

Primljen / Received: 14.9.2011.

Ispravljen / Corrected: 3.9.2012.

Prihvaćen / Accepted: 30.9.2012.

Dostupno online / Available online: 15.10.2012.

# Model odabira lokacija za gradnju sunčanih elektrana

## Autori:



Doc.dr.sc. **Ljudevit Krpan**, dipl.ing.prom.  
Primorsko-goranska županija  
Upravni odjel za reg. razvoj i infrastrukturu  
[Ljudevit.Krpan@pgz.hr](mailto:Ljudevit.Krpan@pgz.hr)



**Višnja Šteko**, dipl.ing.kraj.arh.  
OIKON d.o.o.  
Institut za primijenjenu ekologiju  
[vsteko@oikon.hr](mailto:vsteko@oikon.hr)



**Željko Koren**, dipl.ing.građ.  
OIKON d.o.o.  
Institut za primijenjenu ekologiju  
[zkoren@oikon.hr](mailto:zkoren@oikon.hr)

Stručni rad

**Ljudevit Krpan, Višnja Šteko, Željko Koren**

## Model odabira lokacija za gradnju sunčanih elektrana

U radu se daje prikaz postupka odabira lokacija za smještaj sunčanih elektrana na području Primorsko-goranske županije primjenom metode dvojne analize. Temeljem rezultata istraživanja u Prostornom planu županije predložene su lokacije za smještaj sunčanih elektrana. Detaljno se analizira predloženi model odabira potencijalnih lokacija za sunčane elektrane. Navedeni model može se primijeniti na bilo koju prostornu cjelinu, uvažavajući potrebu da se kroz različite razine detaljnosti planova definiraju potrebni kriteriji.

### Ključne riječi:

planiranje, višekriterijska analiza, sunčane elektrane, dokumenti prostornog uređenja

Professional paper

**Ljudevit Krpan, Višnja Šteko, Željko Koren**

## Model for selecting locations for construction of solar power plants

This paper provides an overview of location selection process for construction of solar power plants in the Primorsko-Goranska County. The proposed locations for solar power plants were based on the research results in the County's Physical Plan. This paper explains in detail the proposed model for selection of potential locations for solar power plants. The proposed model for selecting potential locations for solar power plants can be applied to any spatial unit, provided that it defines the necessary criteria by analysing different levels of detailed plans.

### Key words:

Planning, multi-criteria analysis, solar power plants, physical planning documents

Fachbericht

**Ljudevit Krpan, Višnja Šteko, Željko Koren**

## Modell der Standortauswahl für den Bau von Solaranlagen

In der Arbeit ist eine Darstellung des Verfahrens zur Standortauswahl für Solaranlagen auf dem Gebiet der Gespanschaft Primorje - Gorski kotar unter Anwendung der Methode der Zweitanalyse gegeben. Auf Grund der Forschungsergebnisse wurden in dem Raumplan der Gespanschaft Standorte für die Solaranlagen vorgeschlagen. Das vorgeschlagene Modell der Auswahl potentieller Standorte für Solaranlagen wird detailliert analysiert. Das angeführte Modell kann auf alle beliebigen Gebietseinheiten angewandt werden, dabei den Bedarf in Erwägung ziehend, dass auf verschiedenen Plandetailebenen die notwendigen Kriterien definiert werden.

### Schlüsselwörter:

Planung, Multi Criteria Analysis, Solaranlage, Raumordnungsdokumente

## 1. Uvod

Primorsko-goranska županije je tijekom 2011. pokrenula postupak izrade novog Prostornog plana županije (PPPGŽ). Jedan od razloga za njegovu izradu bila je i potreba snažnijeg poticanja korištenja obnovljivih izvora energije (OIE) kroz osiguranje pogodnih prostornoplanskih preduvjeta. Na osnovi dosadašnjega Prostornog plana Primorsko-goranske županije pružena je mogućnost lokalnim zajednicama da u okviru vlastitih dokumenata prostornog uređenja prepoznaju i definiraju egzaktne lokacije te odrede uvjete za smještaj građevina za primjenu obnovljivih izvora energije (OIE) na njihovu području (Službene novine PGŽ 14/00, 12/05, 50/06, 08/09, 03/11, Članak 97.). Županija ponajprije nastoji promovirati i potaknuti korištenje OIE, pa i solarne energije, na razini individualnih korisnika (domaćinstva, hoteli, ...) kao i razvoj sunčanih i vjetroelektrana kao zasebnih objekata koje treba smještati izvan građevinskih područja. Kako bi se osigurale primjerene stručne podloge te determinirale lokacije za smještaj sunčanih elektrana u dokumentima prostornog uređenja, izrađena je Studija mogućnosti korištenja prostora za gradnju sunčanih elektrana na području PGŽ.

U radu se detaljno razlaže korišteni model odabira potencijalnih lokacija za sunčane elektrane (SE) na području Primorsko-goranske županije primjenom zemljopisnog informacijskog sustava (eng. Geographic Information System, GIS). Temeljem navedenih rezultata istraživanja u Prostornom će se planu Primorsko-goranske županije odrediti lokacije i uvjeti za njihov smještaj. Time će se omogućiti ishođenje lokacijskih dozvola temeljem PPPGŽ, odnosno olakšati i potaknuti njihovo investiranje. Cilj rada je potvrditi primjenjivost takvog pristupa i metoda u određivanju prioriteta pri realizaciji sunčanih (solarnih) elektrana. Navedeni model odabira lokacija može biti primijenjen na bilo koju prostornu cjelinu, uzimajući u obzir to da se kroz različite razine detaljnosti planova moraju definirati prikladni kriteriji koju tu razinu detaljnosti prepoznaju i artikuliraju.

