






# SADRŽAJ

<b>PREDGOVOR</b>		<b>2</b>
<b>UVOD</b>		<b>3</b>
<b>1. ENERGIJA VJETRA</b> 		<b>4</b>
1.1. OPĆE ZNAČAJKE		4
1.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE VJETRA		4
<b>2. ENERGIJA SUNCA</b> 		<b>6</b>
2.1. OPĆE ZNAČAJKE		6
2.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE SUNCA		7
<b>3. ENERGIJA BIOMASE</b> 		<b>10</b>
3.1. OPĆE ZNAČAJKE		10
3.1.1. OPĆE ZNAČAJKE ENERGIJE BIOMASE		10
3.1.2. KARAKTERISTIKE ŽUPANIJE VAŽNE ZA PROIZVODNJU ENERGIJE IZ BIOMASE		10
3.2. PROCJENA ENERGETSKOG POTENCIJALA		10
3.2.1. BIOMASA IZ POLJOPRIVREDE		10
3.2.2. BIOMASA IZ ŠUMARSTVA		14
3.2.3. BIOMASA IZ OTPADA		15
<b>4. GEOTERMALNA ENERGIJA</b> 		<b>16</b>
4.1. OPĆE ZNAČAJKE		16
4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL		18
<b>5. HIDROENERGIJA</b> 		<b>20</b>
5.1. OPĆE ZNAČAJKE		20
5.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL HIDROENERGIJE		21
<b>ZAKLJUČAK</b>		<b>23</b>

## PREDGOVOR

**„Potencijal obnovljivih izvora energije u Zadarskoj županiji“ predstavlja integralnu analizu prirodnog potencijala svih oblika obnovljivih izvora energije (OIE) - energije vjetra, Sunca, biomase, geotermalnih izvora te vodotoka.**

**Pregled postojećih potencijala obnovljivih izvora energije omogućit će građanima i organizacijama civilnog društva da realno sagledaju mogućnosti budućeg razvoja OIE u Zadarskoj županiji.**

**Cilj ove publikacije je regionalnoj i lokalnoj samoupravi olakšati energetske planiranje na području Županije. Istovremeno ona može poslužiti i investitorima u projekte OIE, kao osnova za identifikaciju potencijalnih projekata odnosno njihovo usmjeravanje radi održivog razvitka Županije.**

Studija potencijala OIE i ova publikacija izrađene su u okviru projekta „Javno zagovaranje i praćenje politika vezanih za obnovljive izvore energije“ (eng. *“Renewable Energy Policies Advocacy and Monitoring - REPAM”*). Projekt se provodi uz financijsku pomoć Europske unije, kroz IPA program „Razvoj kapaciteta organizacija civilnog društva za sustavno praćenje i javno zagovaranje politika održivog razvoja i integriranih pristupa upravljanju otpadom i vodom, transportom, regionalnim razvojem, održivoj upotrebi prirodnih resursa i sigurnosti okoliša“.

Studiju je izradio interdisciplinarni tim stručnjaka Energetskog instituta Hrvoje Požar, a projekt se provodi u partnerstvu s udrugama Društvo za oblikovanje održivog razvoja (Zagreb) i Focus (Ljubljana).

## UVOD

Zadarska županija je smještena na središnjem dijelu hrvatske obale Jadranskog mora. Grad Zadar sa 78.135 stanovnika je administrativno sjedište županije, u kojoj ukupno živi 179.186 stanovnika. Površina Zadarske županije iznosi 7.276,23 km<sup>2</sup> (8,3% ukupne površine Hrvatske), od čega 3.643,33 km<sup>2</sup> (6,4% površine) otpada na kopneni dio, a 3.632,9 km<sup>2</sup> na morski dio (11,6% teritorijalnog mora). Geografski je smještena tako da obuhvaća primorje sjeverne Dalmacije te zaleđe Ravnih kotara i Bukovice. Od Like i kontinentalnog dijela Hrvatske je oštro odvojena visokim masivom Velebita. Geomorfološki prostor Županije može se podijeliti na sljedeća područja:

**Ravni kotari** obuhvaćaju zaobalni prostor Županije, dio su hrvatskog primorja gdje su planine najviše udaljene od obale. Plodne flišne udoline s poljima i isušanim blatima smjenjuju se s krškim bilima, oblikujući pitomi brežuljkasti krajobraz dok je sjeverni dio Kotara krševitiji te gubi obilježja pravog ravnokotarskog prostora. Ravni kotari su jedno od najvećih poljoprivrednih zemljišta u južnoj Hrvatskoj.

**Velebit** dijeli primorski dio Županije od unutarnjeg ličkog dijela. Planinska, uglavnom vapnenačka zona Velebitskog masiva, s najistaknutijim vrhovima koji prelaze 1.700 m nadmorske visine, dominira u reljefom.

**Zadarsko-biogradsko primorje** obuhvaća obalni prostor između općine Pakoštane na jugoistoku i općine Vir na sjeverozapadu te zadire u relativno uski zaobalni pojas omeđen općinama Zemunik, Galovac i nekoliko naselja općine Poličnik. To je prostor koji gravitira regionalnim centrima Zadru i Biograd na Moru.

**Otoci** Pag, Dugi otok, Ugljan, Pašman, Vir, Silba, Olib, Molat, Premuda, Iž i ostali manji otoci zajedno s Kornatima čine jednu od najgušćih otočnih skupina na Jadranu. Prevladavaju karbonatne stijene, a fliš i druge mekše taložine su izuzeci, tj. potopljeni su morem.

**Bukovica** zauzima prostor južnog velebitskog pobrđa s oskudnim poljoprivrednim površinama, tradicionalno orijentiranim na stočarstvo. Glavinu ovog prostora u zaleđu Zadra zauzima krško pobrđe Bukovice građeno od vapnenačkih breča, konglomerata i flišolikih pojava. Radi se o siromašnom krškom i bezvodnom kraju gdje suvremena ratarska proizvodnja nije zaživjela.

**Ličko-krbavski prostor Gračaca i Gornje Pounje** obuhvaća istočni dio ličko-krbavsko-pounskog prostora koji obuhvaća polja i kotline okružene padinama Velebita s južne strane, Ličkim sredogorjem sa zapadne i Plješivicom s istočne strane. Taj dio obilježava bogatstvo podzemne hidrogeomorfologije u porječjima rijeka ponornica. Od krških polja najvažnija su: Gračačko polje, Velika i Mala Popina i dr.

Kao posljedicu velike reljefne raznolikosti i morskog utjecaja modificiranog brdsko-planinskog preprekama, na području Zadarske županije, nalazimo više tipova klime: mediteransku, submediteransku, kontinentalnu i planinsku. Primorsku mediteransku klimu obilježavaju topla, suha ljeta i blage, kišovite zime. Hladnije zime i vedra temperaturna kolebanja obilježja su submediteranske klime na području Bukovice, Zagore i Ravnih kotara, a oštre snježne zime i ugodna ljeta s toplim danima i hladnim noćima te znatne oscilacije temperature, opisuju kontinentalnu, odnosno planinsku klimu Like i planinskog područja.

## 1. ENERGIJA VJETRA



### 1.1. OPĆE ZNAČAJKE

Čimbenici koji u najvećoj mjeri utječu na vjetrovne prilike na nekom području su zemljopisni položaj i raspodjela baričkih sustava opće cirkulacije. Osim toga, na vjetrovne prilike utječu i more i kopneno zaleđe, izloženost terena, nadmorska visina i slično. Prevladavajući smjerovi vjetra u Zadarskoj županiji određeni su obalnom linijom na način da vjetrovi koji dolaze s kopna prema Jadranu struje okomito na obalu (bura), a vjetrovi koji dolaze s juga Jadrana struje uz obalnu liniju (jugo). Uvažavajući usmjerenost jadranske obale, radi se dakle uglavnom o sjeveroistočnom i jugoistočnom vjetru. Tipični vjetrovi u Zadarskoj županiji su bura (posebno na području Paga, Velebitskog kanala, Virskog mora) i jugo. Često puše i levant - neugodan, hladan istočni vjetar. Za ljeto su karakteristična etezijska strujanja na obali (maestral) koja ublažavaju ljetne sparine. Intenzitet vjetrova je jači zimi nego ljeti, posebice u siječnju i veljači kada je bura najučestaliji vjetar, dok je jugo karakterističan za početak proljeća i jeseni. S obzirom da su bura i jugo najzastupljeniji vjetrovi i samim time najinteresantniji s energetskog stanovišta, u daljnjem su tekstu detaljnije opisani.

**Bura** je mahovit, relativno hladan i suh vjetar koji puše okomito s planina istočne obale Jadrana prema moru. Teži hladni planinski zrak obrušava se prema moru, odnosno području nižeg tlaka. Bura nastaje uslijed prodora hladnih fronti zraka prema Sredozemlju, ali i uslijed lokalnog utjecaja intenzivnijeg zagrijavanja zraka nad morem u odnosu na zrak nad gorjem. Na mahovitost bure utječu okolnosti specifične za predmetno područje, a to su mogućnost dodira toplog i hladnog zraka upravo na mjestu gdje se visina terena naglo i jako mijenja, kao i vrlo neravno kopno nad kojim se nalazi ili odakle dolazi hladni zrak. Učestalost bure smanjuje se od kopna prema moru, a najveća je ispod Velebita.

**Jugo** je topli i vlažni vjetar koji se javlja uz oblačno i kišovito vrijeme, a razvija visoke valove. Puše uzdužnom osi Jadrana, dakle najčešće je jugoistočnog smjera. Za razliku od bure uglavnom je uvjetovan općom atmosferskom cirkulacijom, a manje lokalnim efektima nejednakog zagrijavanja zraka nad kopnom i morem. Jugo je kao i bura umjeren do jak vjetar s mogućnošću pojavljivanja olujnih udara.

