, gospodarenja i korištenja. Za potrebe ove analize, iz CORINE Land Covera izdvojene su crnogorične, širokolisne i mješovite šume
Vodena tijela	Vodena tijela su staništa za osjetljive slatkovodne vrste, ali mogu imati i važnu ulogu u drugim sektorima poput energetike i poljoprivrede (EIHP, 2021). Za potrebe ove analize izrađeni su bufferi oko jezera i rijeka od 100 m te kanala od 15 m

Poljoprivredno područje P1 i P2	Zakon o poljoprivrednom zemljištu (NN, 98/2019) čl.5 smatra oštećenjem poljoprivrednog zemljišta ukoliko dolazi do prenamjene u korištenju (izgradnja urbanih područja, industrijskih, energetske objekata, prometnica, hidroakumulacija i eksploatacija). Čl. 22 navodi da osobito vrijedno obradivo i vrijedno obradivo poljoprivredno zemljište ne može služiti u nepoljoprivredne svrhe osim: kada nema niže vrijednoga poljoprivrednog zemljišta u neposrednoj blizini, što ne uključuje izgradnju igrališta za golf, kada je utvrđen interes Republike Hrvatske za izgradnju objekata koji se prema posebnim propisima grade izvan građevinskog područja pri gradnji poljoprivrednih građevina namijenjenih izučivo za poljoprivrednu djelatnost i preradu poljoprivrednih proizvoda, za korištenje građevina koje su ozakonjene temeljem posebnog zakona.
Nadopuna vrijednom poljoprivrednom području	Za potrebe ove analize izrazito ranjivim područjima dodani su sljedeći slojevi iz CORINE Land Covera za koje se smatra da prenamjenom mogu izgubiti važnu ekološku, ekonomsku, krajobraznu i tradicijsku vrijednost uz narušenu bioraznolikost: Vinogradi, voćnjaci, maslinici, trajno navodnjavano zemljište, nenavodnjavano obradivo zemljište i mozaik poljoprivrednih površina

Izvor: PPDNŽ, 2020; Bioportal, 2021.

#### 8.4. Vrednovanje osjetljivosti ostalih područja

Vrednovanje osjetljivosti ostalih područja provodi se odabirom niza indikatora koji se koriste u višekriterijskoj analizi u svrhu određivanja razina osjetljivosti. Eliminiranjem potencijalnih izuzetih i izrazito ranjivih područja predlaže se skup indikatora kojima će se ustanoviti osjetljivost na potencijalne utjecaje solarnih elektrana. Svakom od indikatora pridružen je težinski faktor s obzirom na procijenjeni utjecaj indikatora. Uobičajeni način dobivanja težinskih faktora je putem metode analitičkog hijerarhijskog procesa (Ruiz i dr., 2021), međutim zbog kompleksnosti same metode, za potrebe ove analize težinski faktori preuzeti su iz studije Integriranog planiranja obnovljivih izvora energije u Jugoistočnoj Europi (EIHP, 2021) jer je korišten sličan skup indikatora, uz određene promjene.

Svakom podindikatoru unutar indikatora dodijeljena je ocjena koja označava razinu osjetljivosti, a zatim su pridruženi težinski faktori. Indikatori su podijeljeni u 3 kategorije: prirodne vrijednosti, prirodni resursi i razvojni potencijal te društvene vrijednosti (Prilog 1). Težinski faktori dodijeljeni su na način da unutar svake kategorije njihov zbroj iznosi 1. Detaljan popis korištenih indikatora, podindikatora, ocjena, težinskih faktora te pripadajućih obrazloženja nalazi se u Prilogu 1.

Konačni rasterski sloj dobiven je zbrajanjem vrijednosti slojeva podindikatora, a kako bi vrijednosti bile jasnije prikazane na karti, dobivene vrijednosti normalizirane su min-max metodom od 0 do 100. Tako vrijednosti od 0-40 označavaju nisku osjetljivost, vrijednosti od 40-70 srednju, a 70-100 visoku osjetljivost na izgradnju solarnih fotonaponskih elektrana s obzirom na odabrane indikatore.

## **9. ANALIZA POGODNOSTI PROSTORA DUBROVAČKO-NERETVANSKE ŽUPANIJE**

Analizom pogodnosti definiraju se prostorna obilježja koja pogoduju realizaciji projekata solarnih elektrana korištenjem relevantnih indikatora. Analiza pogodnosti uključuje eliminacijske kriterije te indikatore za rangiranje područja unutar Dubrovačko-neretvanske županije.

Prirodni faktori, poput nagiba, izloženosti padina i osunčanosti imaju veliki utjecaj na odabir lokacija za izgradnju solarnih fotonaponskih elektrana. Također, mnoge višekriterijske analize koriste indikatore poput udaljenosti od izgrađenog područja, blizina dalekovoda, blizina cesta i infrastrukture. Primjenom ovih indikatora nastoji se pridonijeti procesu prostornog planiranja kako bi se minimizirali troškovi izgradnje solarne elektrane (Mierzwiak i Calka, 2017).

U ovoj analizi, korištena su dva eliminacijska kriterija: izloženost padine prema sjeveru, sjeveroistoku i sjeverozapadu te nagib terena veći od 10°. Područja sjeverne, sjeveroistočne i sjeverozapadne orijentacije ne mogu biti pogodna područja zbog visokog stupnja zasjenjenja koji izrazito ograničava insolacijski potencijal (OIKON, 2015; Gašparović i dr., 2019). Kod odabira stupnja nagiba terena, u literaturi ne postoji konsenzus za graničnu vrijednost iznad koje se ne isplati graditi solarnu elektranu, već vrijednosti variraju od 5° do 25° nagiba terena (OIKON, 2015; Gašparović i dr., 2019; EIHP, 2021). Strmi teren može značajno utjecati na kompleksnost izgradnje i probleme s korištenjem (EIHP, 2021). Za potrebe ove analize, korištena je kompromisna vrijednost od 10° nagiba terena.

Dio indikatora koji su korišteni u analizi pogodnosti za izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji odnosi se na vrstu namjene površina koja može biti privlačna zbog blizine već izgrađene infrastrukture. Dio ostalih indikatora odnosi se na blizinu elektroenergetske mreže koja ima vrlo važnu ulogu u planiranju lokacije izgradnje solarne elektrane zbog ekonomske isplativosti spajanja na elektroenergetski prijenosni sustav.

Indikatori su podijeljeni u podindikatore koji označavaju kategorizirane vrijednosti. Podindikatorima su dodijeljene ocjene multiplicirane težinskim faktorima. Popis indikatora, podindikatora, ocjena i težinskih faktora koji su korišteni u analizi pogodnosti područja Dubrovačko-neretvanske županije s obzirom na izgradnju solarnih elektrana nalazi se u tablici 5.

Tab. 5. Indikatori, podindikatori te ocjene i težinski faktori korišteni za analizu pogodnosti

Indikator	Podindikator	Ocjena	Težinski faktor
Globalna horizontalna radijacija (kWh/m <sup>2</sup> )	1515-1597	5	0,6
	1434-1515	4	
	1353-1434	3	
	1271-1353	2	
Udaljenost od površina gospodarske namjene I i K (m)	do 500	5	0,2
	500-1000	4	
	1000-1500	3	
	1500-2000	2	
	više od 2000	1	
Udaljenost od površine za iskorištavanje mineralnih sirovina – gospodarska namjena E (m)	do 500	5	0,1
	500-1000	4	
	1000-1500	3	
	1500-2000	2	
	više od 2000	1	
Udaljenost od transformatorskih i rasklopnih postrojenja (m)	do 500	5	0,8
	500-1000	4	
	1000-1500	3	
	1500-2000	2	
	više od 2000	1	
Udaljenost od dalekovoda 35(20) kV (m)	do 500	5	0,6
	500-1000	4	
	1000-1500	3	
	1500-2000	2	
	više od 2000	1	
Udaljenost od dalekovoda 110-220 kV (m)	do 500	5	0,4
	500-1000	4	
	1000-1500	3	
	1500-2000	2	

	više od 2000	1	
--	--------------	---	--

Izvor: PPDNŽ, 2020; Solargis, 2021.

### 9.1. Indikator: Globalna horizontalna radijacija

Pri određivanju potencijala iskorištavanja solarne energije, potrebno je prikupiti podatke o solarnom zračenju. S obzirom na položaj plohe ili utjecaj atmosfere, postoji nekoliko vrsta solarnog zračenja. Za potrebe odabira optimalnih lokacija solarnih elektrana najčešće se koristi vrijednost globalnog horizontalnog zračenja (GHI<sup>4</sup>) (Gašparović i dr., 2019). GHI predstavlja zbroj direktne i difuzne radijacije koja pada na horizontalnu površinu. GHI se mjeri u kWh/m<sup>2</sup> te njegova vrijednost omogućuje usporedbu prirodnih uvjeta za implementaciju solarne tehnologije. Ipak, na razini mikrolokacije, na GHI utječu lokalna temperatura zraka, vjetar, snijeg, atmosfersko zagađenje, prašina i drugi geografski faktori, pa se GHI smatra pojednostavljenom mjerom koja ne pokazuje u potpunosti solarni potencijal (GSA, 2021). Za potrebe ove analize korišten je GHI kao indikator teoretskog solarnog potencijala za određivanje optimalne lokacije solarne elektrane u Dubrovačko-neretvanskoj županiji.

### 9.2. Indikator: Blizina industrijskih i poslovnih prostora

Lokacije u blizini industrijski i poslovnih prostora smatraju se pogodnima za izgradnju solarnih elektrana zbog blizine prateće infrastrukture i prometne povezanosti. Gospodarska namjena "I" odnosi se na površine proizvodne namjene koja može biti pretežito industrijska, zanatska, prehrambeno-prerađivačka i građevinarska. Gospodarska namjena "K" odnosi se na poslovnu namjenu koja može biti pretežito uslužna, trgovačka, komunalno servisna, reciklažna i poslovna.