## 2. Višekriterijska analiza

Donošenje odluka o izboru najpovoljnijega rješenja u fazi planiranja infrastrukturnih sustava složen je proces zbog brojnih ciljeva koji se moraju zadovoljiti. Stupanj ostvarenja tih ciljeva se vrednuje primjenom više kriterija i različitih mjera pri čemu treba voditi računa i o brojnim ograničenjima. Višekriterijska se analiza može definirati kao model za podršku u procesu donošenja odluka koji se sastoji od skupa rješenja (varijanta koje treba rangirati ili razvrstati donositelj odluke), skupa kriterija (kvantitativnih i kvalitativnih, uz upotrebu različitih mjera) i skupa vrijednosti (ocjene) svake varijante po svakom kriteriju uz suradnju stručnjaka različitih profila i predstavnika društvene zajednice [1].

Dokumenti prostornog uređenja predstavljaju osnovu za promišljanje prostornog razvoja. Nosioci njihove izrade su, uz državu, jedinice regionalne i lokalne samouprave, a usvajaju se od strane predstavničkih tijela građana (Sabor RH, županijske skupštine ili gradska/općinska vijeća) ovisno o razini dokumenta prostornog uređenja. To je razlog da u odabiru najpovoljnije varijante/rješenja u prostornom planiranju ne sudjeluju samo stručnjaci, nego presudnu ulogu vrlo često imaju političari (bez specijaliziranih stručnih znanja). Stoga je upravo višekriterijska analiza vrlo objektivan alat za prezentiranje i odabir najpovoljnijega ili kompromisnog rješenja [2].

Prihvaćanjem metodologije postupka višekriterijske analize, treba istaknuti da njena primjena u prostornom planiranju podrazumijeva sustavnu analizu problema. Zacrane lokacije infrastrukturnih objekata mogu se prihvatiti ako ponuđeno rješenje istodobno zadovoljava kriterije i standarde zaštite okoliša i gospodarske kriterije. Vrlo je čest slučaj da te dvije skupine kriterija nisu međusobno kompatibilne. Stoga se i predviđaju promjene u varijantama rješenja dok se ne nađu najbolji uvjeti u obostranom interesu.

S obzirom na složenost problematike, izbor i ocjena potencijalnih lokacija za infrastrukturne projekte u načelu se provodi u dva koraka i to: odabir mogućih lokacija eliminiranjem neprimjerenih zona te potom usporedno vrednovanje preostalih potencijalnih lokacija.

Pritom, eliminacijski kriteriji definiraju vrijednosti ili područje vrijednosti nekog kriterija uz koje lokacija nije pogodna. Taj se nedostatak lokacije ne da kompenzirati povećanom kvalitetom lokacije prema drugim kriterijima. Odnosno, ako lokacija ne zadovoljava željeno stanje po promatranom kriteriju, neprihvatljiva je bez obzira na ostale kriterije. Glavni je cilj izbora i primjene eliminacijskih kriterija taj da se eliminiira što veći dio područja od interesa te da se tako pojednostavi postupak pronalaženja i vrednovanja potencijalnih lokacija. Usporedni kriteriji su pravila za vrednovanje potencijalnih lokacija. Nakon primjene eliminacijskih kriterija, određuju se kriteriji za usporedbu lokacija koje su preostale. Pri određivanju usporednih kriterija nastoji se da oni budu neovisni jedan o drugome te da su njima obuhvaćene sve različitosti između vrednovanih lokacija: tehničko-tehnološke, ekološke, sigurnosne i ekonomske. Nužno je napomenuti da izbor kriterija ovisi o području od interesa za izbor lokacije. Ako po pojedinom kriteriju nema nikakve razlike između obrađivanih lokacija, tada se taj kriterij može izostaviti. Isto tako mogu se izostaviti kriteriji koji nisu primjenjivi u zadanom interesnom području [2].

Radi pouzdanog planiranja sadržaja u prostoru, nužno je dobro poznavati i analizirati stanje razmatranog prostora. GIS tehnologija je izvrsna supstitucija za osobni obilazak prostora i njegovo doživljavanje. GIS omogućava upoznavanje

cjelokupnog prostora odjednom, što bitno pomaže spoznavanju cjeline i njezinih posebnosti te jednakom i ravnopravnom tretiranju cjeline prostora. Osim kao izvor pouzdanih i ažurnih statističkih podataka, GIS može služiti i kao programska podrška u procesu odlučivanja.

Prilikom izrade analize optimalnih lokacija za smještaj sunčanih elektrana, GIS baza i GIS alati mogu biti korišteni u tri zasebne uloge. Jedna od uloga GIS-a vezana je uz determiniranje posebno vrijednih prostornih cjelina, a u segmentu ekološkog vrednovanja pojedinih rješenja u postupku višekriterijskog odlučivanja. Druga, jednako važna, uloga GIS-a determinirana je prilikom obrade dostupnih statističkih podataka vezanih uz određivanje pojedinih prostornih zona ovisno o prostornoj distribuciji različitih sadržaja (stanovanje, industrija, turizam, rekreacija i sl.), odnosno podataka o ukupno planiranim gospodarskim, demografskim i socioekonomskim kretanjima na nekom području. Treća uloga je razvidna upravo u postupku izrade prostorno-tehničkog separata, kao podloga za optimalni smještaj pojedinih infrastrukturnih objekata uz uzimanje u obzir dostupnih elemenata zaštite okoliša, ali i podataka vezanih u geološka, hidrološka i druga istraživanja [2].

### 3. Općenito o sunčanim elektranama

Neposredno iskorištavanje energije Sunca u razne energetske svrhe (toplinska, električna energija i dr.) prihvatljivije je za okoliš u odnosu na korištenje fosilnih goriva. No, postoji mogućnost negativnih utjecaja na određene vrste flore i faune i/ili tipove staništa, kao i na krajobrazne vrijednosti pojedinih područja.