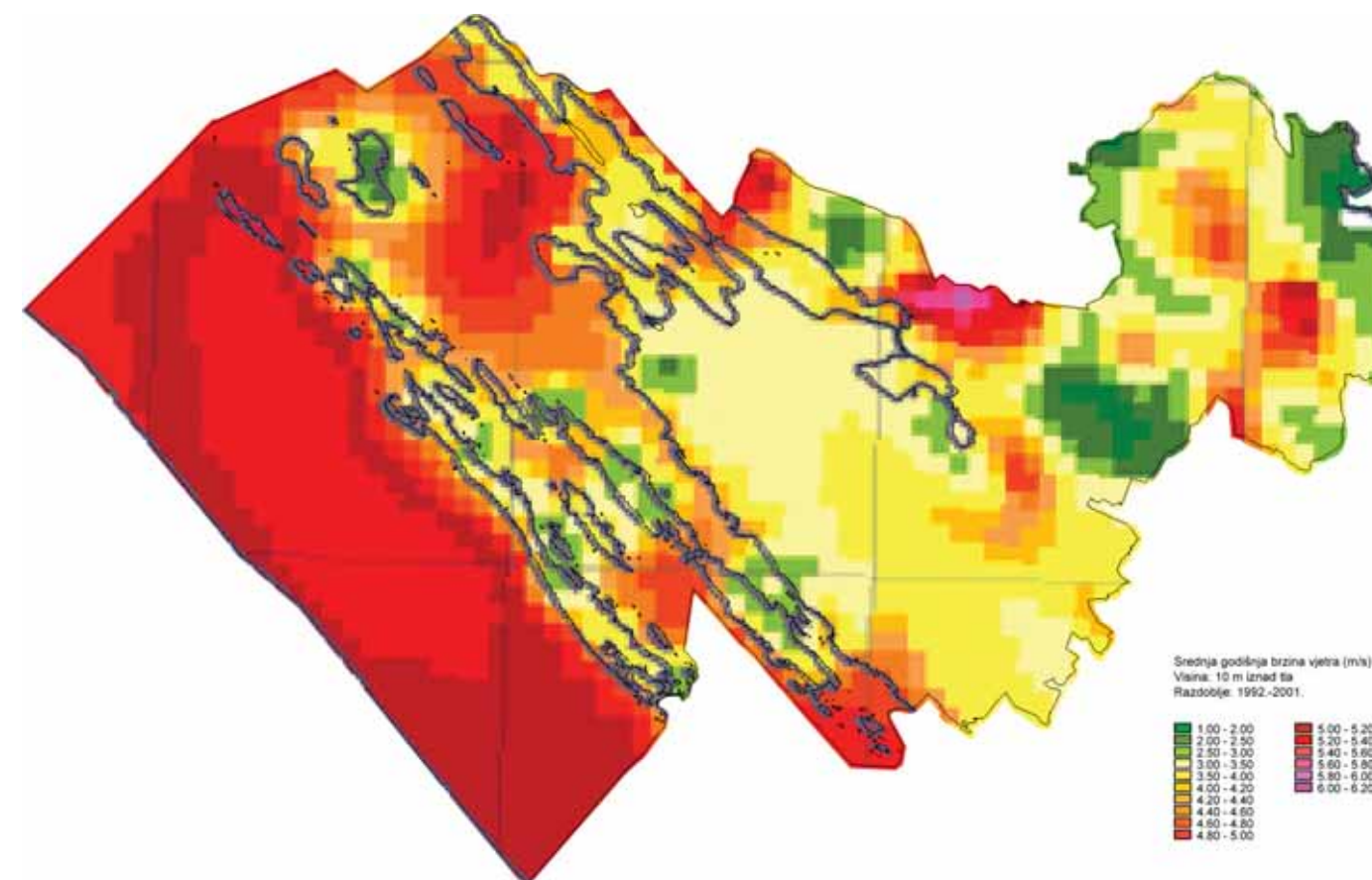
### 1.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE VJETRA

Raspoloživi prirodni potencijal energija vjetra u Zadarskoj županiji je, prema dostupnim podacima, znatan. Pretpostavka je kako na vremenske prilike šireg područja najveći utjecaj ima Velebitski masiv. Najbolji potencijal energije vjetra u Zadarskoj županiji (slika 1.) može se očekivati na izloženim planinskim vrhuncima u njezinim središnjim i istočnim dijelovima. Prema dostupnoj karti vjetra na 10 m iznad razine tla, najvjetrovitija su područja u velebitskom području, na višim nadmorskim visinama. Karta vjetra je dobivena korištenjem modela ALADIN/HR<sup>1</sup>.

Za iskorištavanje energije vjetra najpovoljnija je snaga koju nose stalni i umjereni vjetrovi. Mogući ograničavajući čimbenik za područje županije je nepovoljni utjecaj bure, o čemu se mora voditi računa pri planiranju i izgradnji postrojenja te oštri zimski uvjeti na Velebitu.

Pod nepovoljnim utjecajima bure smatra se pojava brzina vjetra koje su izvan radnog područja današnjih modernih vjetroagregata (>25 m/s) i pojava turbulencija, koje mogu znatno degradirati proizvodnju vjetroagregata.

Tehnički potencijal vjetra određen je kapacitetom lokacija koje su pogodne za iskorištavanje njegove energije. Takve lokacije moraju zadovoljavati niz zahtjeva od koji je najvažniji: vjetropotencijal, mogućnost evakuacije snage, prihvatljivost s obzirom na utjecaje na okoliš, zaštita prirode, pristup i drugi. Raspoloživi tehnički potencijal u Zadarskoj županiji preliminarno je procijenjen na 300 MW, uz zadovoljenje nužnih tehničkih uvjeta.



Slika 1. Karta vjetra za područje Zadarske županije

Tehnički potencijal bi se mogao i povećati ukoliko se promijeni zakonska odredba, iz *Zakona o prostornom uređenju i gradnji*<sup>2</sup>, prema kojoj je zabranjena gradnja vjetroelektrana unutar zaštićenog obalnog pojasa (ZOP-a). Naime, raspoloživi potencijal energije vjetra na otocima je znatan, osobito ako se uzme u obzir veličina otoka (što je vidljivo i na slici 1.).

<sup>2</sup> Zakon o prostornom uređenju i gradnji, NN 76/07, članak 51.

<sup>1</sup> ALADIN/HR je mezoskalni model vremena koji koristi DHMZ. Model ima rezoluciju 2 km.



## 2. ENERGIJA SUNCA



### 2.1. OPĆE ZNAČAJKE

Sunčeva energija predstavlja jednu od osnovnih komponenti za razvoj života na Zemlji. Većina dostupnih energijskih oblika u prirodi nastala je djelovanjem energije Sunca. Sunčeva energija je dostupan i besplatan oblik energije, međutim, sustavi za korištenje Sunčeve energije nerijetko predstavljaju značajnu investiciju. U unutrašnjosti Sunca odvijaju se nuklearne reakcije prilikom kojih se oslobađaju veće količine energije te se dio te energije emitira u svemir kao Sunčevo zračenje kakvo poznajemo na planetu Zemlji. Od ukupno emitiranog zračenja, tek manji dio dopire do vanjskih dijelova Zemljine atmosfere, a Sunčevo zračenje na gornjoj granici atmosfere naziva se ekstraterestričko zračenje. Ekstraterestričko zračenje okomito na površinu za srednju udaljenost Zemlje od Sunca naziva se Sunčeva konstanta i iznosi  $1.367 \text{ W/m}^2$ . Na putu do Zemljine površine, Sunčevo zračenje slabi zbog interakcije s plinovima, prašinom i oblacima.

Zemlja se u svojoj putanji okreće oko Sunca (revolucija) te oko svoje osi (rotacija), što uzrokuje pojavu godišnjih doba te dana i noći. Nagib osi ekliptike (vrtanje oko svoje osi) mijenja se tijekom godine, što uzrokuje promjenu kuta upada Sunčevih zraka, odnosno smanjivanje i povećanje duljina dana i noći te pojavu godišnjih doba.

Za razumijevanje značenja pojedinih vrijednosti parametra Sunčevog zračenja potrebno je upoznati sljedeće pojmove:

- **Ozračenje** je srednja gustoća dozračene snage Sunčevog zračenja, koja je jednaka omjeru snage Sunčevog zračenja i površine plohe okomite na smjer tog zračenja. Jedinica za ozračenje je vat po kvadratnom metru ( $\text{W/m}^2$ ).
- **Ozračenost** je količina energije Sunčevog zračenja dozračena na jediničnu površinu plohe u određenom vremenskom razdoblju. Dobiva se integriranjem ozračenja po vremenu, a jedinica za ozračenost je vat sat po kvadratnom metru ( $\text{Wh/m}^2$ ) ili džul po kvadratnom metru ( $\text{J/m}^2$ ). Ovisno o promatranom vremenskom intervalu ozračenost se često naziva satna, dnevna, mjesečna ili godišnja suma zračenja.

Na putu kroz atmosferu Sunčevo zračenje slabi jer se apsorbira zbog interakcija s plinovima i vodenom parom pa se raspršuje na molekulama plinova i česticama prašine. Zbog toga Sunčevo zračenje do tla dopire kao izravno i kao raspršeno zračenje.

- **Izravno (direktno) Sunčevo zračenje** dolazi izravno iz prividnog smjera Sunca.
- **Raspršeno (difuzno) Sunčevo zračenje** nastaje raspršivanjem zračenja u atmosferi i do tla dopire iz svih smjerova.
- **Ukupno (globalno) Sunčevo zračenje** na vodoravnoj plohi sastoji se od izravnog i raspršenog zračenja. Nagnuta ploha osim izravnog i raspršenog zračenja prima i od tla odbijeno Sunčevo zračenje.
- **Odbijeno (reflektirano) Sunčevo zračenje** je dio zračenja koje se odbije od tla ili vodenih površina.
- **Ukupno Sunčevo zračenje** na nagnutu plohu sastoji se od izravnog, raspršenog i od tla odbijenog zračenja.

Izravna komponenta Sunčevog zračenja je dominantna u ukupnom zračenju. Maksimalno ozračenje izravnim Sunčevim zračenjem postiže se postavljanjem plohe okomito na smjer zračenja. Kako je raspršeno zračenje anizotropno, intenzitet zračenja se povećava približavanjem Sunčevom disku i, u manjoj mjeri, obzoru. Površina koja nije okomita na smjer upadnih zraka ozračena je s dijelom maksimalno mogućeg ozračenja proporcionalnom kosinusu kuta između upadnih zraka i normale plohe. Maksimalno ozračenje plohe moguće je ako se u svakom trenutku prati kretanje Sunca na nebu. Ozračenje tada ovisi samo o optičkoj masi zraka koja se povećava s približavanjem Sunca obzoru.

Za fiksno postavljeni sustav određuje se vrijednost **optimalnog kuta nagnute plohe**. Optimalni kut nagnute plohe je kut pod kojim je potrebno postaviti modul u odnosu na vodoravnu površinu da bi se dobila najveća moguća godišnja ozračenost. Osim godišnjeg kuta, optimalni kut je moguće izračunati za sezonu i za svaki mjesec pojedinačno.

Ozračenost ili klimatološke značajke iz kojih se može procijeniti vrijednost ozračenosti najčešće se mjere na meteorološkim postajama ili na namjenskim mjernim postajama za mjerenje karakteristika Sunčevog zračenja. Najčešće se na meteorološkim postajama mjeri osunčavanje (trajanje sisanja Sunca), dok se na na-

namjenskim mjernim postajama mjeri ukupno, a na bolje opremljenim mjernim postajama i izravno i raspršeno Sunčevo zračenje. Svjetska meteorološka organizacija za prikaz prosječnih klimatskih prilika, pa tako i Sunčevog zračenja, preporuča korištenje niza podataka iz tridesetogodišnjeg razdoblja od 1961. do 1990. godine.