### 9.3. Indikator: Blizina površina za iskorištavanja mineralnih sirovina

Lokacije u blizini površina za iskorištavanje mineralnih sirovina, odnosno gospodarske namjena "E" smatraju se pogodnima jer se može koristiti već provedena infrastruktura. Primjerice, kamenolomi, kao veliki potrošači energije već imaju izgrađenu prijenosnu infrastrukturu, mogli bi se koristiti kao lokacije za solarne elektrane jer nakon prestanka korištenja imaju obvezu sanacije, a već su devastirani prostori izvan naseljenih područja.

---

<sup>4</sup> Global horizontal irradiance



#### **9.4. Indikator: Blizina transformatorskih i rasklopnih postrojenja**

Zbog što nižih troškova spajanja solarnih elektrana na elektroenergetsku mrežu, poželjno ih je locirati prvenstveno u blizini transformatorskih i rasklopnih postrojenja. Kako je ovo jedan od najbitnijih indikatora za lociranje solarne elektrane jer se moraju spojiti na prijenosnu mrežu, pridružen mu je težinski faktor 0,8.

#### **9.5. Indikator: Udaljenosti od naponske mreže**

Elektroprijenosne uređaje na području Dubrovačko-neretvanske županije čine dalekovodi 220 kV, odnosno visoko naponska prijenosna mreža te dalekovodi 10-35 kV koji čine srednje naponsku mrežu. Manje solarne elektrane, jačine 0,5-10 MW spajaju se na srednje naponsku mrežu. Treba nadodati da pri mikrolociranju solarnih elektrana treba uzeti u obzir da je postojeća elektroenergetika mreža podložna promjenama, odnosno ekspanziji i reduciranju kapaciteta (EIHP, 2021). Zbog kompleksne orografije Dubrovačko-neretvanske županije te velikih površina koje zahtijevaju solarne elektrane jače od 10 MW, pretpostavlja se da će najviše pogodnih područja biti za manje solarne elektrane, stoga je tom podindikatoru pridružen veći težinski faktor u vrijednosti od 0,6 (OIKON, 2015).

Također, očekuje se da će biti manje površina pogodnih za smještaj velikih solarnih elektrana jačine veće od 10 MW, pa je tom podindikatoru pridružen težinski faktor u vrijednosti od 0,4.

#### **9.6. Pogodnost prostora Dubrovačko-neretvanske županije**

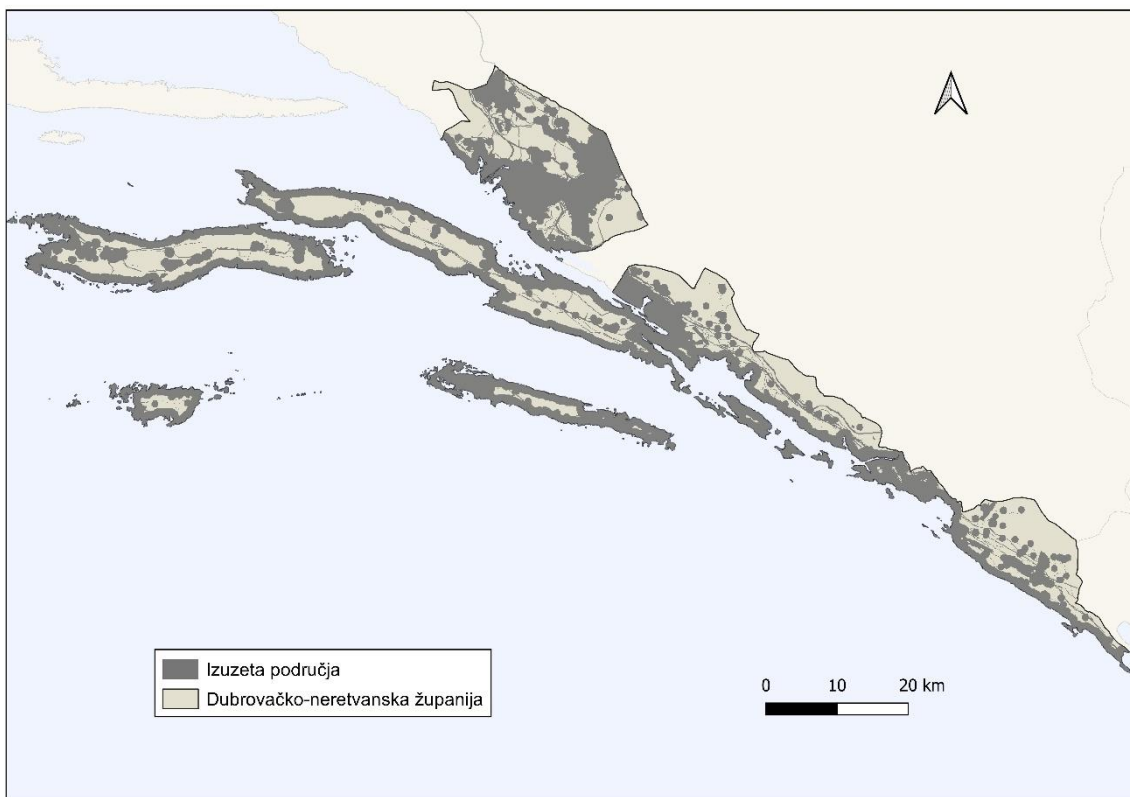
Konačno, nakon izuzimanja nepogodnih područja, pri analizi pogodnosti za izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, korišteno je 6 indikatora sastavljenih od ukupno 29 podindikatora kojima su dodijeljene ocjene multiplicirane težinskim faktorima. Vrijednosti indikatorskih slojeva zbrojene su unutar GIS-a, normalizirane metodom min-max kako bi se dobile vrijednosti od 0-100 koje su zatim podijeljene u 3 kategorije koje označavaju pogodnost prostora za izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji:

1. 0 – 40 = srednja pogodnost
2. 40 – 70 = vrlo dobra pogodnost
3. 70 – 100 = izvrsna pogodnost

## 10. REZULTATI

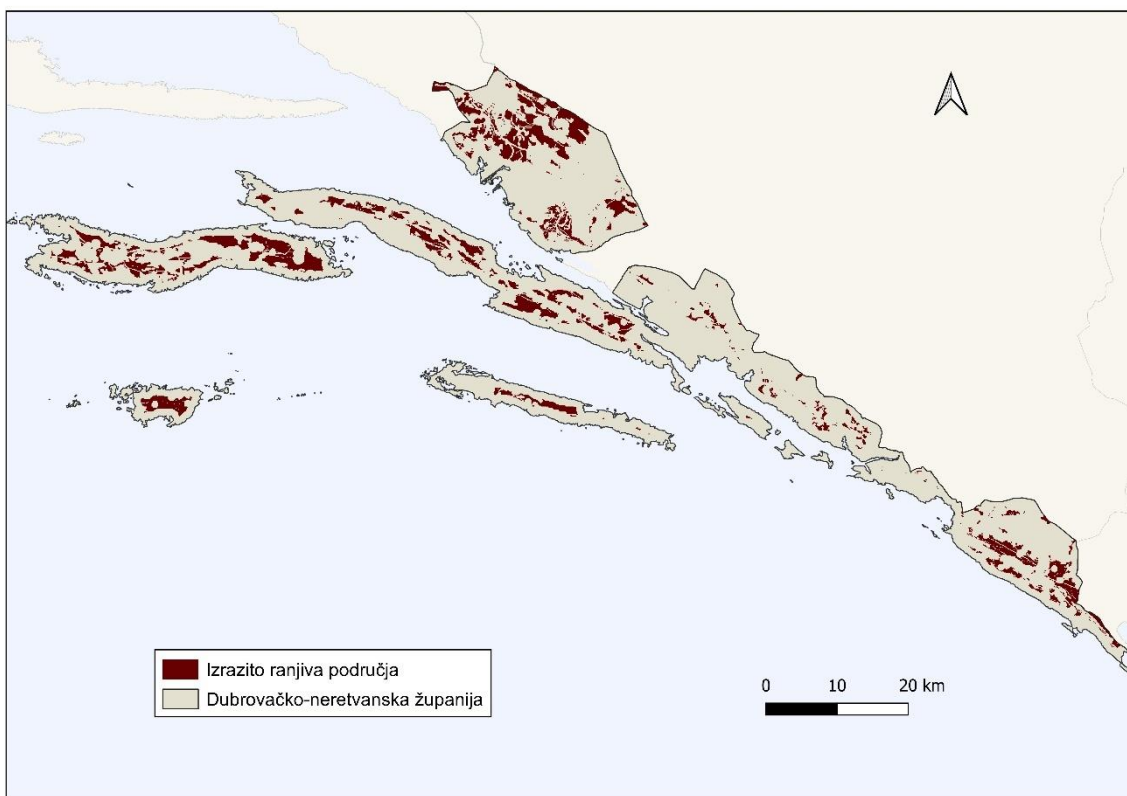
### 10.1. Rezultati analize osjetljivosti prostora na izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

Analiza osjetljivosti provodila se u 4 koraka, te je za rezultat imala tri karte. Na temelju kriterija navedenih u tablici 3., izrađena je karta u kojoj su iz analize osjetljivosti izuzeta područja za gradnju solarnih elektrana na temelju zakonskih ograničenja (Sl. 10.). Ukupna površina izuzetih područja iznosi 108.395,81 ha, što čini 60,9 % ukupne kopnene površine Dubrovačko-neretvanske županije.