Prepoznaju se tri glavna principa pretvorbe Sunčeve (solarne) energije: toplinska, koncentrirana i fotonaponska energija. Solarna toplinska energija je tehnologija pretvaranja energije Sunčeva zračenja u toplinsku energiju. Solarna koncentrirana energija (CSP - Concentrated Solar Power) je tehnologija kojom se uz pomoć visokotemperaturnih kolektora u solarnim termalnim elektranama uporabom leća i/ili zrcala Sunčevo zračenje koncentrira radi postizanja visoke temperature i zagrijavanja tekućina ili plinova koji isparavanjem ili ekspanzijom pokreću toplinske pogone (parne turbine) ili generatore koji toplinsku energiju pretvaraju u električnu. Solarne termalne elektrane najčešće se izvode sa spremnicima topline čime se omogućuje proizvodnja električne energije u razdobljima oblačnog vremena i noću. Solarna fotonaponska energija (FN) je tehnologija pretvaranja Sunčeve energije u korisne oblike energije direktno apsorbirajući solarne fotone (čestice svjetla koje djeluju kao zasebne jedinice energije) i/ili pretvarajući dio energije Sunca u električnu energiju (kao u fotonaponskim ćelijama) ili spremajući dio energije u kemijsku reakciju (kao npr. u pretvaranju vode na vodik i kisik). FN elektrane pripadaju fotonaponskim sustavima izravno priključenim na javnu elektroenergetsku mrežu. S obzirom

na instaliranu snagu ti sustavi dijele se na one koji imaju snagu od 0,5 MW do 10 MW, od 10 MW do 30 MW i snagu veću od 30 MW. Potrebno je istaknuti da je kod CSP tehnologije prisutan veći utjecaj na okoliš u odnosu na FN sustave. Primjerice, utjecaj na smanjenje vizualnih kvaliteta prostora zbog izgradnje tornjeva (različitih visina od 50 do preko 100 m), ili mogući utjecaj na vodne resurse zbog korištenja termalnog ulja ili rastopljene soli zbog čega ovu tehnologiju nije prihvatljivo planirati u krškim područjima te u području s malom količinom oborina i ograničenim vodnim resursima [4].

### 4. Metodologija odabira lokacija za sunčane elektrane

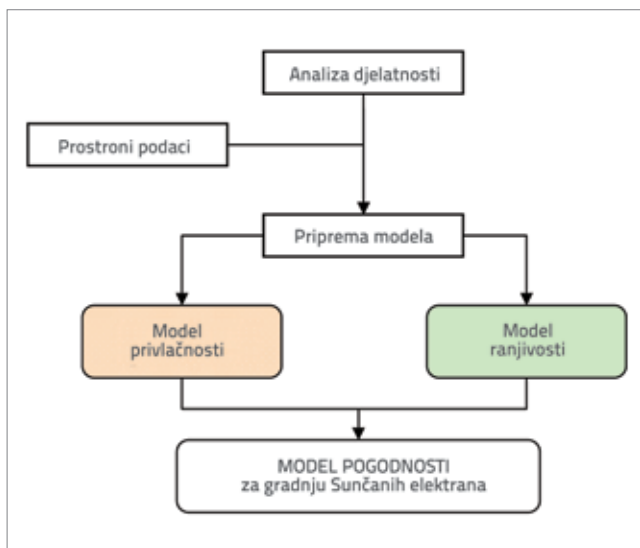
Primorsko – goranska županija prostorno je izrazito raznolika. Čine je tri mikroregije različite po svojim prirodno-fizičkim osobinama i stupnju razvitka: Gorski kotar, priobalje i kvarnerski otoci. Jasno je da je jedan od temeljnih kriterija za razvoj sunčanih elektrana intenzitet Sunčeva zračenja (sunčani potencijal) te da je s tog aspekta preferentno razmatrati prostore otoka. To ne znači da je prostor Gorskog kotara općenito nepogodan za izgradnju SE već samo znači da bi vrijeme povratka ulaganja tamo bilo duže. Isto tako otočni prostor, iako ima najveći sunčev potencijal, zbog strmog terena može biti potpuno neprikladan za njihovu izgradnju.

Prije procesa vrednovanja prostora za smještaj SE trebalo odrediti tipove objekata koji su pogodni za smještaj na prostor PGŽ, kao i njihov opseg ili dimenzije. Zaključeno je da je tehnologija sunčanih fotonaponskih sustava primjerenija za smještaj na prostor Županije u odnosu na tehnologiju koncentriranja Sunčeve snage.

Nakon toga uslijedila je projekcija prostornih potreba i mogućnosti za smještaj SE. Utvrđeno je kako bi za instaliranje fotonaponskih sustava snage 1 MW trebalo je oko 5 ha prostora uz kontinuiranu linearnu ovisnost snage i prostora. Isto tako, utvrđeno je kako na području županije, zbog izrazite reljefne raščlanjenosti, nije prikladno graditi solarne elektrane snage veće od 10 MW.

Potom je za odabir lokacija za izgradnju sunčanih elektrana utvrđena metoda dvojne analize prostora (analiza razvojnih mogućnosti i analiza ostvarivanja zaštitnih ciljeva) koja se temelji na sustavnom pristupu rješavanju zaštitno-okolišnih problema u prostornom planiranju. Zasebno modeliranje privlačnosti i ranjivosti prostora temeljeno je na oprečnim vrijednosnim sustavima i pripadajućim kriterijima vrednovanja. Kod privlačnosti prostora uzima se u obzir isključivo razvojni aspekt (ekonomska korist ili interes). Kod ranjivosti kvalitete prostora kriterij vrednovanja čini društveni javni interes za zaštitom prostora. Upravo takav dvojni pristup simulaciji kvalitete prostora omogućuje planerima analitičko raščlanjivanje sustava vrijednosti u prostoru.