### 2.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE SUNCA

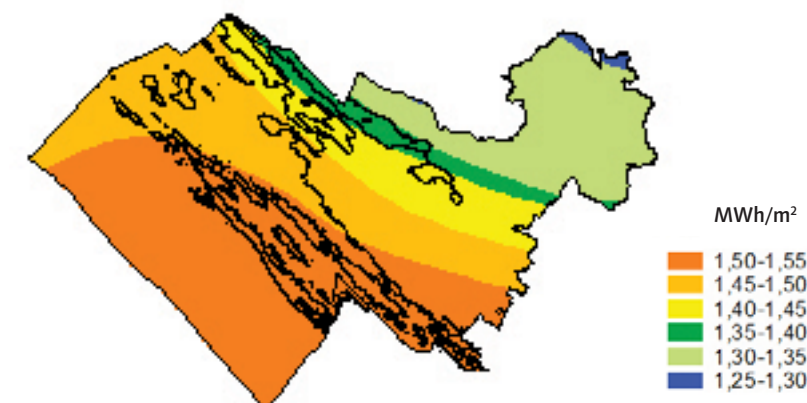
Godišnja ozračenost vodoravne plohe osnovni je parametar kojim se može procijeniti prirodni potencijal energije Sunca na nekoj lokaciji ili širem području. Ozračenost vodoravne plohe na nekom širem području (poput područja županije) je prostorno distribuirana ovisno o zemljopisnoj dužini (povećava se u smjeru sjever-jug), topografiji terena (smanjuje se u smjeru od mora prema kopnu) te klimatološkim značajkama samog prostora. Zadarska županija obuhvaća prostor otoka (Dugi otok, Pašman, Ugljan, Pag) i obale uz Jadransko more, Ravnih kotara te planinskog područja južnog dijela Like. Prostorna distribucija Sunčevog zračenja uvjetovana je klimatološkim čimbenicima te se smanjuje u smjeru

jugozapad-sjeveroistok, odnosno okomito na liniju pružanja obale i većih planina (Velebit, Dinara). Prijelaz između mediteranske i kontinentalne klime vidljiv je i u relativno gustoj prostornoj razdiobi godišnje ozračenosti u području južnog Velebita. Srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe na području Županije kreće se između nešto više od  $1,50 \text{ MWh/m}^2$  za otoke Dugi otok, Ugljan i Pašman te područje Biograda do  $1,35 \text{ MWh/m}^2$  za obalno područje uz sami Velebit. Na planinskom dijelu ozračenost iznosi oko  $1,30 \text{ MWh/m}^2$ . Na slici 2. prikazana je prostorna raspodjela srednje godišnje ozračenosti na području Zadarske županije.

Tablica 1. Srednje dnevne ozračenosti vodoravne plohe po mjesecima ( $\text{MWh/m}^2$ )

Lokacija	Zadar			Gračac		
	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Ukupno	Raspršeno	Izravno
Siječanj	1,51	0,81	0,70	1,26	0,78	0,48
Veljača	2,47	1,12	1,35	2,03	1,12	0,91
Ožujak	3,70	1,67	2,03	3,33	1,69	1,64
Travanj	4,95	2,14	2,81	4,48	2,19	2,29
Svibanj	6,11	2,51	3,60	5,70	2,59	3,11
Lipanj	6,86	2,55	4,31	6,28	2,70	3,58
Srpanj	6,84	2,40	4,44	6,40	2,54	3,86
Kolovoz	5,87	2,19	3,68	5,72	2,22	3,50
Rujan	4,49	1,71	2,78	4,12	1,77	2,35
Listopad	3,12	1,28	1,84	2,70	1,31	1,39
Studen	1,76	0,90	0,86	1,46	0,87	0,58
Prosinac	1,19	0,71	0,48	0,99	0,66	0,33
Sr. god. vrijednost	1,49	0,61	0,88	1,36	0,62	0,73

Slika 2. Karta srednje godišnje ozračenosti vodoravne plohe na području Zadarske županije



Tablica 2. Srednje dnevne vrijednosti ozračenosti prema jugu nagnute plohe za optimalne kutove nagiba (MWh/m<sup>2</sup>)

Lokacija	Zadar				Gračac			
	29°				26°			
Mjesec	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Odbijeno	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Odbijeno
Siječanj	2,33	0,76	1,55	0,02	1,78	0,74	1,03	0,01
Veljača	3,47	1,05	2,39	0,03	2,66	1,06	1,58	0,02
Ožujak	4,44	1,56	2,84	0,05	3,89	1,60	2,25	0,03
Travanj	5,25	2,00	3,18	0,06	4,72	2,08	2,59	0,05
Svibanj	5,96	2,35	3,53	0,08	5,61	2,46	3,09	0,06
Lipanj	6,44	2,39	3,96	0,09	5,98	2,56	3,35	0,06
Srpanj	6,54	2,25	4,20	0,09	6,19	2,41	3,71	0,07
Kolovoz	6,04	2,05	3,92	0,07	5,91	2,11	3,74	0,06
Rujan	5,22	1,60	3,55	0,06	4,70	1,68	2,98	0,04
Listopad	4,20	1,20	2,96	0,04	3,46	1,24	2,19	0,03
Studeni	2,64	0,85	1,77	0,02	2,01	0,83	1,17	0,02
Prosinac	1,83	0,67	1,15	0,02	1,41	0,63	0,77	0,01
Sr. god. vrijednost	1,66	0,57	1,07	0,02	1,47	0,59	0,87	0,01

Detaljni podaci o Sunčevom zračenju na području Zadarske županije dostupni su za dvije lokacije na kojima se provode meteorološka mjerenja: Zadar i Pag. Uzimajući u obzir dostupne podatke s mjernih stanica u susjednim županijama (posebice Knin i Gospić) moguće je odrediti Sunčevo zračenje i na planinskom području. U tablici 1. prikazane su srednje dnevne ozračenosti vodoravne plohe po mjesecima, a u tablici 2. srednje dnevne ozračenosti prema jugu nagnute plohe za godišnje optimalne kutove nagiba za lokacije Zadar i Gračac, kao tipične predstavnike ovog područja.

Energiju Sunčevog zračenja moguće je koristiti na dva načina – korištenjem sunčanih toplinskih sustava za zagrijavanje potrošne tople vode i podršku grijanju te korištenjem fotonaponskih sustava za proizvodnju električne energije (slika 3. i slika 4.). Sunčani toplinski sustavi u najvećoj mjeri koriste se za grijanje potrošne tople vode, a u nešto manjoj mjeri i kao podrška grijanju (gdje je to tehnološki i ekonomski opravdano, kao npr. u niskotemperaturnom grijanju). Osnovi dio koji sunčani toplinski sustav razlikuje od toplinskih sustava na druge

energente jest sunčani kolektor, uređaj u kojemu se do zračenom energijom zagrijava radni medij. Radni medij cirkulira sustavom te u spremniku tople vode zagrijava sanitarnu vodu. Spremnici tople vode služe za pohranu tople vode uz niske gubitke pa se zagrijava voda može koristiti tijekom cijelog dana. Ovakvi sustavi u pravilu imaju i dodatni energent za zagrijavanje (ogrjevno drvo, moderna biomasa, plin, el. energija) koji se koriste u nepovoljnim razdobljima. Uobičajena primjena sunčanih toplinskih sustava je u objektima koji se koriste kroz cijelu godinu, poput obiteljskih kuća, bolnica ili domova umirovljenika, ali i u objektima koji se koriste sezonski, poput hotela ili apartmana za iznajmljivanje.

U obiteljskim kućama se najčešće koristi relativno mali sustav koji se sastoji od sunčanih kolektora površine cca 4 m<sup>2</sup> i spremnika tople vode volumena 300 l. Takav sustav, na području Zadra, može zadovoljiti do 85% energetskih potreba za zagrijavanje potrošne tople vode u slučaju kućanstva od četiri člana. Na slici 5. prikazana je procjena pokrivanja energetskih potreba kroz godinu, kao i stupanj korisnosti sunčanog toplinskog sustava.

Slika 3. Primjer korištenja Sunčeve energije: fotonaponski moduli

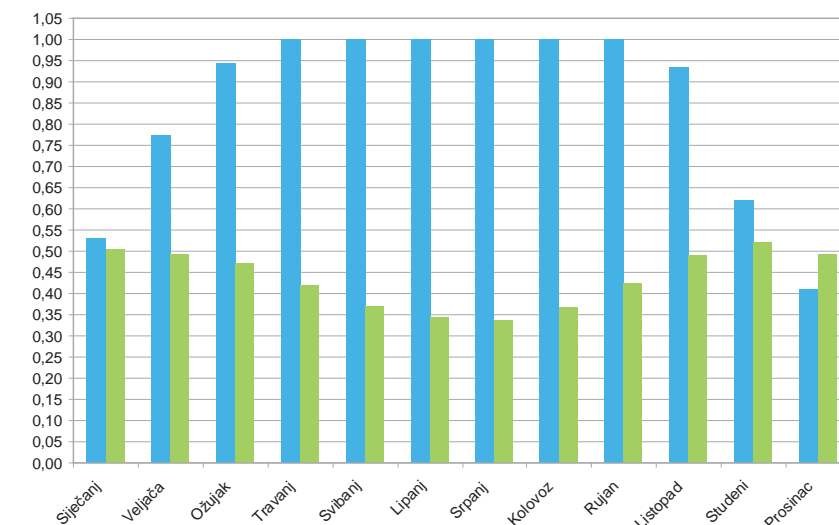


Slika 4. Primjer korištenja Sunčeve energije: sunčani toplinski kolektori



Slika 5. Godišnji tijek sunčanog stupnja pokrivanja potreba za toplom vodom i stupnja korisnosti sunčanog toplinskog sustava

■ Sunčani stupanj pokrivanja  $f$   
■ Stupanj korisnosti  $\eta$



Fotonaponski sustavi tradicionalno se koriste za opskrbu električnom energijom objekata udaljenih od elektroenergetske mreže, a u novije vrijeme i za proizvodnju električne energije u mrežno vezanim sustavima, posebice radi poticajnih cijena otkupa takve energije (tzv. *feed-in* tarifa). Fotonaponski sustavi zasnivaju svoj rad na pretvorbi Sunčevog zračenja u električnu energiju putem fotoelektričkog efekta. Sunčana ćelija je osnovni element ovakvih sustava, a spajanjem više ćelija u jednu cjelinu dobiva se fotonaponski modul. Fotonaponski modul je gotov uređaj kojim je moguće generirati električnu energiju, međutim kako se oni proizvode u relativno malim snagama (do maksimalno nekoliko stotina vata), više fotonaponskih modula se slaže u fotonaponsko polje kako bi se postigle veće snage. Fotonaponski moduli generiraju istosmjernu električnu struju te se za pretvorbu iz istosmjerne u izmjeničnu, pogodnu za predaju u elektroenergetsku mrežu, koriste izmjenjivači. Osim prilagodbe oblika, izmjenjivači imaju još dvije važne zadaće – praćenje optimalne radne točke fotonaponskog polja te odspajanje sustava s mreže u slučaju nestanka električne energije radi sigurnosnih razloga. Ovisno o izvedbi, na jedan izmjenjivač je moguće spojiti više polja fotonaponskih modula pa se jedan takav kompletan sustav može smatrati generatorom električne energije u punom smislu te riječi. Spremnici energije (najčešće baterijske akumulatorske banke) koriste se kod autonomnih sustava koji nisu spojeni na elektroenergetsku mrežu. Fotonaponske sustave moguće je instalirati na stambenim objektima, objektima komercijalne ili proizvodne namjene kojima proizvodnja električne energije nije osnovna zadaća.