Sl. 10. Područja izuzeta iz analize osjetljivosti na izgradnju solarnih fotonaponskih elektrana u DNŽ s obzirom na zakonska ograničenja

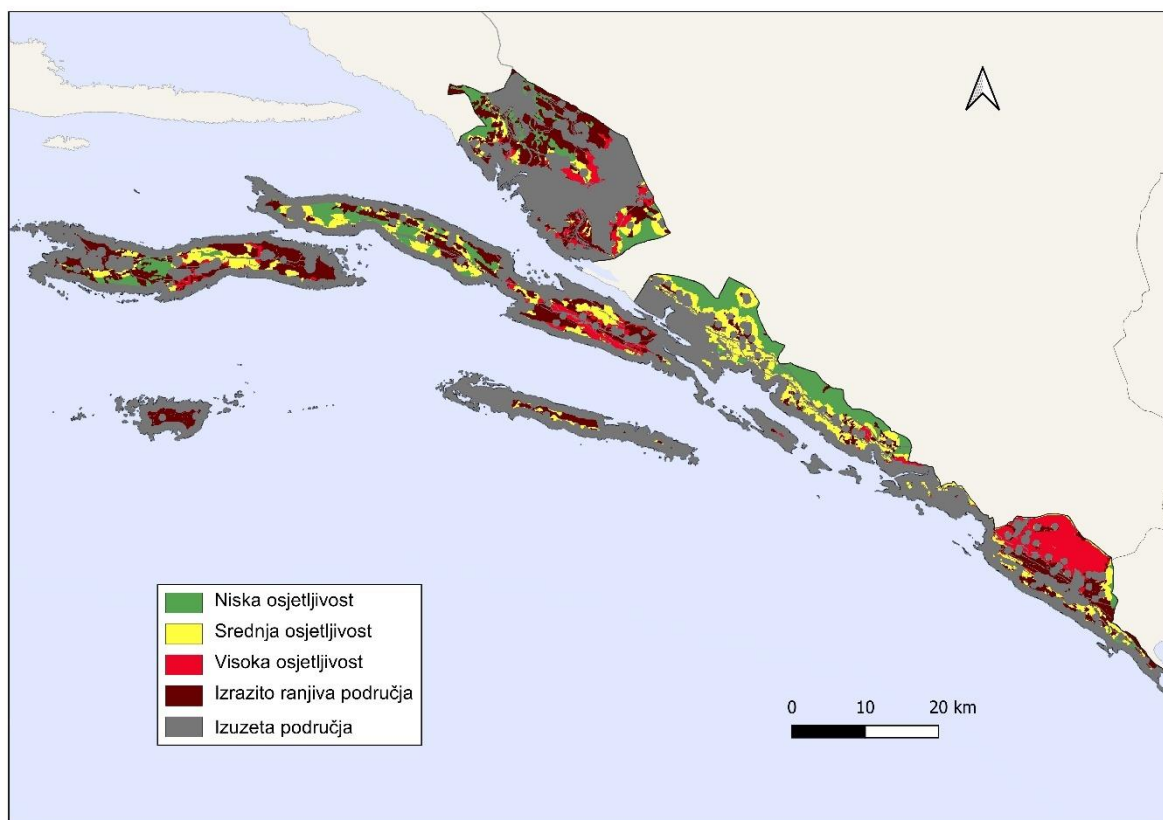
Nakon prepoznavanja izuzetih područja, izrađena je karta 'Izrazito ranjivih područja' izvan izuzetih područja na temelju kriterija iz tablice 4. (Sl. 11.). Ukupna površina izrazito ranjivih područja iznosi 25.964,6 ha, odnosno 14,6 % ukupne površine Dubrovačko-neretvanske županije.



Sl. 11. Izrazito ranjiva područja na izgradnju solarnih fotonaponskih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

Nakon izdvajanja izuzetih područja i jako ranjivih područja, ostala područja bodovala su se prema Prilogu 1., što je rezultiralo kartom osjetljivosti (Sl. 12.).

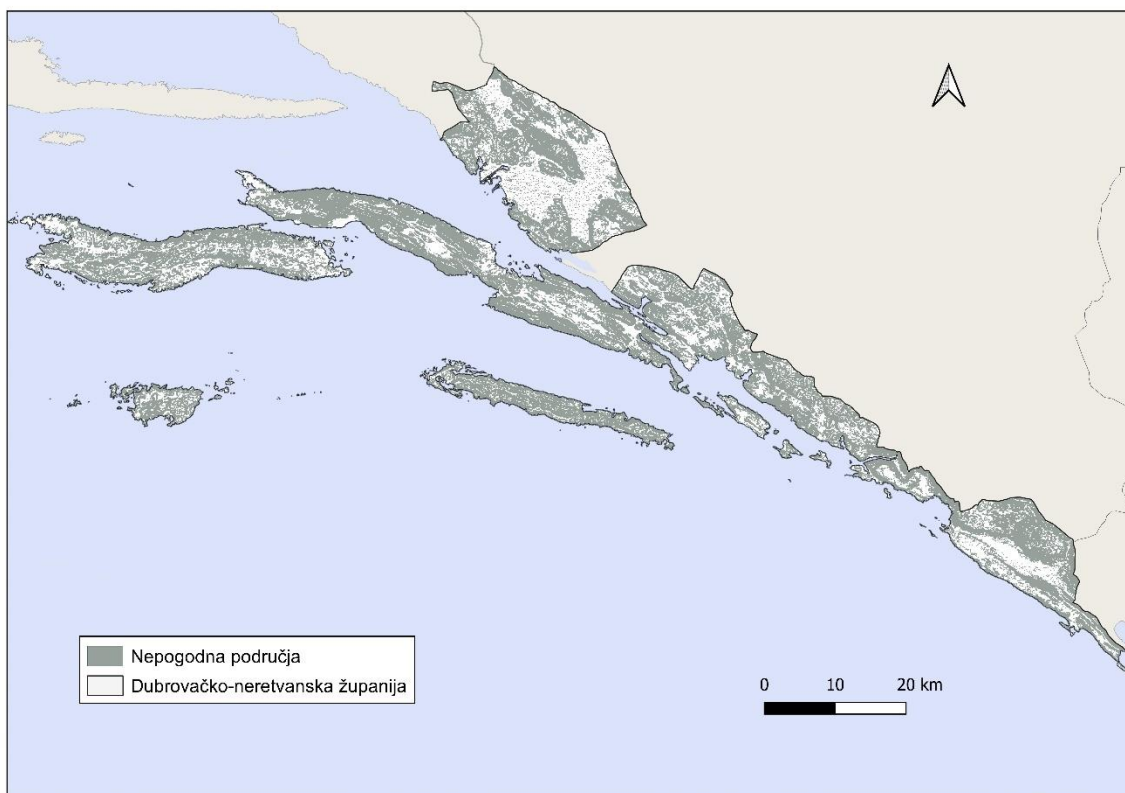
Ukupna površina razmatranog prostora osjetljivosti iznosi 43.597,58 ha, odnosno 24,5 % površine Dubrovačko-neretvanske županije. Rezultati analize osjetljivosti pokazuju da na području Dubrovačko-neretvanske županije površine područja niske osjetljivosti iznose 15.870,58 ha, odnosno 36,4 % površine osjetljive na izgradnju solarnih elektrana. Površine srednje osjetljivosti iznose 16.747,83 ha, odnosno 38,4 % površine osjetljive na izgradnju solarnih elektrana. Najmanju površinu zauzimaju površine visoke osjetljivosti; 10.979,17 ha, odnosno 25,2 % površine osjetljive na izgradnju solarnih elektrana.



Sl. 12. Ukupna osjetljivost na izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

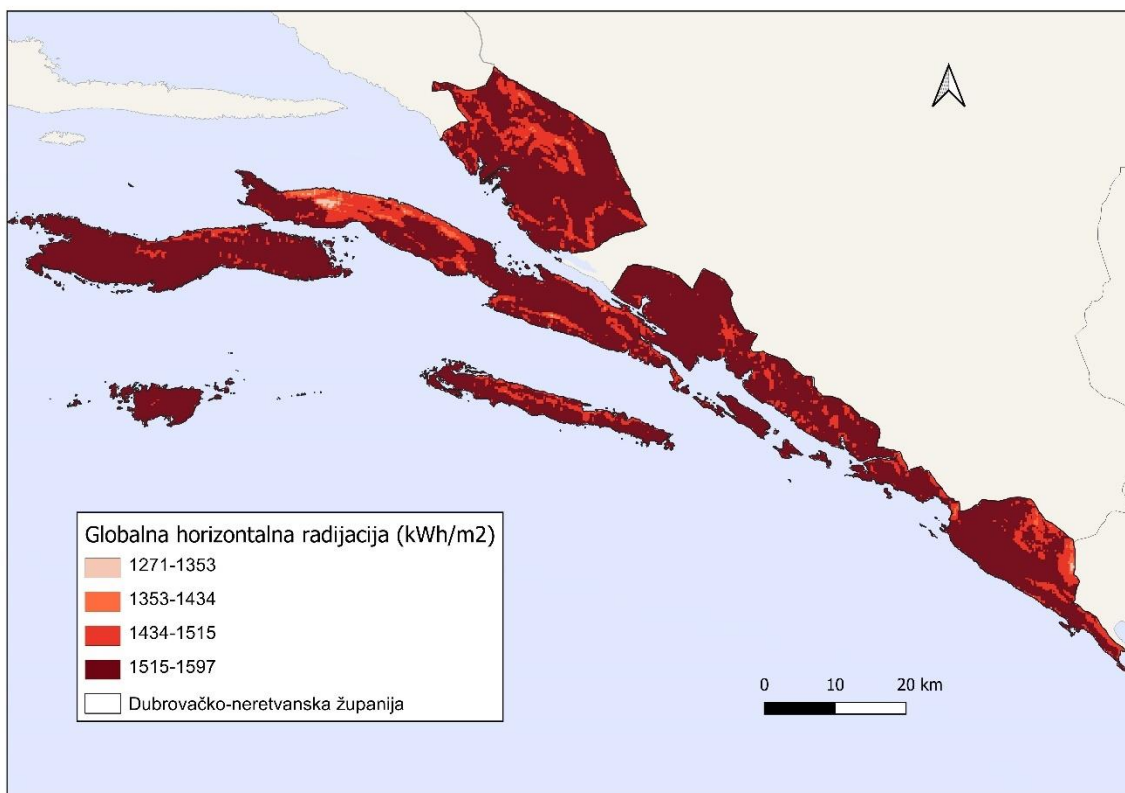
## 10.2. Rezultati analize pogodnosti prostora na izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

Kako bi se provela analiza pogodnosti, prvi korak je bio pronaći nepogodna područja. Na slici 13. prikazana su nepogodna područja za izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji, a njihova ukupna površina iznosi 117 481 ha, odnosno 66 % površine županije.