Vrednovanjem prostora modelom pogodnosti postupak se obavlja u dva koraka, i to izradom modela privlačnosti te modela ranjivosti. Sintezom modela privlačnosti i ranjivosti dobivaju se pogodne, vrijednosno artikulirane, lokacije te se odabiru one s najvišom ocjenom pogodnosti, vodeći računa i o potrebnim površinama za realizaciju razmatrane djelatnosti koju uvodimo u prostor. Izrada modela pogodnosti omogućava korištenje neograničenog broja georeferenciranih prostornih podataka koji su u samom postupku jasno i pregledno sistematizirani i vrednovani, ovisno o tome koji je vrijednosni model upotrijebljen (razvojni ili zaštitni). Pomoću ArcView 3 i ArcGis 9 programskog paketa izvršena je priprema baze prostornih podataka, dok je samo modeliranje izvršeno u računalnom programu ProVal. Za vrednovanje prostora modelima privlačnosti i ranjivosti odabrana je veličina homogene prostorne jedinice (piksela) od 100x100 m jer je mjerilo prostornog plana županije (mj. 1:100.000). Prilikom definiranja kriterija predložena metodologija nije obuhvatila analizu cilja.



Slika 1. Hodogram postupka izrade modela pogodnosti [3]

Postupak procjene pogodnosti prostora za izgradnju sunčanih elektrana obuhvaća:

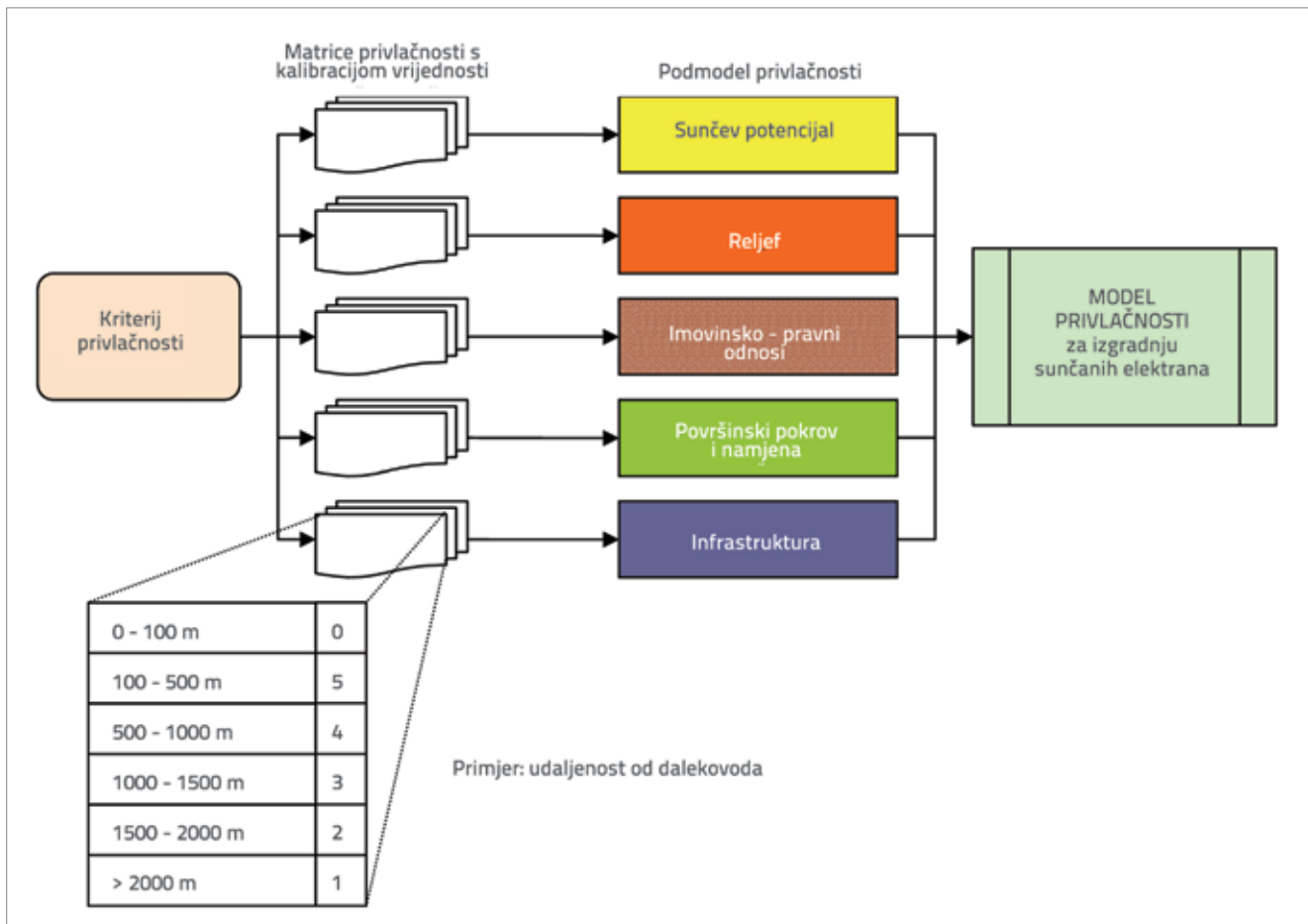
1. analizu djelatnosti (opredjeljenje pojavnih oblika, njihov opseg i mogući utjecaj na okoliš)
2. pripremu baze prostornih podataka pripremljenih u obliku tematskih karata
3. izradu modela privlačnosti (korištenjem eliminacijskih i usporednih kriterija)
4. izradu modela ranjivosti
5. izradu modela pogodnosti (združivanjem karte privlačnosti i ranjivosti, slika 1.)
6. definiranje užeg i šireg izbora lokacija
7. obilazak lokacija i prikupljanje terenskih podataka
8. vrednovanje i rangiranje lokacija.