Uobičajeno je da se fotonaponski moduli u ovim slučajevima postavljaju na krovove objekata (bilo ravne, bilo kose), ali su u posljednje vrijeme sve češće primjene

korištenja specijalnih fotonaponskih modula kao elementa fasade. Proizvodnja električne energije u fotonaponskom sustavu, osim o dozračenju energiji na lokaciji, ovisi o cijelom nizu čimbenika poput zasjenjenja, kuta nagiba i orijentacije fotonaponskih modula, tehničkim karakteristikama modula, temperaturi okoline, karakteristikama izmjenjivača, gubicima u kabelima itd. Fotonaponski sustav snage 10 kW postavljen pod optimalnim kutom, bez zasjenjenja na području Zadra može proizvesti oko 12.600 kWh električne energije godišnje (tablica 3.).

Tablica 3. Procjena proizvodnje električne energije za FN sustav snage 10 kW na području Zadra

Mjesec	Generirana električna energija u FN modulima (kWh)	Električna energija isporučena u mrežu (kWh)
Siječanj	619	590
Veljača	850	816
Ožujak	1.180	1.135
Travanj	1.276	1.226
Svibanj	1.437	1.377
Lipanj	1.438	1.379
Srpanj	1.497	1.435
Kolovoz	1.409	1.352
Rujan	1.225	1.177
Listopad	1.072	1.031
Studeni	655	626
Prosinac	465	441
Ukupno	13.124	12.584

Proizvodnost fotonaponskog sustava je količina električne energije koju može proizvesti sustav jedinične snage. Za Zadar bi ona iznosila oko 1.250 kWh/kW godišnje. Za različite lokacije na području Zadarske županije ona bi iznosila između 1.000 kWh/kW (područje južne Like) do 1.300 kWh/kW za područje otoka.



## 3. ENERGIJA BIOMASE

### 3.1. OPĆE ZNAČAJKE

#### 3.1.1. OPĆE ZNAČAJKE ENERGIJE BIOMASE

Direktiva 2009/28/EZ o promociji obnovljivih izvora energije definira biomasu kao biološko razgradiv dio proizvoda, otpada i ostataka biološkoga podrijetla iz poljoprivrede, šumarstva i s njima povezanih proizvodnih djelatnosti, uključujući ribarstvo i akvakulturu te biološko razgradiv dio industrijskog i komunalnog otpada. Zbog različitih karakteristika i izvora sirovine, biomasa predstavlja najsloženiji oblik obnovljivih izvora energije.

Sa stajališta konačnog proizvoda - energije, iz biomase je moguće proizvesti toplinsku i električnu energiju te goriva za prijevoz. U ovoj studiji prikazani su potencijali poljoprivredne biomase (ratarstvo i stočarstvo), šumske biomase (gospodarenje šumama) te potencijali biorazgradivog dijela komunalnog otpada i otpada iz drvno- i prehrambeno-prerađivačke industrije.

#### 3.1.2. KARAKTERISTIKE ŽUPANIJE VAŽNE ZA PROIZVODNJU ENERGIJE IZ BIOMASE

Prema Prostornom planu Zadarske županije iz 2001. godine, ukupne poljoprivredne površine zauzimaju 150.896 ha, od čega obradive površine zauzimaju 58.428 ha. Podaci iz digitalne baze podataka CORINE Land Cover Hrvatska se razlikuju i prema njima poljoprivredne površine u Županiji zauzimaju 166.630 ha. Na slici 6. je prikazana karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Zadarske županije. Na području Ravnih kotara nalazi se oko 30% ukupnih poljoprivrednih površina Dalmacije budući da ovdje postoje vrlo dobri klimatski i pedološki uvjeti za intenzivnu obradu

tog zemljišta. Poljoprivreda je jedan od primarnih strateških pravaca razvoja Zadarske Županije. U prostoru Ravnih kotara, Bukovačkog pobrđa te u Ličko-punskom prostoru, poljoprivreda sa stočarstvom je ujedno i jedini značajan resurs na osnovi kojeg treba planirati povećanje broja stanovnika, razvoj sustava naselja i dr. Šumske površine zauzimaju 108.831 ha (78.539 ha prema CORINE) od čega gospodarske i zaštitne šume zauzimaju 53.285 ha, a šume posebne namjene 55.546 ha. Šumsko zemljište nema veliko ekonomsko značenje, ali zato ima značajnu ekološku ulogu.

### 3.2. PROCJENA ENERGETSKOG POTENCIJALA

#### 3.2.1. BIOMASA IZ POLJOPRIVREDE

Poljoprivredna biomasa koja se može koristiti za proizvodnju energije vrlo je raznolika, a s obzirom na poljoprivredne grane može se podijeliti u sljedeće kategorije:

- ➔ **Ratarstvo** - energetske kulture (jednogodišnje i višegodišnje); ostaci nakon žetve ili povrtlarstva
- ➔ **Stočarstvo** - stajski gnoj i gnojovka
- ➔ **Višegodišnji nasadi** - energetske nasadi, granjevina i ostali drveni ostaci nakon redovitog održavanja višegodišnjih nasada (voćnjaci, vinogradi, maslinici)

Pojedine vrste biomase međusobno se razlikuju s obzirom na energetske vrijednosti, sadržaj vlage i pepela, oblik i sastav, što je potrebno uzeti u obzir prilikom

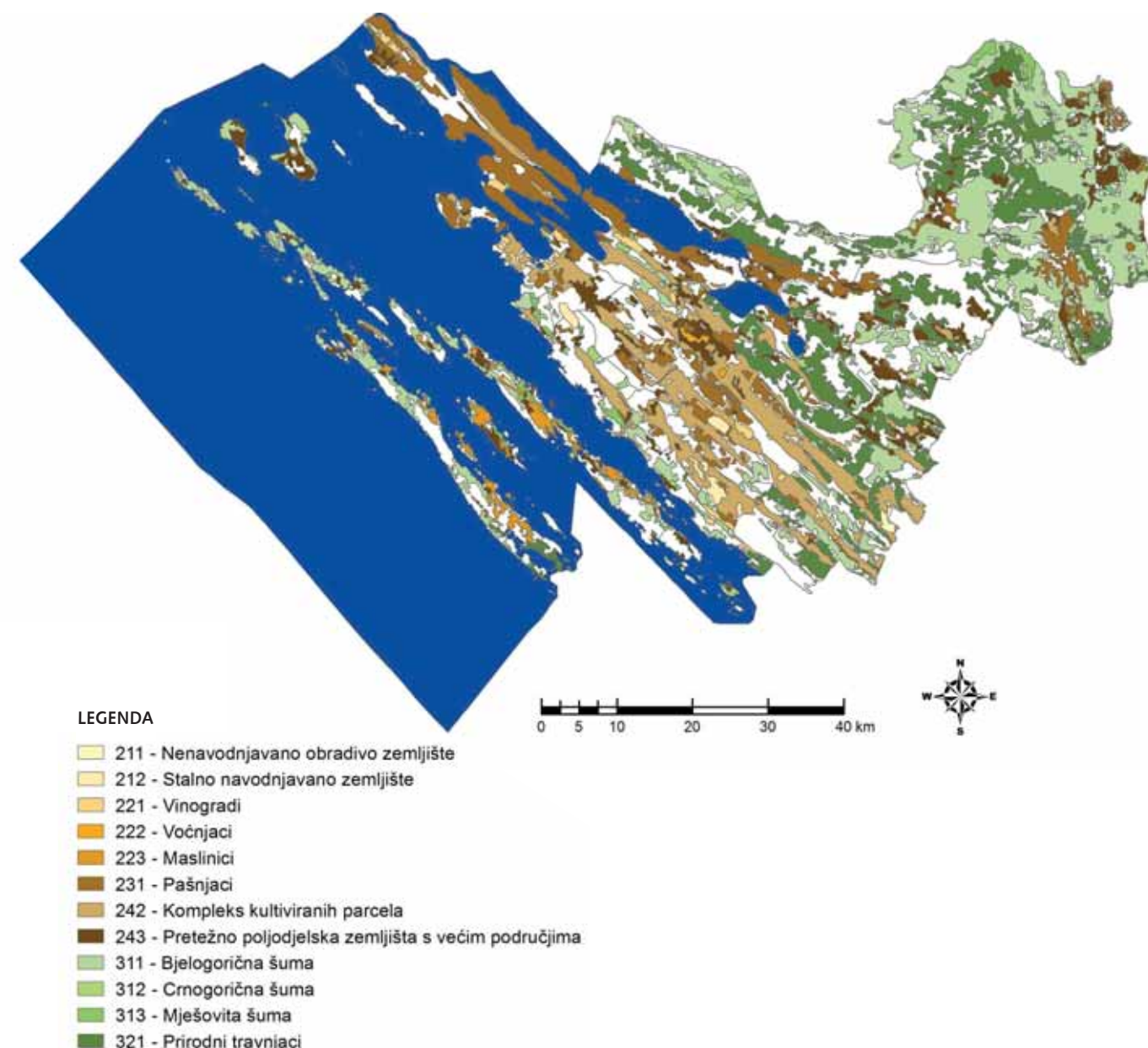
izbora adekvatne tehnologije za njihovu pretvorbu u korisnu energiju. Ovisno o primijenjenoj tehnologiji, iz poljoprivredne biomase je moguće proizvoditi toplinsku, električnu i mehaničku energiju (motorna goriva), kao i derivate iz kojih se dobiva korisna energija. Najčešći primjeri derivata poljoprivredne biomase su briketi, peleti, bioplin te biogoriva. U okviru ove Studije analizirano je iskorištavanje stajskog gnoja (goveda, svinje, perad) radi proizvodnje bioplina te uzgoj energetskih kultura za proizvodnju biodizela (uljana repica, soja) i bioetanol (kukuruz, šećerna repa) na raspoloživim poljoprivrednim površinama.

U slučaju analize potencijala stajskog gnoja, razmotrena je proizvodnja bioplina monodigestijom te kodigestijom s kukuruznom silažom uz pretpostavku masenog udjela kukuruzne silaže u supstratu od 30%. Prioritet je dan proizvodnji bioplina iz razloga što se pri tome istovremeno rješava i problem zbrinjavanja stajskog gnoja na način koji je prihvatljiv za okoliš i u skladu s dobrom poljoprivrednom praksom. U analizi su primijenjeni i kriteriji održivosti koji uključuju:

- ➔ Osiguravanje površina za proizvodnju hrane (0,16 ha po čovjeku), uzimajući u obzir da županija mora hraniti udio stanovništva razmjernom udjelu njihovih poljoprivrednih površina u ukupnim poljoprivrednim površinama u Hrvatskoj.

Površine travnjaka i pašnjaka izuzete su iz poljoprivrednih površina koje su raspoložive za proizvodnju kukuruzne silaže, odnosno energetske kulture zbog njihovog značaja za očuvanje biološke raznolikosti.