Sl. 13. Nepogodna područja za izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

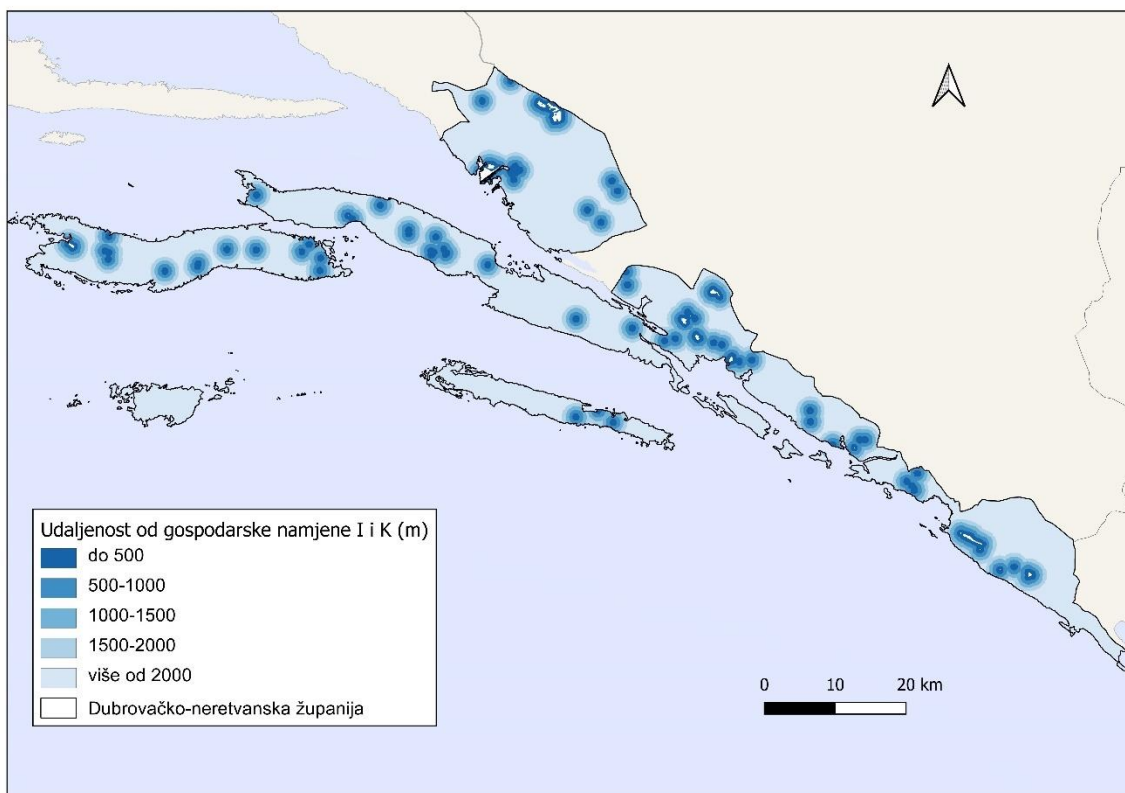
Idući korak bio je odrediti potencijal iskorištavanja solarne energije, koji se dobiva iz podataka o solarnom zračenju. Indikator globalne horizontalne radijacije, odnosno zbroj direktne i difuzne radijacije koji pada na horizontalnu površinu, prikazan je na slici 14.



Sl.14. Globalna horizontalna radijacija u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom

Izvor: Solargis, 2021

Idući korak bio je pronaći lokacije u blizini industrijskih i poslovnih prostora, te su rezultati identifikacije tih lokacija prikazane na slici 15.



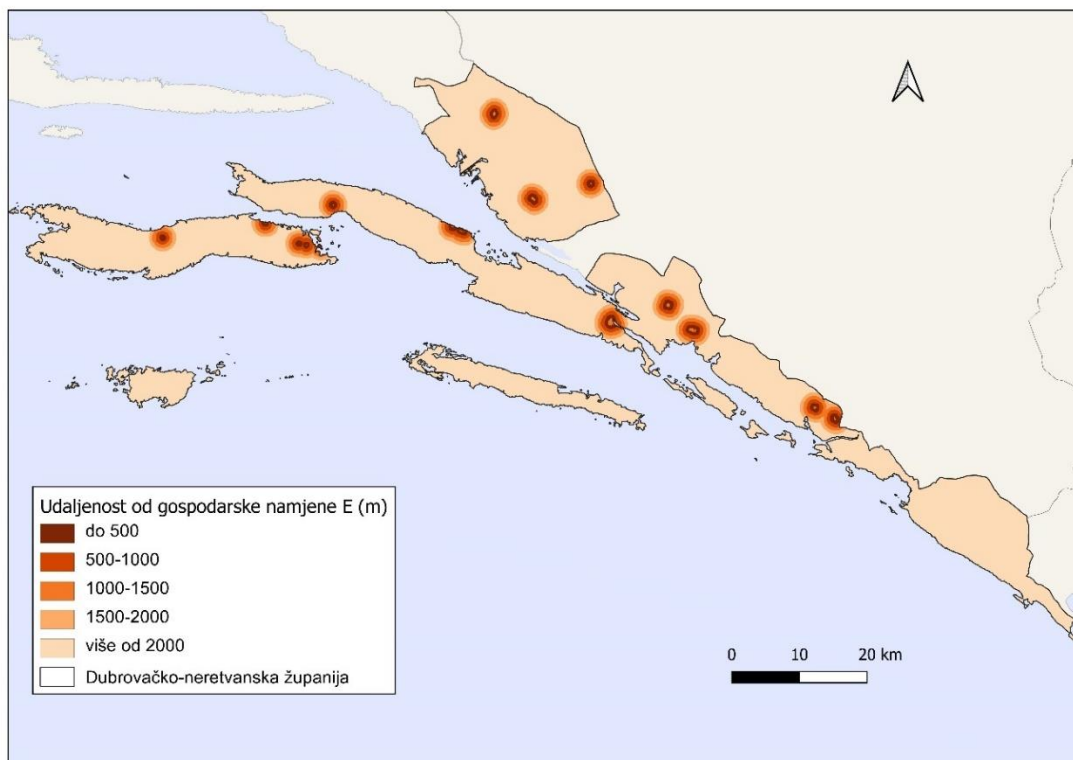
Sl. 15. Udaljenosti od površina gospodarske namjene "I" i "K" u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama težinskim faktorom

Izvor: PPDNŽ, 2020

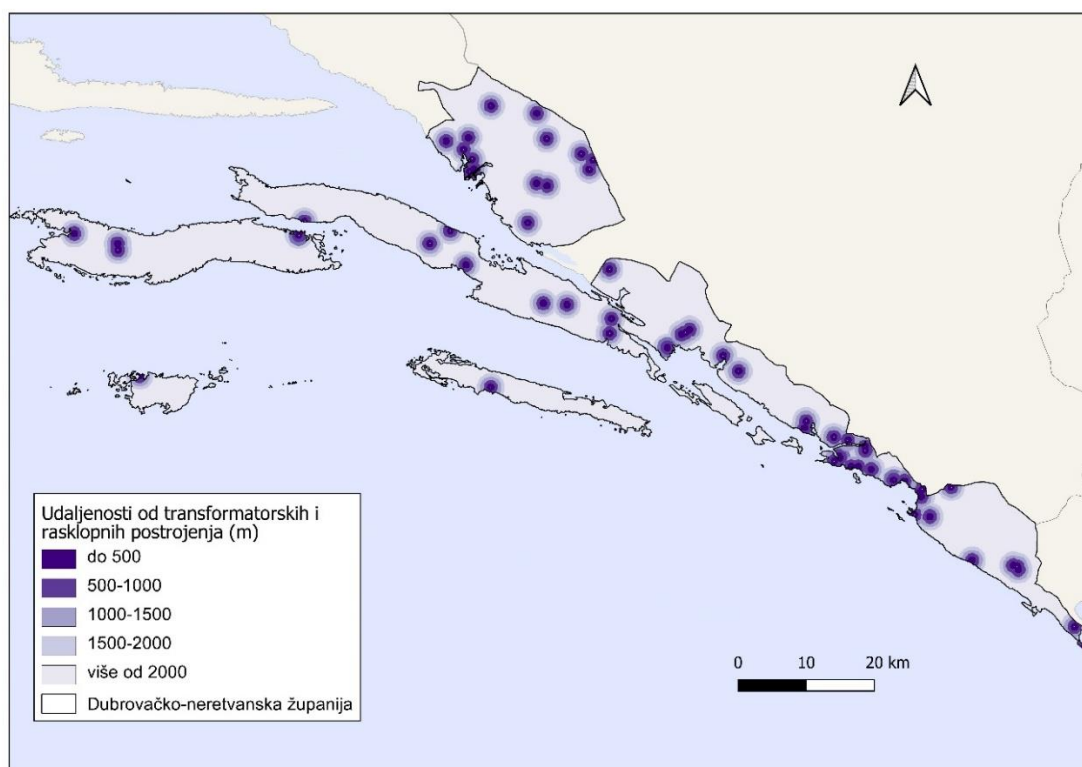
Ovakva područja se smatraju pogodnima zbog blizine prateće infrastrukture i prometne povezanosti.

Osim blizine površina gospodarske namjene, blizina površina za iskorištavanje mineralnih sirovina je također pogodna te udaljenost od transformatorskih i rasklopnih postrojenja. Udaljenosti od gospodarske namjene 'E' prikazane su na slici 16., a udaljenosti od transformatorskih i rasklopnih postrojenja u Dubrovačko-neretvanskoj županiji na slici 17.