#### 4.1. Model privlačnosti prostora za smještaj sunčanih elektrana

U modelu privlačnosti, koji uključuje razvojne kriterije, definiraju se prostorne karakteristike koje pogoduju smještaju SE. Prema podacima o prostornoj privlačnosti i kriterijima za izbor lokacija SE izrađuju se matrice privlačnosti kako bi se dodijelile vrijednosti pondera po svakom kriteriju. Najviše ocijenjena područja u ovom modelu predstavljaju najprivlačnije lokacije. Modelom privlačnosti se istražuje prostor primjenom eliminacijskih i usporednih kriterija.

Primjenom eliminacijskih kriterija u prvoj fazi izbora vrednuje se cjelokupan prostor te odbacuju sva ona područja koja ni u kom smislu nisu prihvatljiva za izgradnju SE. Riječ je o reljefnim formama koje zbog nepovoljnog nagiba (grebeni i vrhovi) te velike zasjele i male raspoložive površine (kanjoni) nikako ne mogu biti privlačna područja za izgradnju SE. Tu pripadaju i prostori posebne namjene što znači ona područja za koja je propisan poseban način korištenja i zaštite. Radi se o državnoj granici i o prostoru od kilometar uz nju koji se odbacuje zbog eventualnih prekograničnih utjecaja te zaštićenom obalnom pojasu. Zakonom zaštićena područja prirode (nacionalni park, park prirode, park šuma, posebni rezervat, strogi rezervat i značajni krajobraz) i zakonom registrirana područja kulturne baštine (arheološka zona i/ili spomenik, etnozona i/ili spomenik, gradska naselja, seoska naselja, memorijalno područje, povijesna građevina), također se odbacuju kao visokovrijedna prirodna i kulturna područja koja kao takva očito da nisu pogodna/privlačna za izgradnju elektrana. Kao neprivaćna područja označena su i područja zaštite izvorišta pitke vode. Riječ je o prvoj zoni zaštite (IA i IB) u kojoj su zabranjene sve aktivnosti osim onih koje su vezane za iskorištavanje i pročišćavanje te dopremu vode u vodoopskrbni sustav. Odbacuju se i sva izgrađena područja, infrastrukturne površine (energetske i prometne) te područja pod morem/vodom.

Potom se provodi vrednovanje prostora primjenom vrijednosnih matrica. Odabrani se kriteriji privlačnosti u prostoru vrijednosno ocjenjuju pomoću matrica (podmodela privlačnosti). Potom se sve matrice udružuju u zajednički, završni model privlačnosti (slika 2.). Kako bi se istaknulo različito značenje pojedinih parametara, svakoj matrici se dodjeljuje težinski faktor. Sve vrijednosti se množe s vrijednošću težinskog faktora, čime se utvrđuje (povećava ili smanjuje) njihova ocjena u daljnjem postupku udruživanja. Težinski faktori izraženi su kao decimalni postoci (odnosno broj između 0 i 1). Konačan rezultat udruživanja u model privlačnosti je vrijednosna karta s ocijenjenim prostorima ukupne privlačnosti u matrici skale ocjena od 0 do 5. Pritom područja ocijenjena visokim ocjenama znače i veću privlačnost toga prostora za smještaj sunčanih elektrana.



Slika 2. Priprema matrica privlačnosti i povezivanje podmodela u model privlačnosti [3]

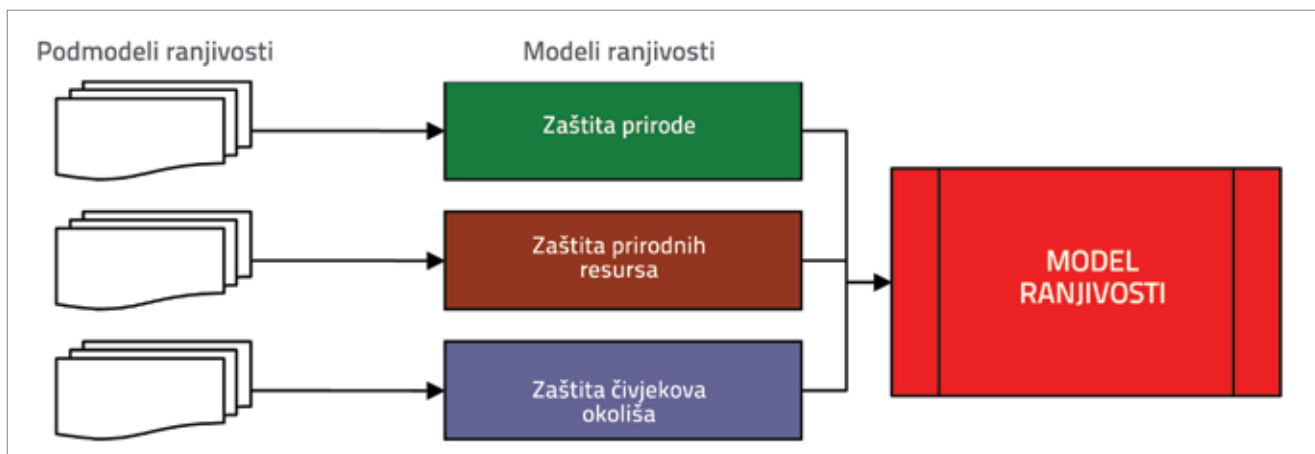
Rezultat primjene eliminacijskih kriterija na području PGŽ jest karta eliminiranih područja koja su pokrivala čak 60,84% razmatranih područja. Potom je od ukupne površine obuhvata, 4,24 % procijenjeno najprivlačnijim (ocjena 5), 9,05 % površine visoko privlačnim (ocjena 4), 19,33 % privlačnim za smještaj (ocjena 3) te 6,54 % područja s malom privlačnosti za gradnju sunčanih elektrana (ocjena 2). Pritom je najviše najprivlačnijih površina zastupljeno na otoku Cresu, potom Krku, pa Rabu i Lošinj. Određen broj najprivlačnijih, ali više visoko privlačnih površina nalazi se i u priobalju, dok ih je najmanje u Gorskom kotaru.