Podaci o poljoprivrednim površinama iz prostornih planova uglavnom se temelje na podacima iz Statističkog ljetopisa ili katastarskim podacima te se u većini slučajeva razlikuju od podataka izvedenih iz CORINE Land Use Hrvatska baze podataka. Zbog dosljednosti su za izračune potencijala korišteni podaci iz CORINE baze.



Slika 6: Karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Zadarske županije

## BIOPLIN

Bioplin je proizvod anaerobne razgradnje organske tvari, a sastoji se od mješavine plinova, uglavnom ugljikovog dioksida (25-45%) i metana (50-75%), a u manjim dijelovima sadrži i vodu, paru, kisik, dušik, amonijak, vodik te sumporovodik. Energetska vrijednost bioplina ovisi o udjelu metana čija gornja ogrjevna vrijednost iznosi 39,8 MJ/m<sup>3</sup>. Prosječna energetska vrijednost bioplina iznosi 21 MJ/m<sup>3</sup>. Izgaranjem bioplina se može proizvoditi toplinska ili električna energija, odnosno u slučaju kogeneracije istovremeno toplinska i električna energija. Pročišćavanjem bioplina do razine od oko 95% metana, dobiva se biometan koji se koristi kao zamjena za prirodni plin (ubrizgavanje u mrežu prirodnog plina, motorno gorivo i sl.). Nadalje, prilikom proizvodnje bioplina dobiva se digestat (biomasa preostala nakon anaerobne razgradnje organske tvari) koji se može koristiti kao kvalitetno gnojivo u ratarstvu.

Za proizvodnju bioplina, pretpostavljeno je iskorištavanje ukupne količine stajskog gnoja koji nastaje na farmama u Županiji. Količina otpada iz stočarstva, koji nastaje na godišnjoj razini, izračunata je na temelju podataka o broju uvjetnih grla goveda, svinja i peradi.

Tablica 4. Energetski potencijal proizvodnje bioplina u Zadarskoj županiji na godišnjoj razini

Sirovina	Raspoloživost stajskog gnoja (t/god)*	Teoretski energetski potencijal (MWh/god)	Teoretski energetski potencijal (TJ/god)
<b>Proizvodnja bioplina u monodigestiji</b>			
Goveđi stajski gnoj	30.731	16.902	61
Svinjski stajski gnoj	3.228	538	2
Gnoj peradi	7.995	7.915	29
Sirovina	Površina potrebna za uzgoj kukuruzne silaže (ha)	Teoretski energetski potencijal (MWh/god)	Teoretski energetski potencijal (TJ/god)
<b>Proizvodnja bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom (maseni udio silaže 30%)</b>			
Goveđi stajski gnoj + silaža	392	30.557	110
Svinjski stajski gnoj + silaža	41	1.972	7
Gnoj peradi + silaža	102	11.468	41

\*Izračun se temelji na podacima o broju životinja iz Statističkih ljetopisa Republike Hrvatske za razdoblje od 2007. do 2009. godine

Iz tablice 4. vidljivo je da bi se u slučaju proizvodnje bioplina iz ukupno raspoloživog stajskog gnoja iz stočarske proizvodnje na godišnjoj razini mogao proizvesti bioplin ukupne energetske vrijednosti oko 91 TJ u slučaju proizvodnje u monodigestiji. Kada bi se ista količina stajskog gnoja koristila za proizvodnju bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom, energetska vrijednost

Prilikom izračuna potencijala proizvodnje bioplina korištena je sljedeća formula:

$$BP = m \times oST \times p \times k \text{ [kWh/god]}$$

Gdje je:

**BP** - energetska vrijednost proizvedenog bioplina [kWh/god]

**m** - masa stajskog gnoja goveda, svinja odnosno peradi koja godišnje nastaje u Županiji [t/god]

**oST** - udio organske suhe tvari u svježoj sirovini

**p** - prinos metana (CH<sub>4</sub>) po jedinici organske suhe tvari u svježoj sirovini [m<sup>3</sup>/t oST]

**k=10** - energetska vrijednost metana [kWh/Nm<sup>3</sup>]

U slučaju kodigestije potrebno je zbrojiti potencijale pojedinih sirovina, izračunate na temelju masenog udjela sirovina u kodigestiji.

Potrebno je napomenuti da ovi rezultati predstavljaju tek teoretski potencijal. Tehnički potencijal, odnosno razina praktičnog iskorištavanja ovog potencijala ovisi o načinu uzgoja u stočarstvu i veličini farmi, agrotehničkim mjerama u ratarstvu te učinkovitosti postrojenja za proizvodnju korisne energije.

3 NN 130/09

se procijeniti da bi se oko 20% teoretskog potencijala moglo iskoristiti za proizvodnju obnovljive energije. Kao što je vidljivo iz tablice, energetska vrijednost za proizvodnju energije iz bioplina nije velik uglavnom zbog ograničene količine sirovine uvjetovane niskom stočarskom djelatnošću. Stoga nije realno očekivati značajniju proizvodnju bioplina. Ipak, ukoliko se osigura dostatna

## TEKUĆA BIOGORIVA

Tekuća biogoriva su goriva proizvedena iz biomase, koja se koriste za pogon motornih vozila, bilo kao čista ili kao mješavina s dizelskim gorivom, odnosno motornim benzinom. S obzirom na tehnologiju proizvodnje, postoje biogoriva prve, druge i treće generacije. Tehnologije prve generacije biogoriva su komercijalne, a primarno se odnose na proizvodnju biodizela iz uljarica te bioetanola i njegovih derivata iz biljaka bogatih škrobom. Tehnologije druge i treće generacije biogoriva još su u fazi razvoja. Biodizel prve generacije proizvodi se procesom transesterifikacije biljnih ulja. U našem

području kao osnovna sirovina najčešće se koristi uljana repica. U slučaju proizvodnje bioetanola radi se o procesu fermentacije šećera proizvedenog iz biljaka bogatih šećerom i škrobom. Najčešće sirovine za proizvodnju su kukuruz i šećerna repa. Poznavajući raspoloživost poljoprivredne površine za energetske usjeve (nakon zadovoljavanja kriterija održivosti i eliminacije površina potrebnih za uzgoj kukuruzne silaže za proizvodnju bioplina) te prinose usjeva po hektaru, možemo izračunati potencijalnu količinu biogoriva i energetska potencijal (tablica 5.).

području kao osnovna sirovina najčešće se koristi uljana repica. U slučaju proizvodnje bioetanola radi se o procesu fermentacije šećera proizvedenog iz biljaka bogatih šećerom i škrobom. Najčešće sirovine za proizvodnju su kukuruz i šećerna repa. Poznavajući raspoloživost poljoprivredne površine za energetske usjeve (nakon zadovoljavanja kriterija održivosti i eliminacije površina potrebnih za uzgoj kukuruzne silaže za proizvodnju bioplina) te prinose usjeva po hektaru, možemo izračunati potencijalnu količinu biogoriva i energetska potencijal (tablica 5.).

Tablica 5. Potencijali proizvodnje biogoriva na području Zadarske županije na godišnjoj razini

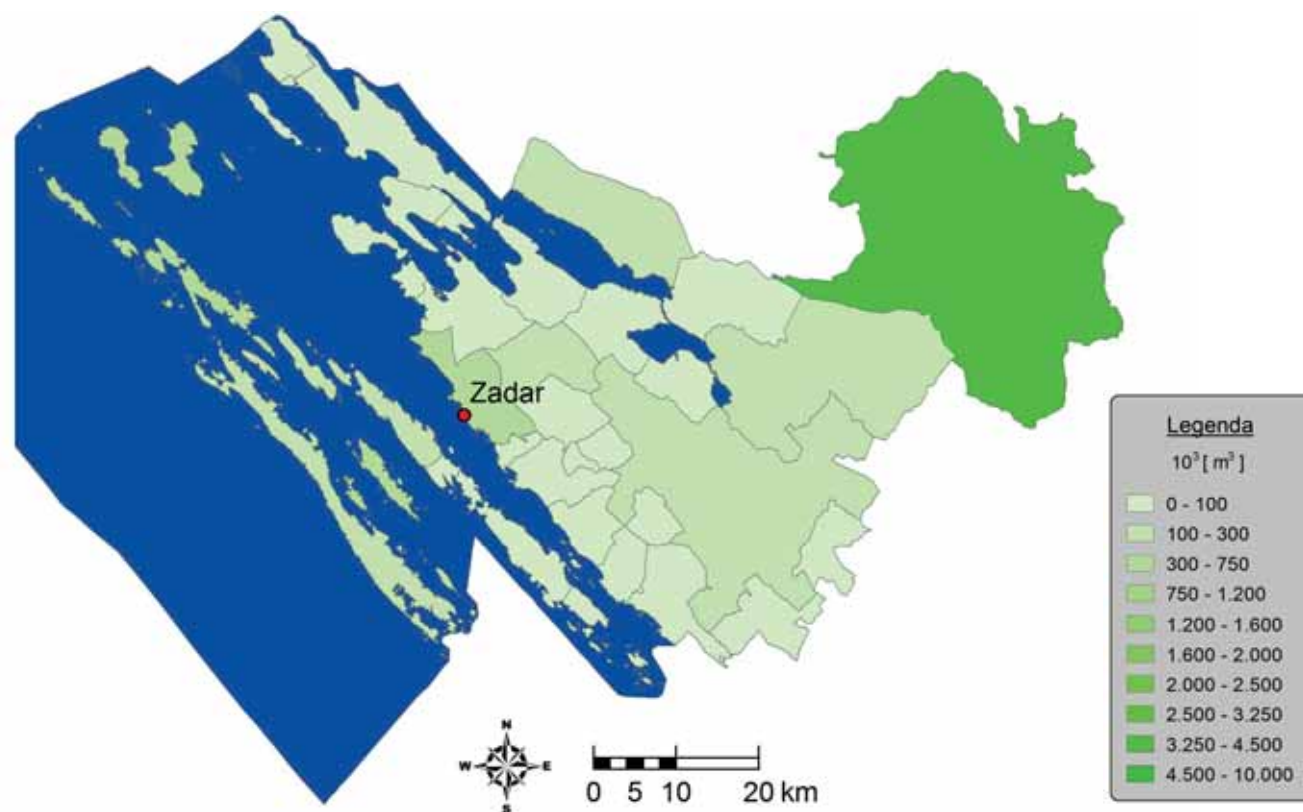
Sirovina	Masa sirovine (t)*	Potencijalna količina goriva (t)	Energetska vrijednost (GJ/t)	Teoretski energetski potencijal (TJ/god)
<b>Bioetanol</b>				
Kukuruz (s.v)**	199.109	59.906	27	1.618

\* Izračun se temelji na podacima o prosječnim prinosima kultura iz Statističkih ljetopisa Republike Hrvatske za razdoblje od 2006. do 2008. godine te podacima o raspoloživom poljoprivrednom zemljištu za uzgoj energetskih kultura; \*\* s.v.- srednja vrijednost između postupka suhog mljevenja (s.m) i postupka mokrog mljevenja (m.m)

Iz tablice 5. vidljivo je da ukoliko se 52.814 ha raspoloživog poljoprivrednog zemljišta angažira za proizvodnju kukuruza, mogla bi se proizvesti količina bioetanola energetske vrijednosti od 1.618 TJ godišnje. U praksi, ovakav scenarij nije realan radi korištenja ovog zemljišta i u druge svrhe. Realno je za pretpostaviti da bi za proizvodnju energetskih kultura bilo moguće angažirati oko 20% poljoprivrednog zemljišta raspoloživog za neprehrambene namjene. Ostale energetske kulture (šećerna repa, uljana repica, soja) nisu analizirane

budući da u promatranom periodu ne postoji podatak o njihovoj proizvodnji na području Županije. Iz tog razloga je kukuruz uzet kao jedina kultura raspoloživa za proizvodnju biogoriva, no i prinosi kukuruza su ispod prosjeka za Republiku Hrvatsku. Mogli bismo zaključiti da zbog klimatskih uvjeta i strukture tla Zadarska županija nema idealne karakteristike za uzgoj kultura za proizvodnju biogoriva te da nije realno očekivati intenzivniju proizvodnju biogoriva.