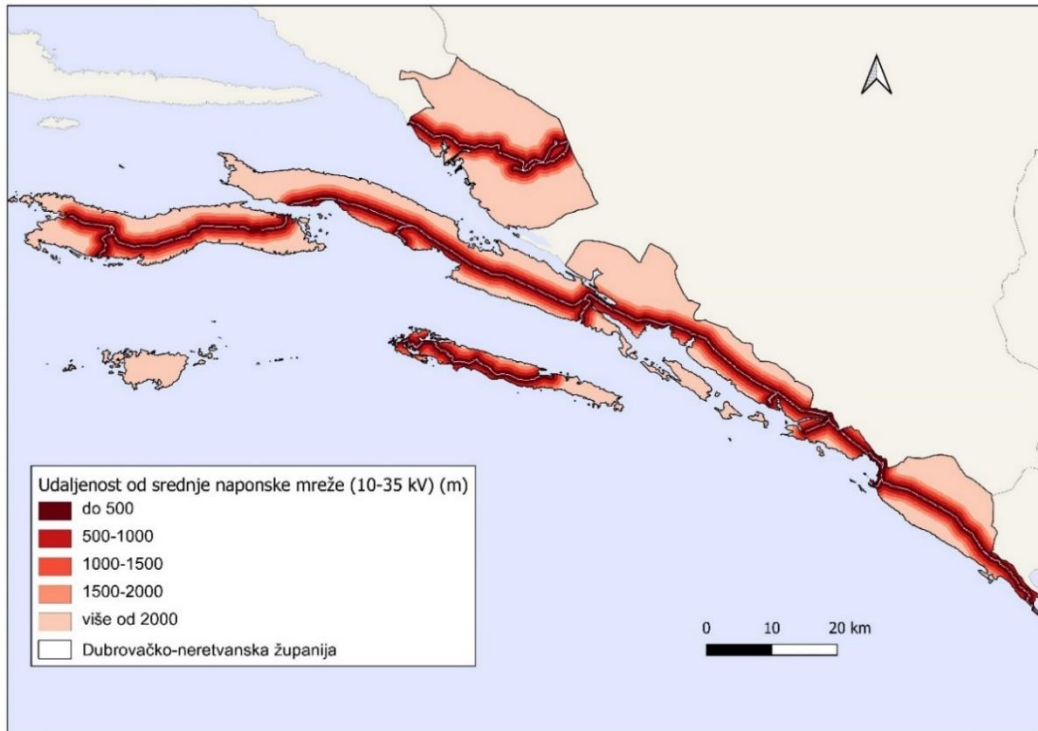
Sl. 16. Udaljenosti od gospodarske namjene "E" u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom  
Izvor: PPDNŽ, 2020



Sl. 17. Udaljenosti od transformatorskih i rasklopnih postrojenja u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom.  
Izvor: PPDNŽ, 2020

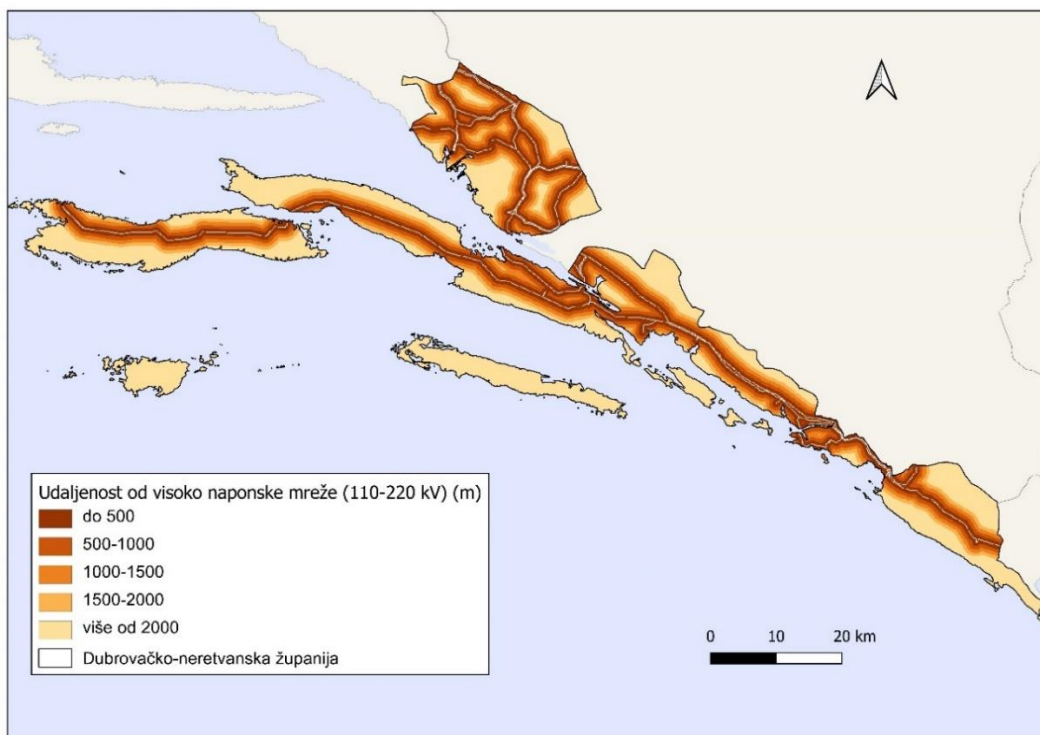


Na slici 18. prikazane su udaljenosti od srednje naponske mreže, a na slici 19. udaljenosti od visoko naponske mreže u Dubrovačko-neretvanskoj županiji.



Sl. 18. Udaljenosti od srednje naponske mreže u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom.

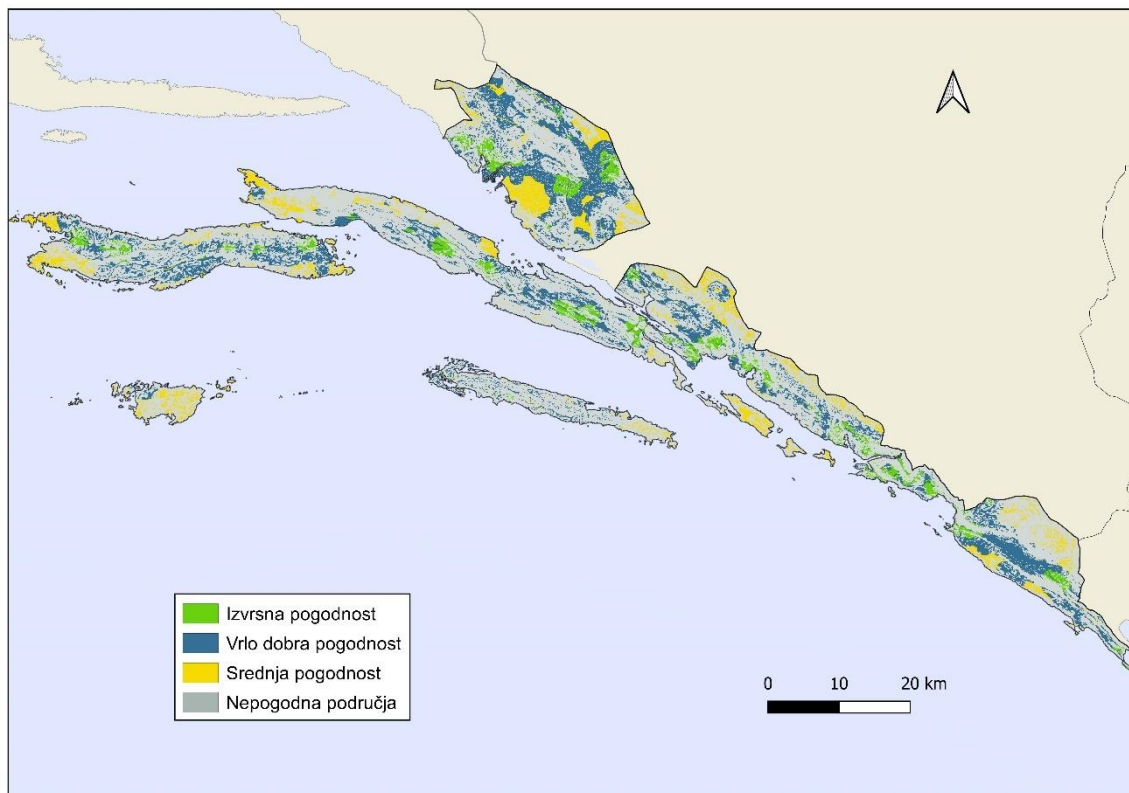
Izvor: PPDNŽ, 2020



Sl. 19. Udaljenosti od visoko naponske mreže u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom.

Izvor: PPDNŽ, 2020

Na kraju je izrađena karta pogodnosti, te je karta pogodnosti područja Dubrovačko-neretvanske županije za izgradnju solarnih elektrana prikazana na slici 20.



Sl. 20. Pogodnost područja na izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji.

Izvor: PPDNŽ, 2020

Ukupna površina analizirana za pogodnost izgradnje solarnih elektrana iznosi 60.470,57 ha, odnosno oko 34 % ukupne površine Dubrovačko-neretvanske županije. Rezultati analize pogodnosti pokazuju da je najviše površina vrlo dobre pogodnosti; 35.236,63 ha, odnosno 58,3 % od ukupnih pogodnih površina. Površine srednje pogodnosti za smještaj solarnih elektrana iznose 16.231,4 ha, odnosno 26,8 % pogodnih površina. Najmanji udio zauzimaju područja izvrsne pogodnosti za smještaj solarnih elektrana; 9.002,54 ha, odnosno 14,9 % pogodnih površina.

## 11. RASPRAVA

### 11.1. Osjetljivost prostora Dubrovačko-neretvanske županije za izgradnju solarnih elektrana

Rezultati analize osjetljivosti pokazuju da izuzeta područja zauzimaju preko 60 % ukupne površine Dubrovačko-neretvanske županije te da najveći dio izuzetih područja otpada na obalni pojas i deltu Neretve (Sl. 10.). Takav rezultat je očekivan s obzirom da je obalna crta dugačka 1.024,63 km te je obalno područje Dubrovačko-neretvanske županije vrlo razvedeno. Također, delta Neretve zauzima površinu od 12.742 ha, a uvrštena je u Ramsarski popis močvarnih područja od međunarodne važnosti, što je bio jedan od kriterija isključivanja.