#### 4.2. Model ranjivosti prostora za smještaj sunčanih elektrana

Modeliranje ranjivosti prostora znači simuliranje mogućih utjecaja djelatnosti koja se u prostoru planira na njegove kvalitete. Ono daje mogućnost procjene prihvatljivosti ili neprihvatljivosti djelatnosti na osnovi logičkog poimanja: tamo gdje je stupanj kvalitete veći, stupanj prihvatljivosti zahvata u prostoru je manji. Njime se vrednuju sve one kvalitete okoliša koje bi zbog izgradnje sunčanih elektrana mogle biti ugrožene. Vrednovanje se provodi na temelju tri zaštitna aspekta kojima se štiti:

- prirodni okoliš (ranjivost prirodnih kvaliteta i kopnene flore i faune),
- čovjekov okoliš (ranjivost kulturnih i vizualnih kvaliteta), i
- resursi (ranjivost prostora kao resursa za šumarstvo, poljoprivredu, vodno gospodarstvo).

Model ranjivosti u prvom koraku utvrđuje moguće izvore negativnog utjecaja pojedinog zahvata (rašćlanjivanje djelatnosti na radne faze te određivanje utjecaja pojedine faze na promjenu fizičkog stanja okoliša), slika 3. Potom slijedi formiranje matrica interakcija (evidentiranje promjena u okolišu te pridodavanje važnosti promjeni). U interakcijskoj matrici procjenjuje se važnost utjecaja pojedinih elemenata zahvata na kvalitetu okoliša. Zatim se metodom „scopinga“ rangiraju utjecaji, odnosno izdvoje one komponente okoliša na koje će zahvat imati najveći utjecaj. Zbog kompleksnosti prostora te zbog lakše provedbe i razumijevanja rezultata, ranjivost prostora se predstavlja kroz više modela ranjivosti (ranjivost prirodnih kvaliteta, ranjivost kopnene flore i faune, ranjivost prostora kao resursa za šumarstvo, ranjivost prostora kao resursa za poljoprivredu, ranjivost prostora kao resursa za vodno gospodarstvo, ranjivost prostora kao resursa za vizualnih kvaliteta prostora). Modeli se izabiru



Slika 3. Priprema podmodela i modela ranjivosti u skupni model ranjivosti

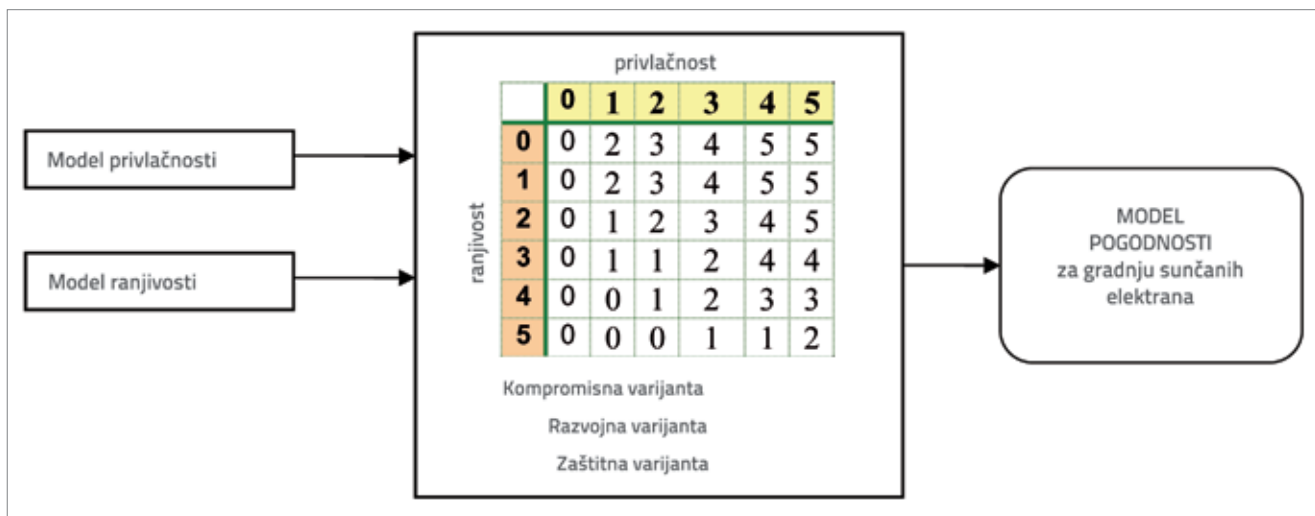
s obzirom na prepoznate utjecaje djelatnosti na okoliš, na značajke planerskog prostora te s obzirom na raspoložive podatke. Način udruživanja matrica u podmodele ranjivosti te podmodela ranjivosti u konačni model ranjivosti, definiran je tipom korištenih podataka i logikom podmodela. Konačan rezultat udruživanja u model ranjivosti je vrijednosna karta s ocijenjenim prostorima ukupne ranjivosti u matrici skale ocjena od 0 do 5. Pritom područja ocijenjena visokim ocjenama znače i veću ranjivost toga prostora za smještaj sunčanih elektrana. S obzirom na to da su kriteriji ranjivosti bili vrlo strogo postavljeni (uvijek se prenosila najviša vrijednost), za područje Primorsko – goranske županije dobiveno je relativno puno ranjivih površina. Od ukupne površine obuhvata, 48,89 % je procijenjeno najranjivijim (ocjena 5), 36,67 % površine visoko ranjivim (ocjena 4), a 13,55 % ranjivim za smještaj sunčanih elektrana (ocjena 3) dok je samo 0,58% prepoznato kao malo ranjivi prostor (ocijenjen ocjenom 2). Utvrđeno je da je najviše najranjivijih površina zastupljeno na području priobalja, dok su u ostalim dijelovima Županije te površine ravnomjerno raspoređene. Nešto manje najranjivijih površina zastupljeno je na otoku Cresu.