Slika 7. Prikaz raspodjele ukupnih drvnih zaliha na području Zadarske županije

### 3.2.2. BIOMASA IZ ŠUMARSTVA

Najčešći oblici drvene biomase koji se koriste u energetske svrhe su ogrjevno drvo, sječka, kora, piljevina, blanjevna, briketi i peleti. Drvenu biomasu moguće je pretvoriti u toplinsku i električnu energiju te u tekuća i plinovita goriva koristeći različite termokemijske i biokemijske tehnologije. Ovisno o karakteristikama drvene biomase, tj. veličini, distribuciji veličine, vlažnosti, udjelu pepela i onečišćenja (npr. kamenje, zemlja i pijesak) ovisi i tehnologija njezinog iskorištavanja. Izgaranje je najrazvijenija i najčešće korištena tehnologija za energetske iskorištavanje drvene biomase.

U okviru ove Studije analizirane su raspoložive količine drvene biomase dobivene gospodarenjem šumama na osnovu podataka iz baze podataka WISDOM Croatia<sup>4</sup> (slika 7., tablica 6.). Teoretski potencijal je ukupni raspoloživi energetske potencijal drvene biomase na određenom području koji se izračunava kao umnožak ukupne drvene biomase (kg) i ogrjevne vrijednosti biomase (MJ/kg) (tablica 6.).

<sup>4</sup> WISDOM - Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping

Tablica 6. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz drvene biomase u Zadarskoj županiji

Ukupna drvena zaliha (m <sup>3</sup> )	Ukupni godišnji prirast (m <sup>3</sup> )	Godišnji etat prostornog drva (uključujući četinjače) (m <sup>3</sup> )		Teoretski energetske potencijal godišnjeg etata prostornog drva (uključujući četinjače)			
		Planirana sječa	Ostvarena sječa	Planirana sječa		Ostvarena sječa	
				GWh	TJ	GWh	TJ
6.510.060	148.406	36.901	21.685	323	869	52	189

Kao što je vidljivo iz tablice 6. energetske potencijal prostornog drva (industrijsko i ogrjevno drvo), koji je moguće iskorištavati za energetske potrebe iznosi 869 TJ godišnje. U 2007. godini ostvarena sječa prostornog drva iznosila je 21.687 m<sup>3</sup> (189 TJ) što čini oko 59% planiranog godišnjeg etata. Udio prostornog drva koje

će biti raspoloživo za iskorištavanje u energetske svrhe ovisi i o tržištu drvnih sortimenata odnosno cijenama sirovine potrebne za potrošače kao što su industrija ploča, celuloze i papira. Potrebno je napomenuti da energetske potencijal prikazan u prethodnoj tablici predstavlja teoretski potencijal. Tehnički potencijal,

odnosno razina praktičnog iskorištavanja ovog potencijala ovisit će o učinkovitosti postrojenja za proizvodnju

korisne energije (peći, toplane, elektrane, odnosno kogeneracijskog postrojenja).

### 3.2.3. BIOMASA IZ OTPADA

Potencijal iskorištavanja energije iz otpada izračunat je na osnovu raspoloživih podataka dobivenih iz Registra otpada Agencije za zaštitu okoliša.

Potencijalni izvori biomase iz prehrambeno-prerađivačke industrije, između ostalog, uključuju proizvodnju vina i žestokih pića, preradu voća, proizvodnju šećera, klaonice, preradu žita, proizvodnju ulja te ostalu primarnu preradu i prehrambenu industriju. Zbog ograničene dostupnosti podataka izračunati su energetske potencijali samo za korištenje klaoničkog otpada u proizvodnji bioplina. Klaonički otpad uključuje i ribe i druge morske organizme ulovljene na otvorenom moru radi proizvodnje ribljeg brašna te svježe nusproizvode od ribe iz objekata za proizvodnju ribljih proizvoda za prehranu ljudi. U razmatranim godinama nije bilo po-

dataka za otpad iz industrije prerade drveta, stoga nije bilo moguće izračunati potencijal za ovu vrstu otpada.

Prema podacima iz Registra otpada za 2010. godinu, na odlagališta u Republici Hrvatskoj odloži se godišnje 96% proizvedenog biorazgradivog komunalnog otpada. Izračun teoretskog energetske potencijala proizvodnje bioplina iz komunalnog otpada temelji se na podacima Agencije za zaštitu okoliša o prikupljenom komunalnom otpadu u 2010. godini<sup>5</sup>, uz pretpostavku da otpad pogodan za proizvodnju bioplina (kuhinjski otpad i biootpad) čini 42% nesortiranog komunalnog otpada<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> AZO, 2011: Izvješće o komunalnom otpadu za 2010. godinu

<sup>6</sup> AZO, 2010: Okoliš na dlanu - 2009.

Tablica 7. Teoretski energetske potencijali dobiveni iz otpada na području Zadarske županije

Vrsta otpada	Raspoloživost otpada (t/god)*	Teoretski energetske potencijal (MWh/god)	Teoretski energetske potencijal (TJ/god)
Klaonički otpad	3.465	17.325	62,4**
Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada	35.114	23.702	85,3**

\*izvor: Registri otpada za razdoblje 2008-2010 (Agencija za zaštitu okoliša), \*\* dobiven tehnologijom proizvodnje bioplina

Kao što je vidljivo iz Tablice 7. značajniji teoretski energetske potencijal ostvaruje klaonički otpad. Iskorištavanje otpada iz klaonica i biorazgradive komponente komunalnog otpada ne samo da mogu pridonijeti proizvodnji energije već predstavljaju dobro rješenje za zbrinjavanje otpada te smanjenje ukupne količine otpada koja se odlaže na odlagališta. Prema *Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada*<sup>7</sup>, na odlagališta komunalnog otpada od 2016. godine bit će zabranjeno

<sup>7</sup> NN br. 117/07, 111/11

odlagati komunalni otpad ako mu maseni udio biorazgradive komponente premašuje 35%.

Pravilnikom se nadalje upućuje na iskorištavanje biorazgradive komponente za proizvodnju energije, za što postrojenja mogu biti smještena u posebnom odjeljku odlagališta. Animalni i klaonički otpad kao i životinjska trupla i životinjske prerađevine, također ne smiju biti odlagani na odlagališta komunalnog otpada. Ovaj otpad također se može koristiti za proizvodnju energije anaerobnom digestijom, ali nakon sanitarne obrade, u skladu s propisima iz oblasti veterinarstva.



## 4. GEOTERMALNA ENERGIJA



Republika Hrvatska se može, s obzirom na geotermalni gradijent, podijeliti na tri osnovna područja: panonsko, centralno i područje Dinarida. Zadarska županija pri-

pada području jadranskog priobalja i otoka (području Dinarida) koje karakterizira niski geotermalni gradijent i niske vrijednosti gustoće toplinskog toka.

### 4.1. OPĆE ZNAČAJKE

Zadarska županija pripada geološkoj jedinici vanjskih Dinarida oblikovanoj najvećim dijelom mezozojskim i tercijarnim karbonatima i tercijarnim klastičnim naslagama (slika 9).<sup>8</sup> Prostor je boran, a zapadni dio Županije uglavnom je pod utjecajem reversne rasjedne tektonike dinarskog pravca pružanja. Istočni dio Županije pripada područjima Velebita i Plješivice karakteriziranim rasjednutim mezozojskim karbonatima. U priobalju su prisutna veća područja jezerskih i aluvijalnih kvartarnih naslaga uz prirodne vodotoke i jezera. Cijelo područje Zadarske županije unutar je zone krša pa ima složeni hidrološki režim površinskih i podzemnih voda. U Republici Hrvatskoj je geotermalni gradijent pod najvećim utjecajem dubine Mohorovičićevog diskontinuiteta (koji predstavlja granicu između Zemljine

kore i plašta), odnosno debljine kontinentalne kore<sup>9</sup>. Dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u Zadarskoj županiji odražava podvlačenje Jadranske karbonatne platforme pod Dinaride i u izravnoj je svezi s geološkim postankom tog prostora. Dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u Zadarskoj županiji je između 30 i 35 km (slika 8.)<sup>10</sup>.

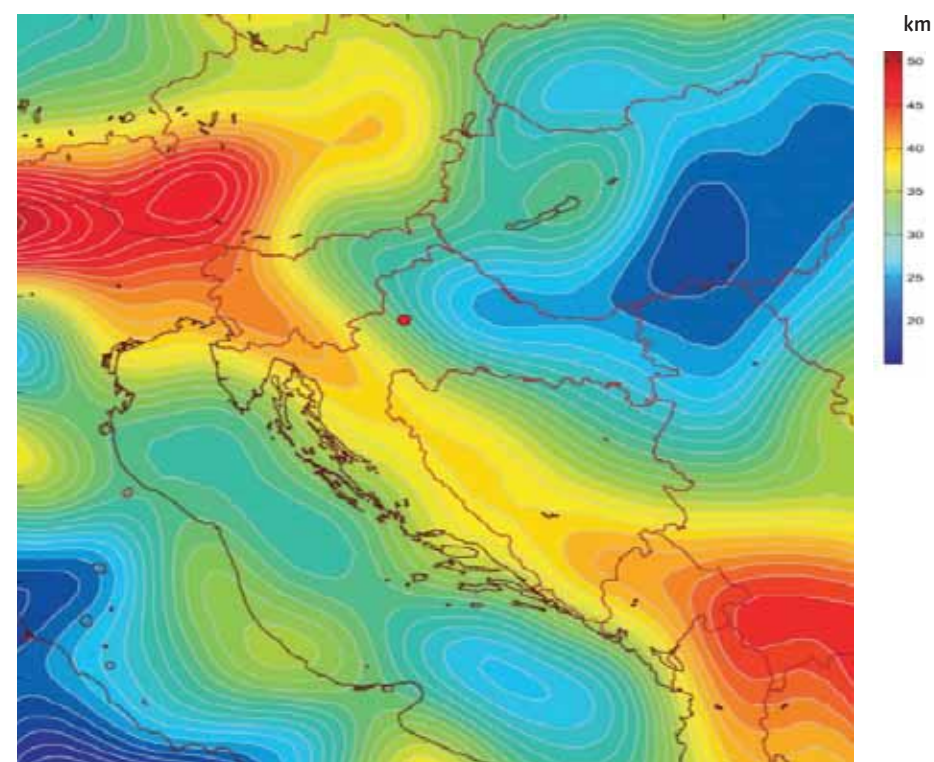
U skladu s time je i niska gustoća toplinskog toka te geotermalni gradijent. Na nisku gustoću toplinskog toka utječe i sastav stijena. Naime, karbonatne stijene (vapnenci i dolomiti) imaju nisku prirodnu radioaktivnost, koja također predstavlja jedan od izvora geotermalne energije.