Usporedbom površine 'Izuzetih područja' sa studijom iz 2015. godine (OIKON, 2015), jasno se vidi razlika u postotku izuzetih područja. Ta studija je rezultirala sa izuzimanjem 86,7 % prostora Dubrovačko-neretvanske županije, u odnosu na 60,9 % u ovom radu. Takva razlika posljedica je korištenja različitih metoda i kriterija. Usporede li se površine izuzetih područja, jasno je kako je OIKON koristio strože kriterije pri izuzimanju područja iz analize.

Studija osjetljivosti prostora na izgradnju solarnih elektrana u Zadarskoj županiji rezultirala je izuzimanjem 63,7 % prostora županije (EIHP, 2021), a te vrijednosti su bliže onima dobivenim u ovom radu. Pretpostavlja se da je tako jer je korišten sličniji skup kriterija pri izdvajanju izuzetih područja.

Slično je pronađeno i za 'Jako ranjiva područja'. Rezultati analize ranjivosti iz prijašnje studije za Dubrovačko-neretvansku županiju (OIKON, 2015) pokazuju da gotovo 74 % površine županije spada u najranjiviju kategoriju, dok oko 6 % u najmanje ranjivu. U toj analizi ranjivosti nije korišten eliminacijski kriterij pa površine nisu direktno usporedive s analizom osjetljivosti u istraživanju ovog rada. Ovo dodatno potvrđuje problematiku nepostojanja jedinstvene metodologije za analizu osjetljivosti.

Kao i za površinu izuzetih područja, tako su i površine jako ranjivih područja u ovom radu (14,6 %) usporedive sa područjima dobivenima za Zadarsku županiju (18,8 %), u odnosu na 14,6 % (Tab. 5.), što je vjerojatno posljedica korištenja sličnih kriterija i sličnih obilježja tih dviju županija.

Rezultati analize osjetljivosti pokazali su da postoji 15.870,58 ha područja niske osjetljivosti koja se većinom nalaze u središnjem dijelu Korčule, Pelješca i uz granicu općina Dubrovačkog

primorja i Dubrovnika s Bosnom i Hercegovinom. Ostali veći otoci (Mljet, Lastovo) očekivano nisu pogodni, već su izrazito i ranjivi, zbog zaštićenosti dijela tog prostora, odnosno Nacionalnog parka Mljet i Parka prirode Lastovsko otočje.

Tab. 5. Usporedba površina iz analize osjetljivosti na izgradnju solarnih elektrana Dubrovačko-neretvanske i Zadarske županije

	<b>Dubrovačko-neretvanska (%)</b>	<b>Zadarska (%)</b>
Izuzeta područja	60,9	63,7
Izrazito ranjiva područja	14,6	18,8
Visoka osjetljivost	8,9	0,6
Srednja osjetljivost	9,4	6,5
Niska osjetljivost	6,2	10,5

## **11.2. Pogodnost prostora Dubrovačko-neretvanske županije za izgradnju solarnih elektrana**

Nepogodna područja, koja su dobivena analizom pogodnosti, zauzimaju 66 % površine županije što je posljedica su izloženosti padina prema sjeveru, sjeveroistoku i sjeverozapadu te nagiba terena većeg od 10°. Iz slike 13. je vidljivo da delta Neretve ne spada u nepogodno područje jer na tom području nema velikog nagiba terena. Upravo ta slika naglašava važnost ranije provedene analize osjetljivosti, koja je uzela u obzir ekološki važna područja.

Također, skoro cijelu površinu županije obilježava visoka globalna horizontalna radijacija (1.515-1.597 kWh/m<sup>2</sup>) (Sl. 14). To je u suglasnosti s rezultatima iz „Analize prostornih kapaciteta i uvjeta za korištenje potencijala OIE u Republici Hrvatskoj“ (Tomišić i dr., 2020), u kojoj Dubrovačko-neretvanska županija spada u izrazito privlačno područje zbog velikog specifičnog prinosa solarne energije.

Površine gospodarske namjene se ne nalaze ravnomjerno po županiji, a pogotovo ne na otocima. Korčula ima površine gospodarske namjene duž cijelog otoka, dok se najmanje površina gospodarske namjene nalazi na područjima delte Neretve, NP Mljeta, Lastova i Konavlima uz granicu sa susjednim državama.

Kad se uzme u obzir i analiza osjetljivosti i analiza pogodnosti, optimalne lokacije za smještaj solarnih elektrana se nalaze na području Dubrovačkog primorja i Dubrovnika te u unutrašnjosti sjeverozapadnog dijela Pelješca.

## 12. ZAKLJUČAK

Analiza osjetljivosti procjenjuje stupanj osjetljivosti promatranog područja na izgradnju solarnih elektrana, odnosno simuliraju se mogući utjecaji nove nadogradnje na postojeće stanje okoliša i društva. Područje Dubrovačko-neretvanske županije promatralo se u odnosu na 3 kategorije osjetljivosti: prirodne vrijednosti, prirodni resursi i razvojni potencijal i društvene vrijednosti. Tamo gdje je stupanj osjetljivosti na izgradnju veći, tamo je i stupanj prihvatljivosti zahvata u prostoru manji. Analizom osjetljivosti identificirana su područja niske osjetljivosti koja se većinom nalaze u središnjem dijelu Korčule, Pelješca i uz granicu općina Dubrovačkog primorja i Dubrovnika s Bosnom i Hercegovinom.

Analizom pogodnosti definiraju se prostorna obilježja koja pogoduju realizaciji projekata solarnih elektrana korištenjem relevantnih indikatora. Analiza pogodnosti uključuje eliminacijske kriterije te indikatore za rangiranje područja unutar Dubrovačko-neretvanske županije. Najpogodnija područja nalaze se u unutrašnjosti, odnosno dalje od obale.

U ovom radu potvrđena je prva hipoteza:

*H1. U Dubrovačko-neretvanskoj županiji postoje lokacije pogodne za izgradnju solarnih elektrana, odnosno lokacije koje udovoljavaju postavljenim kriterijima.*

Analizom pogodnosti identificirane su lokacije koje nemaju nagib terena veći od 10° i padine izložene prema sjeveru, sjeveroistoku i sjeverozapadu. Višekriterijskom analizom utvrđene su pogodne lokacije za gradnju solarnih elektrana s obzirom na jačinu globalne horizontalne lokacije, udaljenost od srednje i visoko naponske mreže, transformatorskih i rasklopnih postrojenja te površina gospodarske namjene 'T', 'K' i 'E'. Ukupno je identificirano 9.002,54 ha izvrsne pogodnosti, te 35.236,63 ha vrlo dobre pogodnosti.

Također je potvrđena i druga hipoteza:

*H2. Pogodne lokacije nalaze se najvećim dijelom u zaleđu Dubrovačko-neretvanske županije.*

Najpogodnija područja nalaze se u unutrašnjosti županije, odnosno dalje od obale, a delta Neretve po karti pripada vrlo pogodnom području. No, kad se uzmu u obzir obje analize, i analiza pogodnosti i analiza osjetljivosti, optimalne lokacije za smještaj solarnih elektrana se nalaze na području Dubrovačkog primorja i Dubrovnika te u unutrašnjosti sjeverozapadnog dijela Pelješca.

Treća hipoteza je djelomično potvrđena:

*H3. Otoci Dubrovačko-neretvanske županije nisu pogodni za gradnju solarnih elektrana.*

Mljet i Lastovo su dva vrlo osjetljiva otoka zbog zaštićenih područja - Nacionalnog parka Mljet te Parka prirode Lastovsko otočje. Osim što su osjetljiva, ona nisu ni pogodna za gradnju jer nemaju ni jedan pogodni kriterij iz analize pogodnosti, osim globalne horizontalne radijacije. Na tim otocima nema visoko naponske mreže, površina gospodarske namjene 'I', 'K' i 'E', površina za iskorištavanje mineralnih sirovina te transformatorskih i rasklopnih postrojenja. Za razliku od njih, Korčula ima takve površine pa su na njoj identificirane vrlo pogodne lokacije za izgradnju solarnih elektrana.

Uspoređivanjem dobivenih rezultata s drugim studijama, rezultati su se znali razlikovati. Zbog toga postoji nužnost usuglašavanja postojećih metoda kako bi se uspješno pronašle pogodne lokacije za smještaj solarnih elektrana. To će osigurati Hrvatskoj bržu tranziciju u klimatski neutralno društvo i gospodarstvo, što je jedan od glavnih ciljeva Europske unije.

## LITERATURA

- Al Garni, H. Z. Awasthi, A., 2017: Solar PV power plant site selection using a GIS-AHP based approach with application in Saudi Arabia, *Applied Energy* 206, 1225-1240.
- Altermatt, P. P., Chen, Y., Yang, Y., Feng, Z., 2018: Riding the workhorse of the industry: PERC. *Photovoltaics International* 41, 46-54.
- Apostoleris, H., Sgouridis, S., Stefancich, M., Chiesa, M., 2018: Evaluating the factors that led to low-priced solar electricity projects in the Middle East. *Nature Energy* 3 (12), 1109–1114.
- Bognar, A., 1999: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske. *Acta Geographica Croatica*, 34 (1), 7-26.
- Crikvenčić, A., 1974: Geografija SR Hrvatske, Južno Hrvatsko primorje. Školska knjiga, Zagreb.
- Del Campo, G. A., 2017: Mapping environmental sensitivity: A systematic online approach to support environmental assessment and planning. *Environmental Impact Assessment Review* 66, 86–98.
- Doljak, D., Stanojević, G., 2017: Evaluation of natural conditions for site selection of ground-mounted photovoltaic power plants in Serbia. *Energy* 127, 291-300.
- Doorga, J. R. S., Rughooputh, S. D. D. V., Boojhawon, R., 2018: Multi-criteria GIS-based modelling technique for identifying potential solar farm sites: A case study in Mauritius. *Renewable Energy* 133, 1201-1219.
- Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), 2008: Klimatski atlas Hrvatske, Climate atlas of Croatia: 1961. - 1990. : 1971. - 2000., DHMZ, Zagreb.
- Šegota, T.; Filipčić, A., 1996.: Klimatologija za geografe, Školska knjiga, Zagreb.
- Filipčić, A., 2001: Razgraničenje Köppenovih klimatskih tipova Cf i Cs u Hrvatskoj. *Acta Geographica Croatica* 35, 7-18.
- Fleming, J.R., 1999: Joseph Fourier, the ‘greenhouse effect’, and the quest for a universal theory of terrestrial temperatures. *Endeavour* 23 (2), 72–75.