### 4.3. Model pogodnosti prostora za smještaj sunčanih elektrana

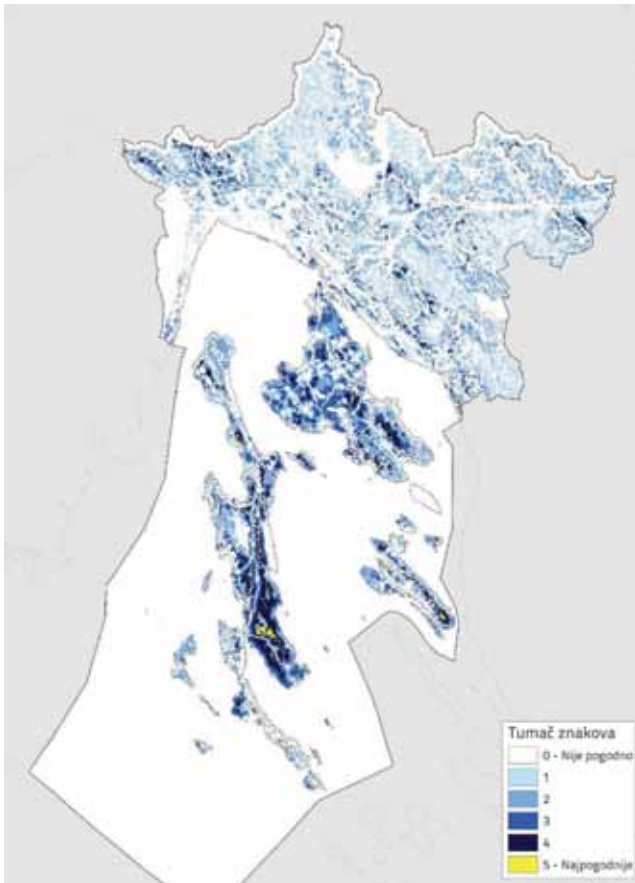
Pogodnost se, u kontekstu smještaja određene djelatnosti na nekom području, može opisati kao mogućnost prostora za prihvaćanje razvoja djelatnosti (i svega što ta djelatnost podrazumijeva). Spajanjem gotovog modela privlačnosti i ranjivosti za određenu djelatnost preko vrijednosne matrice dobiva se model pogodnosti.

Strogost kriterija kojima se dodjeljuju ocjene pogodnosti unutar matrice neposredno utječe i na distribuciju te površinu pogodnog prostora. Stoga je poželjno stvaranje nekoliko podvarijanti, čime se omogućuje odabir odgovarajućeg modela u ovisnosti o dobivenim rezultatima. Dvodimenzionalnom matricom interakcije „preklapaju“ se vrijednosti modela privlačnosti i ranjivosti, prateći logiku: što veća ocjena privlačnosti i manja ocjena ranjivosti, to veća pogodnost (slika 4.).

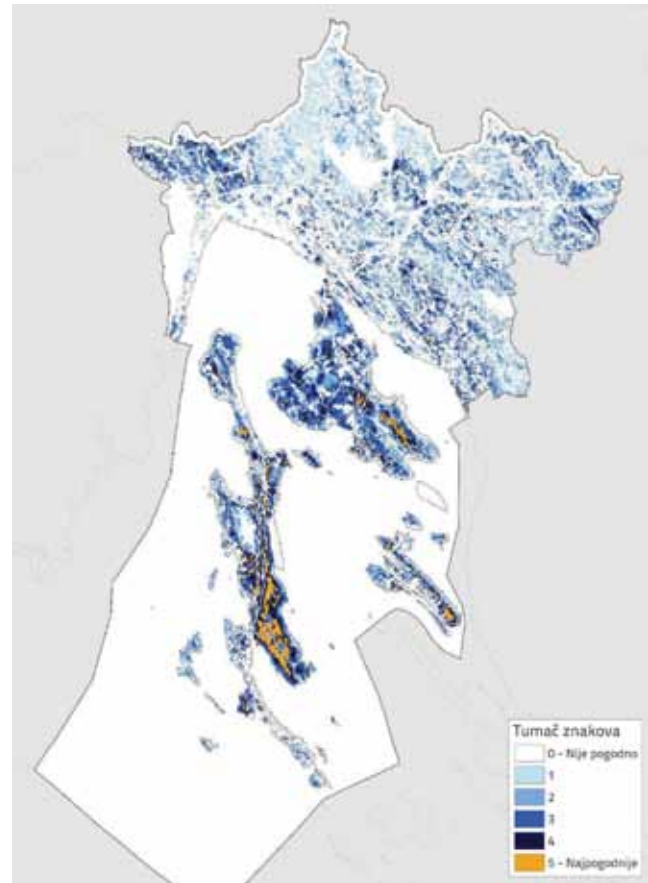
Izradom modela pogodnosti (zaštitna, razvojna i kompromisna varijanta) prostora dobivaju se potencijalne lokacije za smještaj solarnih elektrana. Pritom se u združenoj matrici



Slika 4. Povezivanje modela ranjivosti i privlačnosti u konačni model pogodnosti za smještaj sunčanih elektrana [3]



Slika 5. Karta pogodnosti smještaja sunčanih elektrana (kompromisna varijanta)



Slika 6. Karta pogodnosti smještaja sunčanih elektrana (razvojna varijanta)

za razvojnu varijantu veća težina daje privlačnosti, dok se u zaštitnoj varijanti veća težina daje ranjivosti.