<sup>8</sup> Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300 000, Zagreb, Hrvatski geološki institut, 2009.

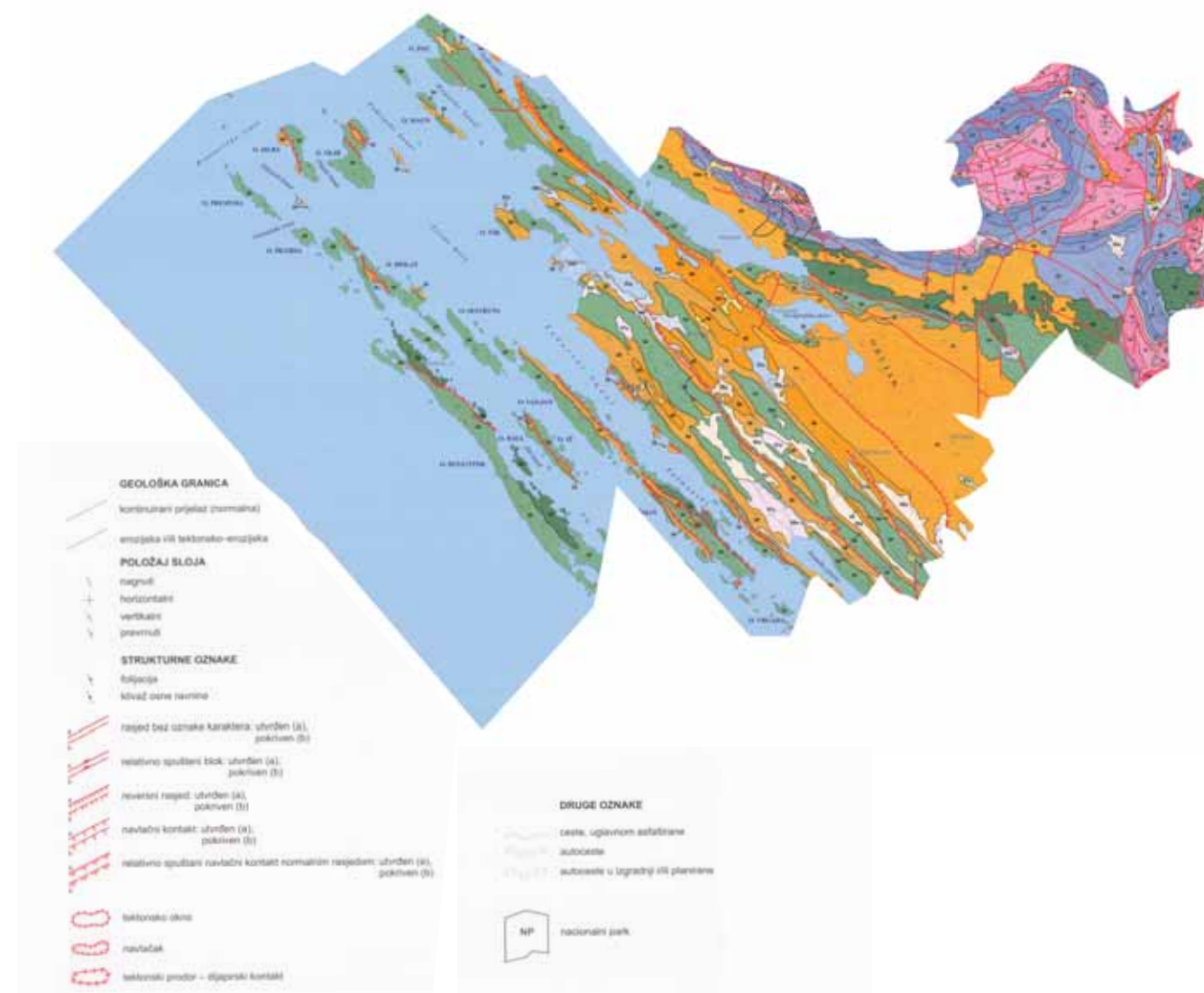
<sup>9</sup> Kolbah, S., Škrlec, M., Kulenović, I., Šćuric, S., Golub, M.: Geothermal Water as Energetic and Mineral Source, Annual 2008 of The Croatian Academy of Engineering vol. 1, 1; 139-161, 2009.

<sup>10</sup> Grad M., Tiira T., ESC Working Group, The Moho depth map of the European Plate. Geophys. J. Int., 2009., 176, 279-292, doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03919.x.

Slika 8. Karta dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u jugoistočnoj Europi



Slika 9. Geološka karta Zadarske županije



**TUMAČ OZNAKA:**

<b>10</b> $spQ_2$ / $spQ_1$ / $spQ_0$	Deluvialno-proluvijalni (a - $spQ_1$ ) / aluvijalni (b - $spQ_2$ ) naslage (dolomiti)	<b>11</b> $K_1, E$	Karbonatni (a) i klastični (b) vapnenci, areniti	<b>12</b> $T_1, T_2$	Evaporitno-karbonatno-klastično-vulkanogeni kompleks (gornji bledski, karški)
<b>11</b> $spQ_2$ / $spQ_1$ / $spQ_0$	aluvijalni (a - $spQ_1$ ) / klastični (b - $spQ_2$ ) naslage (dolomiti)	<b>12</b> $K_2, P_2$	Vulkaničke stijene (granitna kruta, paleogeni) / (a - basalt, f - nefel, T - granit)	<b>13</b> $T_3$	Megaklastične stijene (evaporitno-gornji bledski) - andezit, f - basalt, g - nefel i dolomiti, (gornji - aluvijalni dolomiti i andezit basalt)
<b>12</b> $spQ_1$ / $spQ_0$	Banki (spQ) (dolomiti)	<b>13</b> $K_3$	Karbonatni klastični (evaporiti) / "stariji" vapnenci (gornji bledski)	<b>14</b> $T_4$	Klastični / proluvijalne naslage (evaporitni)
<b>13</b> $spQ_0$	Odreznici (spQ) (dolomiti)	<b>14</b> $K_4$	Neopaleogena / klastične naslage (gornji bledski)	<b>15</b> $T_5$	Karbonatne naslage (evaporitni)
<b>14</b> $spQ_2$ / $spQ_1$ / $spQ_0$	Kopreni (a - $spQ_2$ ) / banki (b - $spQ_1$ ) / (a - $spQ_2$ ) / (b - $spQ_1$ )	<b>15</b> $K_5$	Rudni vapnenci (granitno-megaklastični)	<b>16</b> $T_6$	Basalt i klastične naslage (gornji bledski)
<b>15</b> $spQ_1$ / $spQ_0$	Fluvijalni (a - $spQ_1$ ) / neopaleogena (b - $spQ_2$ ) / (a - $spQ_1$ ) / (b - $spQ_2$ ) naslage (dolomiti)	<b>16</b> $K_6, K_7$	Dolomiti / proluvijalne-klastične (evaporitne) kruta (gornji bledski, dolomiti)	<b>17</b> $T_7$	Evaporitno-klastične naslage (gornji bledski) - andezit, f - basalt, g - nefel, h - dolomiti
<b>16</b> $spQ_0$	Klastične naslage (dolomiti)	<b>17</b> $K_8$	Vapnenci i dolomiti (gornji bledski)	<b>18</b> $T_8$	Megaklastični (7 perm) kvartarni, granitni, megaklastični
<b>17</b> $M_1 - M_2$	Mikroevaporitne naslage (dolomiti)	<b>18</b> $J_1$	Olivinske stijene (evaporit, gornji bledski) - andezit, f - basalt, g - nefel, h - dolomiti	<b>19</b> $P$	Graniti (perm)
<b>18</b> $P_1$	Proluvijalne naslage (dolomiti, areniti)	<b>19</b> $J_2$	Paraneoproterozoične stijene (evaporitni, graniti)	<b>20</b> $C, P$	Proluvijalne klastične naslage (dolomiti, areniti)
<b>19</b> $M, P_1$	Pijavci i gline (neocen, oligocen)	<b>20</b> $J_3$	Oronoproterozoične stijene (evaporitni, graniti)	<b>21</b> $C, P$	Klastične / karbonatne naslage (dolomiti, areniti)
<b>20</b> $M_2$	Klastični i vulgarni (perm)	<b>21</b> $J_4, K_1$	Vapnenci i dolomiti (evaporitni) (dolomiti, basalt)	<b>22</b> $S$	Horizonti sedimentarnih kompleksa (dolomiti, karbonat, perm)
<b>21</b> $M_3$	Vapneno-klastične naslage (perm, areniti)	<b>22</b> $J$	Plutonski vapnenci (gornji bledski)	<b>23</b> $T, C$	Klastične / karbonatne naslage (dolomiti, karbonat)
<b>22</b> $M_4$	Lisnaci i klastične naslage s vulkanizacijom (basalt)	<b>23</b> $J, K_2$	Dolomiti i masivni dolomiti (dolomiti, vapnenci)	<b>24</b> $P_2, T_1$	Paraneoproterozoične stijene (evaporitni, graniti, f - basalt)
<b>23</b> $M_5$	Megaklastične stijene (evaporit, basalt) - andezit i basalt / (a - basalt) / (b - andezit)	<b>24</b> $J^*$	Proterozoično-proterozoični vapnenci i dolomiti (dolomiti, basalt)	<b>25</b> $S, T_2$	Oronoproterozoične stijene (evaporitni, graniti)
<b>24</b> $M_6$	Klastični / karbonatni i klastični (evaporit, basalt)	<b>25</b> $J^*$	Vapnenci i dolomiti (a - vapnenci i dolomiti, b - plutonski i megaklastični) / (a - basalt, f - nefel, g - dolomiti)	<b>26</b> $O, S, D$	Odreznici (evaporitni, dolomiti, aluvijalni)
<b>25</b> $OL, M_1$	Klastični i vulkanizirani (evaporit, basalt)	<b>26</b> $J_1$	Vapnenci i dolomiti (gornji bledski)	<b>27</b> $O, S, D$	Klastične / karbonatne naslage (evaporitni, aluvijalni, dolomiti)
<b>26</b> $P_2, P_3$	Vapneno-klastične (evaporitni, areniti)	<b>27</b> $J_2$	Basaltoviti vapnenci i dolomiti (evaporitni, graniti)	<b>28</b> $O, S, D$	Proterozoično-proterozoični vapnenci i dolomiti (evaporitni, aluvijalni, dolomiti)
<b>27</b> $E, O_1$	Proterozoične naslage (evaporitni, aluvijalni)	<b>28</b> $J_3$	Vapnenci i dolomiti (evaporitni)	<b>29</b> $P_4$	Klastične / karbonatne naslage (evaporitni, graniti)
<b>28</b> $E_1$	Plićne naslage (evaporitni i gornji bledski)	<b>29</b> $J_4$	Vapnenci i dolomiti (evaporitni)		
<b>29</b> $T_1, E_2$	Litvinske naslage, karbonatni vapnenci i proterozoične naslage (7 gornji bledski, dolomiti i andezit, basalt)	<b>30</b> $T_1^*$	Odreznici (gornji bledski, nefel)		
		<b>31</b> $T_2$	Klastične naslage (7 gornji bledski-dolomiti, nefel)		