- Gašparović, I., Gašparović, M., Medak, D. Zrinjski, M., 2019: Analiza prostornih podataka o solarnom potencijalu za Hrvatsku. *Geodetski list* 1, 25–44.
- Green, M., 2019: How did solar cells get so cheap?. *Joule* 3 (3), 631-633.
- Guerin, T. F. (2019). Impacts and opportunities from large-scale solar photovoltaic (PV) electricity generation on agricultural production. *Environmental Quality Management* 28 (4), 7-14.
- Kavлак, G., McNeerney, J., Trancik, J. E., 2018; Evaluating the causes of cost reduction in photovoltaic modules. *Energy Policy* 123, 700–710.
- Köberle, A. C., Gernaat, D. E. H. J., van Vuuren, D. P., 2015: Assessing current and future techno-economic potential of concentrated solar power and photovoltaic electricity generation. *Energy* 89, 739-756.
- Majdandžić, Lj., 2010: Solarni sustavi, Graphis, Zagreb.
- Marić, J., 2009: Prostorno planiranje u Dubrovačko-neretvanskoj županiji. *Geoadria* 14 (1), 87-140.
- Martins, F., Felgueiras, C., Smitkova, M., Caetano, N., 2019: Analysis of Fossil Fuel Energy Consumption and Environmental Impacts in European Countries. *Energies* 12 (6), 964–975.
- Mierzwiak, M., Calka, B., 2017; Multi-Criteria Analysis for Solar Farm Location Suitability. *Reports on Geodesy and Geoinformatics* 104 (1), 20-32.
- Perpiña Castillo, C., Batista e Silva, F., Lavallo, C., 2016: An assessment of the regional potential for solar power generation in EU-28. *Energy Policy* 88, 86–99.
- Richter, A., Hermle, M., Glunz, S. W., 2013: Reassessment of the Limiting Efficiency for Crystalline Silicon Solar Cells. *IEEE Journal of Photovoltaics* 3 (4), 1184–1191.
- Ruiz, H. S., Sunarso, A., Ibrahim-Bathis, K., Murti, S.A., Budiarto, I., 2020: GIS-AHP Multi Criteria Decision Analysis for the optimal location of solar energy plants at Indonesia. *Energy Reports* 6, 3249-3263.



Shorabeh, S. N., Firozjaei, M. K., Nematollahi, O., Firozjaei, H. K., Jelokhani-Niaraki, M., 2019: A risk-based multi-criteria spatial decision analysis for solar power plant site selection in different climates: A case study in Iran. *Renewable Energy* 143, 958–973.

Wang, C. N., Viet, V. T. H., Ho, T. P., Nguyen, V. T., Husain, S. T., 2020: Optimal Site Selection for a Solar Power Plant in the Mekong Delta Region of Vietnam. *Energies* 13 (16), 4066– 4086.

Yousefi, H., Hafeznia, H., Yousefi-Sahzabi, A., 2018: Spatial Site Selection for Solar Power Plants Using a GIS-Based Boolean-Fuzzy Logic Model: A Case Study of Markazi Province, Iran. *Energies* 11(7), 1648-1666.

Zafoschnig, L. A., Nold, S., Goldschmidt, J.C., 2020: The Race for Lowest Costs of Electricity Production: Techno-Economic Analysis of Silicon, Perovskite and Tandem Solar Cells. *IEEE Journal of Photovoltaics* 10 (6), 1632-1641.

## **IZVORI**

Bioportal, 2021: Zaštićena područja, <https://www.bioportal.hr/gis/> (9.9.2021.)

British Petroleum (BP), 2021: Statistical review of world energy, <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2021-full-report.pdf> (17.8.2021.).

Corine Land Cover, 2021. Zemljišta, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (5.12.2021.)

Državni zavod za statistiku (DZS) / Croatian Bureau of Statistics (CBS), 2021: Zaposlenost i plaće – pregled po županijama / Employment and wages - overview by counties, [www.dzs.hr](http://www.dzs.hr) (10.12.2021.)

Energetski institut Hrvoje Požar (EIHP), 2020: Akcijski plan energetske učinkovitosti Dubrovačko-neretvanske županije za razdoblje 2020.-2022. godine, <https://www.edubrovnik.org/wp-content/uploads/2020/09/6.-Akcijski-plan-energetke-u%C4%8Dinkovitosti-DN%C5%BD-2020-2022.pdf> (10.1.2022.)

Energetski institut Hrvoje Požar (EIHP), 2021: Integrated Renewable Energy Planning in Southeast Europe. Pilot project: Integrated Wind and Solar Planning in Zadar County,

[http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2021/04/EIHP\\_Integrated-Renewable-Energy-Planning-in-Southeast-Europe\\_DOC\\_1.pdf](http://www.eihp.hr/wp-content/uploads/2021/04/EIHP_Integrated-Renewable-Energy-Planning-in-Southeast-Europe_DOC_1.pdf) (4.1.2022.).

Europska komisija, 2015: Paket mjera za energetske uniju, <https://www.obzor2020.hr/userfiles/drustveni-izazovi/pdfs/Okvirna%20strategija%20za%20otpornu%20energetsku%20uniju%20s%20naprednom%20klimatskom%20politikom.pdf> (24.12.2021.).

Europski parlament i Vijeće EU, 2018: Direktiva (EU) 2018/2001 o promicanju uporabe energije iz obnovljivih izvora (preinaka), <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HR/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=LV> (10.1.2022.).

Eurostat, 2022: Renewable energy statistics, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable\\_energy\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Renewable_energy_statistics) (11.1.2022.).

International Energy Agency (IEA), 2020: Evolution of solar PV module cost by data source, 1970-2020, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/evolution-of-solar-pv-module-cost-by-data-source-1970-2020> (19.12.2021.)

Ideas for a More Prosperous Society (IEDM), 2021: Have the Kyoto Protocol targets been respected?, <https://www.iedm.org/56519-have-the-kyoto-protocol-targets-been-respected/> (30.8.2021.).

Institut za primijenjenu ekologiju (OIKON), 2015: Plan korištenja obnovljivih izvora energije na području Dubrovačko-neretvanske županije, <http://www.edubrovnik.org/wp-content/uploads/2016/03/Nacrt-Plana-kori%C5%A1tenja-OIE-DN%C5%BD-26-1-2015.pdf> (20.12.2021.).

Mrežna pravila prijenosnog sustava. Narodne novine, br. 102/15.

Pravilnik o općim uvjetima za građenje u zaštitnom pružnom pojasu. Narodne novine, br. 93/2010.

Pravilnik o tehničkim uvjetima i normativima za siguran transport tekućih i plinovitih ugljikovodika magistralnim naftovodima i plinovodima te naftovodima i plinovodima za međunarodni transport. Narodne novine, br. 53/1991.

Prostorni plan Dubrovačko-Neretvanske županije (PPDNŽ). Službeni glasnik Dubrovačko-neretvanske županije, br. 12/20.

Solargis, 2021: Globalna horizontalna radijacija, <https://solargis.com/> (5.12.2021.)

Global Solar Atlas (GSA), 2021: Global PW Power Potential by Country, <https://globalsolaratlas.info/global-pv-potential-study?c=11.523088,8.261719,3> (10.12.2021.)

SolarPower Europe, 2021: Global Market Outlook For Solar Power 2021 – 2025, [https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2021/07/SolarPower-Europe\\_Global-Market-Outlook-for-Solar-2021-2025\\_V1.pdf](https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2021/07/SolarPower-Europe_Global-Market-Outlook-for-Solar-2021-2025_V1.pdf) (3.11.2021.).

Strategija niskougljičnog razvoja Republike Hrvatske do 2030. s pogledom na 2050. godinu. Narodne novine (NN) – ostalo, br. 63/2021.

Šterc, S., Šterc, P., 2016: Demografski razvoj Dubrovačko-neretvanske županije, <http://www.zzpudnz.hr/LinkClick.aspx?fileticket=D2ZVcidXqJI%3D&tabid=610> (10.12.2021.)

Tomišić, Ž., Stenek, M., Mikulić, N., Marčec Popović, V., 2020: Stručna podloga “Analiza prostornih kapaciteta i uvjeta za korištenje potencijala obnovljivih izvora energije u Republici Hrvatskoj”, Knjiga II, [https://mpgi.gov.hr/UserDocsImages/Zavod/Publikacije/Analiza\\_OIE\\_RH\\_Knjiga\\_II\\_poglavlja\\_C\\_D.pdf](https://mpgi.gov.hr/UserDocsImages/Zavod/Publikacije/Analiza_OIE_RH_Knjiga_II_poglavlja_C_D.pdf) (5.9.2021.)

United States Energy Information Administration (U.S. EIA), 2021: International energy outlook with projections to 2050, [https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2021\\_Narrative.pdf](https://www.eia.gov/outlooks/ieo/pdf/IEO2021_Narrative.pdf) (20.8.2021.).

United Nations (UN), 1992: Report of the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), [https://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/CONF.151/26/Rev.1%20\(Vol.%20III\)%20&Lang=E](https://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/CONF.151/26/Rev.1%20(Vol.%20III)%20&Lang=E) (21.8.2021.).

United Nations (UN), 2015: Paris Agreement, [https://unfccc.int/sites/default/files/english\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/english_paris_agreement.pdf) (21.8.2021.).

United Nations Environment Programme (UNEP), 2012: The Emission Gap Report, [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8526/-The%20emissions%20gap%20report%202012\\_%20a%20UNEP%20synthesis%20reportemissionGapReport2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8526/-The%20emissions%20gap%20report%202012_%20a%20UNEP%20synthesis%20reportemissionGapReport2012.pdf?sequence=3&isAllowed=y) (25.8.2021.).

United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), 1997: Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change adopted at COP3 in Kyoto, Japan, on 11 December 1997, <https://unfccc.int/resource/docs/cop3/07a01.pdf> (20.8.2021.).