U slučaju Primorsko – goranske županije, kod kompromisne varijante najvećom ocjenom pogodnosti prostora za smještaj solarne elektrane vrednovano je 0,13 % ukupne površine obuhvata, dok se kod razvojne varijante to povećava na 1,45 % ukupne površine prostora. To znači da je kod kompromisne varijante 477 ha (1 piksel = 1 ha) pogodnog prostora za smještaj solarne elektrane, dok je kod razvojne varijante riječ o 5.308 ha. Iz karte pogodnosti – kompromisna varijanta (slika 5.) vidljivo je da je najviše najpogodnijih površina zastupljeno na otoku Cresu, dok se po jedna javlja i na otocima Krku i Rabu. Kod razvojne varijante znatno je veći broj najpogodnijih površina, slika 6. I dalje je njihova najveća zastupljenost na otoku Cresu, ali javlja se nekolicina i na otocima Krku, Rabu i Lošinju te u blizini Vinodolske udoline i sjeverno od grada Rijeke prema granici sa Slovenijom.

Ukupna ocjena pogodnosti lokacija i rang koji je lokacija dobila može se interpretirati kao agregirana ocjena rizika razvoja projekta u odnosu na druge lokacije: što je lokacija više rangirana, mogu se pretpostaviti manji sveukupni rizici projekta. Na osnovi rezultata višekriterijske analize može se zaključiti da bi bilo opravdano predvidjeti mogućnost planiranja

i gradnje SE od bolje prema slabije rangiranim lokacijama. Konačni rezultat je na kraju dobar onoliko koliko su dobre polazne pretpostavke, prije svega one o Sunčevom potencijalu i mogućnosti priključka na elektroenergetsku mrežu. Detaljniji uvid u odnose rizika može se dobiti dodatnim analizama užeg izbora lokacija koje bi uključivale detaljniju izradu prostorne razdiobe Sunčevog potencijala radi procjene energetske iskoristivosti, detaljniju analizu mogućnosti i načina priključka na elektroenergetsku mrežu, detaljnu procjenu utjecaja geomorfologije na tehničku izvedbu, detaljnije utvrđivanje očekivanih utjecaja na prirodu i okoliš, itd. Sve bi to mogli biti daljnji koraci u razvoju i primjeni metodologije izbora i ocjena lokacija za izgradnju sunčanih elektrana.

## 5. Zaključak

Za odabir lokacija za izgradnju sunčanih elektrana na području Primorsko – goranske županije primijenjena je metoda dvojne analize prostora koja se temelji na sustavnom pristupu rješavanju zaštitno-okolišnih problema u prostornom planiranju. Spajanjem modela privlačnosti i modela ranjivosti preko vrijednosne matrice dobiven je model pogodnosti. Kroz primjenu višekriterijske analize (model pogodnosti) odabran

je određeni broj potencijalnih lokacija koji se predlaže za uvrštenje u Prostorni plan PGŽ. Uži izbor potencijalnih lokacija (15 lokacija) dobivenih kompromisnom varijantom analiziran je kroz provjeru dobivenih podataka primjenom matrica, uz pomoću kojih su se vrednovala i u konačnici rangirale lokacije. Zasebno modeliranje privlačnosti prostora i ranjivosti prostora temeljilo se na oprečnim vrijednosnim sustavima i pripadajućim kriterijima vrednovanja. Kod privlačnosti prostora uzimao se u obzir isključivo razvojni aspekt – ekonomska korist ili interes, dok je kod ranjivosti kvaliteta prostora kriterij vrednovanja činio društveni javni interes za zaštitom prostora. Prije procesa vrednovanja prostora za smještaj sunčanih elektrana određeni su tipovi elektrana

koji su pogodni za smještaj u prostor Primorsko-goranske županije kao i njihove dimenzije.

Provedenim istraživanjem učinjen je značajan iskorak u izradi strateških dokumenata prostornog uređenja, osobito prostornih planova županija. Utvrđeno je kako predložene lokacije sunčanih elektrana predstavljaju samo bazu lokacija koja se kroz planove nižeg reda može dalje proširivati te je prava vrijednost istraživanja u jasno definiranim kriterijima za njihov smještaj. Rezultati istraživanja znanstveno i metodološki utemeljeno dokazuju isplativost sustavnog planiranja te potrebu za izradom pouzdanih stručnih podloga kao podloga za izradu strateške prostorno-planske dokumentacije.

## LITERATURA

- [1] Kareluša, B., Ožanić, N.: Određivanje prioriteta u realizaciji vodnogospodarskih planova, *Građevinar* 63, (2011.), str. 151-161
- [2] Krpan, Lj.: *Integralni prostorno-prometni model urbanističkog planiranja*, doktorska disertacija, Pomorski fakultet u Rijeci, Rijeka, 2010. (neobjavljen)
- [3] Šteko, V. (voditeljica studije): *Studija mogućnosti korištenja prostora za gradnju sunčanih elektrana na području PGŽ, OIKON d.o.o.* Institut za primijenjenu ekologiju, Zagreb, 2010.
- [4] Antonić, O., Križan, J., Milostić, M., Bukovec, D.: *Stručne podloge, kriteriji i metodologija za izbor lokacija za izgradnju solarnih elektrana u Republici Hrvatskoj*, OIKON d.o.o. Institut za primijenjenu ekologiju, Zagreb, 2009.