Vlada RH, 2021: Povezali smo Hrvatsku! Pelješki most je svehrvatski projekt, koji ne razdvaja, već spaja, <https://vlada.gov.hr/vijesti/povezali-smo-hrvatsku-peljeski-most-je-svehrvatski-projekt-koji-ne-razdvaja-vec-spaja/32668> (3.9.2021.)

Zakon o cestama. Narodne novine, br. 144/2021

Zakon o klimatskim promjenama i zaštiti ozonskog sloja. Narodne novine, br. 127/2019.

Zakon o potvrđivanju Kyotskog protokola uz Okvirnu konvenciju Ujedinjenih naroda o promjeni klime. Narodne novine (NN) – međunarodni ugovori, br. 5/2007.

Zakon o šumama. Narodne novine, br. 145/2021.

Zakon o poljoprivrednom zemljištu. Narodne novine, br. 98/2019

Zakon o prostornom uređenju. Narodne novine, br. 98/2019.

Zakon o vodama. Narodne novine, br. 84/2021.

Zakon o zaštiti i očuvanju kulturnih dobara. Narodne novine, br. 117/2021.

Zakon o zaštiti prirode. Narodne novine, br. 127/2019.

## POPIS SLIKA

Sl. 1. Razlika između stvarnih emisija i ciljeva smanjenja stakleničkih plinova Kyotskog protokola država potpisnica .....	7
Sl. 2. Udio energije dobivene iz OIE u razdoblju 2004.-2019 .....	9
Sl. 3. Udio energije dobivene iz OIE u ukupnoj potrošnji električne energije za RH i EU-27 u razdoblju 2004.-2019 .....	10
Sl. 4. Smanjenje emisije stakleničkih plinova prema trima različitim scenarijima – NUR, NU1, NU2 .....	12
Sl. 5. Prosječna cijena fotonaponskih modula 2010.-2020 .....	15
Sl. 6. Predložene potencijalne lokacije za solarne elektrane u Dubrovačko-neretvanskoj županiji .....	18
Sl. 7. Položaj i administrativna podjela Dubrovačko-neretvanske županije .....	19
Sl. 8. Reljefna karta Dubrovačko-neretvanske županije .....	20
Sl. 9. Struktura potrošnje energenata u neposrednoj potrošnji Dubrovačko-neretvanske županije u 2018. godini.....	21
Sl. 10. Područja izuzeta iz analize osjetljivosti na izgradnju solarnih fotonaponskih elektrana u DNŽ.....	33
Sl. 11. Jako ranjiva područja na izgradnju solarnih fotonaponskih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji.....	34
Sl. 12. Ukupna osjetljivost na izgradnju solarnih fotonaponskih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji.....	35
Sl. 13. Nepogodna područja za izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji .....	36
Sl. 14. Globalna horizontalna radijacija u DNŽ s dodijeljenim težinskim faktorima.....	37
Sl. 15. Udaljenosti od površina gospodarske namjene "I" i "K" u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama težinskim faktorom.....	38
Sl. 16. Udaljenosti od gospodarske namjene "E" u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom .....	39

Sl. 17. Udaljenosti od transformatorskih i rasklopnih postrojenja u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom.....	39
Sl. 18. Udaljenosti od srednje naponske mreže u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom .....	40
Sl. 19. Udaljenosti od visoko naponske mreže u Dubrovačko-neretvanskoj županiji s dodijeljenim ocjenama i težinskim faktorom. ....	40
Sl. 20. Pogodnost područja na izgradnju solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji .....	41

## **POPIS TABLICA**

Tab. 1. Razlika između stvarnih emisija i ciljeva smanjenja stakleničkih plinova Kyotskog protokola država potpisnica .....	3
Tab. 2. Udio energije dobivene iz OIE u razdoblju 2004.-2019 .....	16
Tab. 3. Udio energije dobivene iz OIE u ukupnoj potrošnji električne energije za RH i EU-27 u razdoblju 2004.-2019 .....	25
Tab. 4. Smanjenje emisije stakleničkih plinova prema trima različitim scenarijima – NUR, NU1, NU2 .....	27
Tab. 5. Prosječna cijena fotonaponskih modula 2010.-2020 .....	30
Tab. 6. Predložene potencijalne lokacije za solarne elektrane u Dubrovačko-neretvanskoj županiji .....	43

## **POPIS PRILOGA**

Prilog 1. Pregled indikatora korištenih u analizi osjetljivosti izgradnje solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji .....	IX
---	----

Prilog 1. Pregled indikatora korištenih u analizi osjetljivosti izgradnje solarnih elektrana u Dubrovačko-neretvanskoj županiji

Indikator	Podindikator	Ocjena	Obrazloženje	Težinski faktor
<b>Prirodne vrijednosti</b>				
<b>Zaštićena područja</b>	Područja predložena za zaštitu	3	Procjena osjetljivosti se temelji na razini zaštite s obzirom na status zaštite Zakona o zaštiti prirode. Indikator uključuje područja koja su predložena za zaštitu u PPDNŽ temeljem Zakona o zaštiti prirode	0,6
	Izvan predloženih područja	1		
<b>Prirodni resursi i razvojni potencijal</b>				
<b>Ekološka mreža</b>	POVS <sup>5</sup> s osjetljivim vrstama	5	U obzir su uzeta staništa osjetljiva na gradnju solarnih elektrana. Indikator uključuje sva POP područja te POVS područja s osjetljivim vrstama na izgradnju solarnih elektrana (Šišmiš, veliki mesojed, flora, leptir, reptili).	0,4
	POVS ostala područja	3		
	izvan POVS područja	1		
<b>Šume</b>	Degradirane sume i sukcesija u makiju	3		0,11

<sup>5</sup> Ekološka mreža RH (mreža Natura 2000) prema članku 5. Uredbe o ekološkoj mreži i nadležnostima javnih ustanova za upravljanje područjima ekološke mreže (NN 80/19) čine područja očuvanja značajna za ptice – POP, područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove – POVS, vjerojatna područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove (vPOVS) i posebna područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove (PPOVS).

SAC=(hrv.PPOVS)Posebnih područja zaštite (područja izdvojenih na temelju Direktive o staništima)

SCI (hrv.=POVS) Područje od značaja za Zajednicu (eng. Sites of Community Importance)

SPA (hrv.POP)=Područja posebne zaštite (područja izdvojenih na temelju Direktive o pticama)

	Područja s oskudnom vegetacijom	2	Procjena osjetljivosti se temelji na funkciji šuma i održivosti resursa, odnosno na vjerojatnost utjecaja kvalitete i održivosti prirodnog resursa. Indikatori uključuju slojeve preuzete iz CORINE Land Covera: degradirane šume i sukcesija u makiju, područja s oskudnom vegetacijom	
	Izvan šuma	1		
<b>Pašnjaci</b>	Pašnjaci	2	Procjena osjetljivosti se temelji na potencijalnom narušavanju poljoprivredne funkcije područja. Indikator uključuje sloj preuzet iz CORINE Land Covera	0,38
	Izvan	1		
<b>Zona sanitarne zaštite voda</b>	2. zona sanitarne zaštite	5	Procjena osjetljivosti se temelji na važnosti održavanja kvalitete vodoopskrbe i indirektni te direktni utjecaj na kvalitetu i održivost resursa. Indikatori uključuju 2., 3., i 4. zonu sanitarne zaštite vode	0,19
	3. zona sanitarne zaštite	4		
	4. zona sanitarne zaštite	3		
	Izvan zona sanitarne zaštite	1		
<b>Turističke i planirane turističke zone</b>	500-1000 m	3	Procjena se temelji na mogućem narušavanju turističke atraktivne funkcije područja. Indikatori uključuju buffere udaljenosti oko turističkih i planiranih turističkih zona	0,26
	Izvan (više od 1000 m)	1		



<b>Rekreacijske zone</b>	0-500 m	5	Procjena se temelji na mogućoj degradaciji područja rekreacijske zone. Indikatori uključuju buffere udaljenosti oko rekreacijskih zona	0,06
	500-1000 m	3		
	Izvan (više od 1000 m)	1		
<b>Društvene vrijednosti</b>				
<b>Naselja</b>	500-1000 m	5	Procjena se temelji na potencijalnoj vidljivosti iz naselja te vizualnom utjecaju. Indikator uključuje točkasti sloj naselja i buffere udaljenosti oko njih	0,15
	1000-1500 m	4		
	(izvan) više od 1500 m	1		
<b>Zaštićena kulturna dobra</b>	500-1000	5	Procjena se temelji na mogućoj degradaciji kulturnih dobara s obzirom na vizualni utjecaj i ostali kontakt. Indikator uključuje buffere udaljenosti od kulturnih dobara	0,15
	1000-1500	3		
	(izvan) više od 1500 m	1		
<b>Panoramske vrijednosti</b>	500 m Viewshed od panoramskih točaka i poteza	5		0,15

	500-1000 m	4	Procjena se temelji na potencijalnom smanjivanju krajobrazne panoramske vrijednosti s važnih točaka. Indikatori uključuju buffere vidljivosti (viewshed) s važnih vidikovaca	
	1000-2000 m	3		
	2000-3000 m	2		
	Izvan (više od 3000) m	1		
<b>Vizualna kvaliteta (izloženost)</b>	0-500 m od autocesta i brzih cesta	5	Procjena se temelji na vizualnoj izloženosti s autoputa i brzih državnih cesta. Indikatori uključuju buffere vidljivosti (viewshed) od autocesta i državnih brzih cesta	0,1
	500-1000 m	4		
	1000-1500 m	3		
	Izvan (više od 2000) m	1		
<b>Krajobrazna vrijednost</b>	Unutar krajolika	5	Procjena se temelji na mogućem smanjivanju krajobrazne vrijednosti područja. Indikatori uključuju područja osobito vrijednih predjela prirodnih i kulturnih krajolika	0,45
	do 500 m	4		
	500-1000 m	3		
	Izvan (više od 1000) m	1		

Izvor: PPDNŽ, 2020; Bioportal, 2021; EIHP, 2021; CORINE Land Cover, 2021