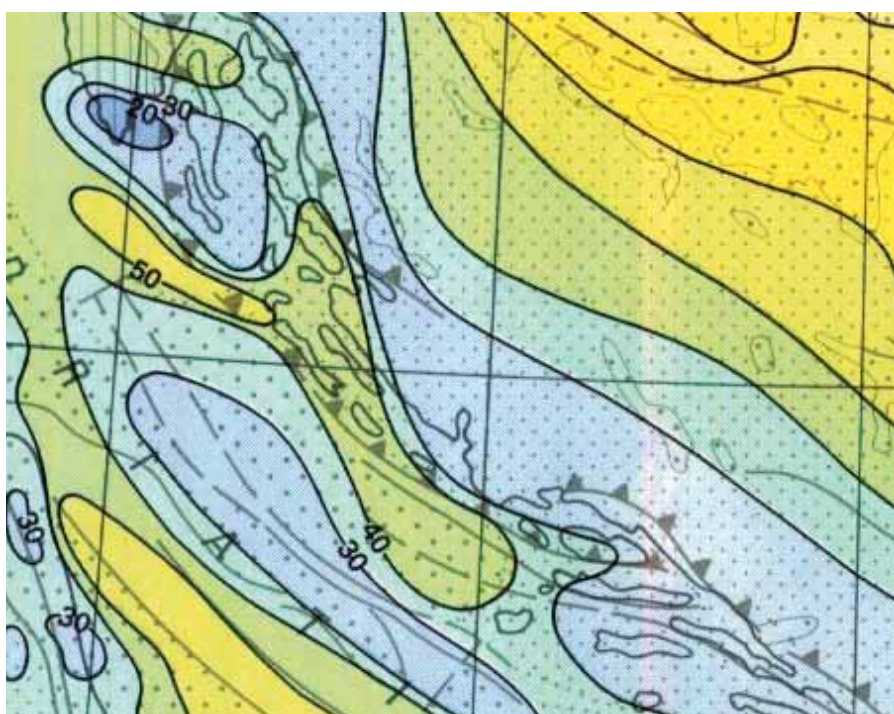


## 4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL

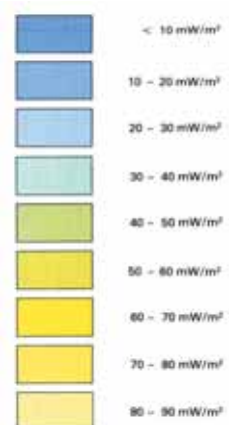
Najveći dio Zadarske županije ima gustoću toplinskog toka između 20 i 30 mW/m<sup>2</sup>, a na području otoka i izražene rasjedne zone Dugog otoka bilježi se i porast

gustoće toplinskog toka na do 50 mW/m<sup>2</sup> (slika 10.)<sup>11</sup>, što je nešto iznad prosjeka za obalno područje Republike Hrvatske koji iznosi 29 mW/m<sup>2</sup>.

<sup>11</sup> Geothermal Atlas of Europe, E. Hurtig, V. Čermak, R. Haenel and V. Zui (Ur.). Kartographischer Dienst Potsdam, Njemačka, Herman Haack Verlagsgesellschaft mbH, 1992.



Slika 10. Isječak karte gustoće toplinskog toka (mW/m<sup>2</sup>)

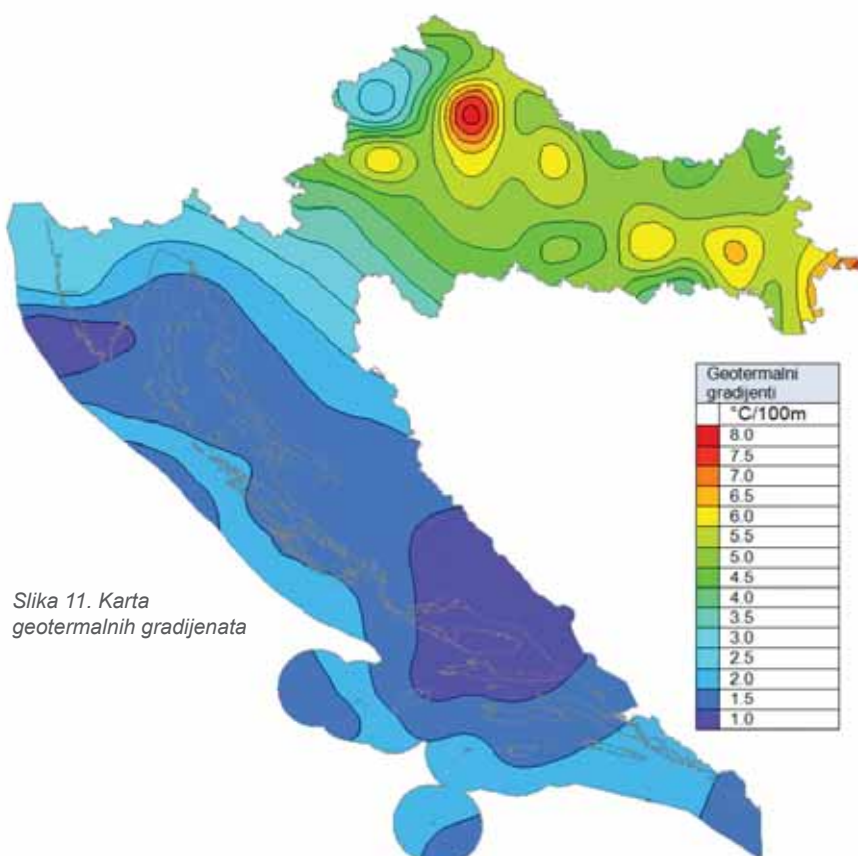


U Zadarskoj županiji je i geotermalni gradijent razmjerno nizak i iznosi oko 15°C/km (slika 11.)<sup>12</sup>.

Prema kartama temperatura u podzemlju, na dubini od 1.000 m mogle bi se dosegnuti temperature između 25 i 35°C (slika 12.)<sup>13</sup>, a na 2.000 m između 40 i 50°C (slika 13.)<sup>14</sup>.

Ove su vrijednosti rezultat računalne interpolacije temperatura izračunatih

- <sup>12</sup> Modificirano prema Jelić, K., Kevrić, I. i Krasić, O., Temperatura i toplinski tok u tlu Hrvatske, 1. Hrvatski geološki kongres: zbornik radova, Vlahović, Igor, Velić, Ivo, Šparica, Marko (ur.), Zagreb, Institut za geološka istraživanja, 1995, 245-249.
- <sup>13</sup> Modificirano prema Grupa autora: GEOEN: Program korištenja geotermalne energije-prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Zagreb, Energetski institut Hrvoje Požar, 1998.
- <sup>14</sup> Modificirano prema Jelić, K., Kevrić, I. i Krasić, O., Temperatura i toplinski tok u tlu Hrvatske, 1. hrvatski geološki kongres: zbornik radova, Vlahović, Igor, Velić, Ivo, Šparica, Marko (ur.), Zagreb, Institut za geološka istraživanja, 1995, 245-249.; Grupa autora: GEOEN: Program korištenja geotermalne energije-prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Zagreb, Energetski institut Hrvoje Požar, 1998.



Slika 11. Karta geotermalnih gradijenata

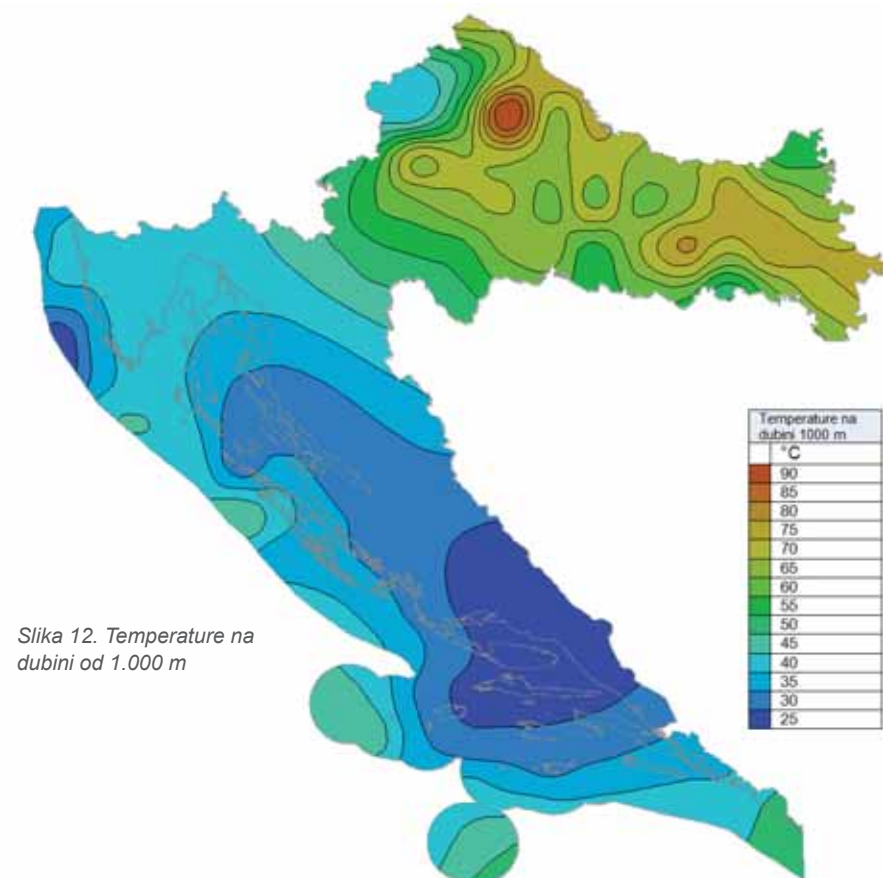
prema pretpostavljenoj konstantnoj uspravnoj kondukciji topline i promjenjivoj toplinskoj provodljivosti po dubini. Određena odstupanja od ovih vrijednosti mogu se javiti na lokacijama gdje se toplina uz kondukciju prenosi i konvekcijom putem cirkulacije fluida.

Na području Zadarske županije nisu za bilježeni prirodni termalni izvori. Pronalazak ležišta potencijalne termalne vode, kao osnovnog geotermalnog resursa, ograničen je radi niskog geotermalnog gradijenta, kompleksnih tektonskih odnosa te krškog reljefa koji se odlikuje pukotinsko-kavernoznom poroznošću koja je pogodna za otjecanje vode s tog prostora.

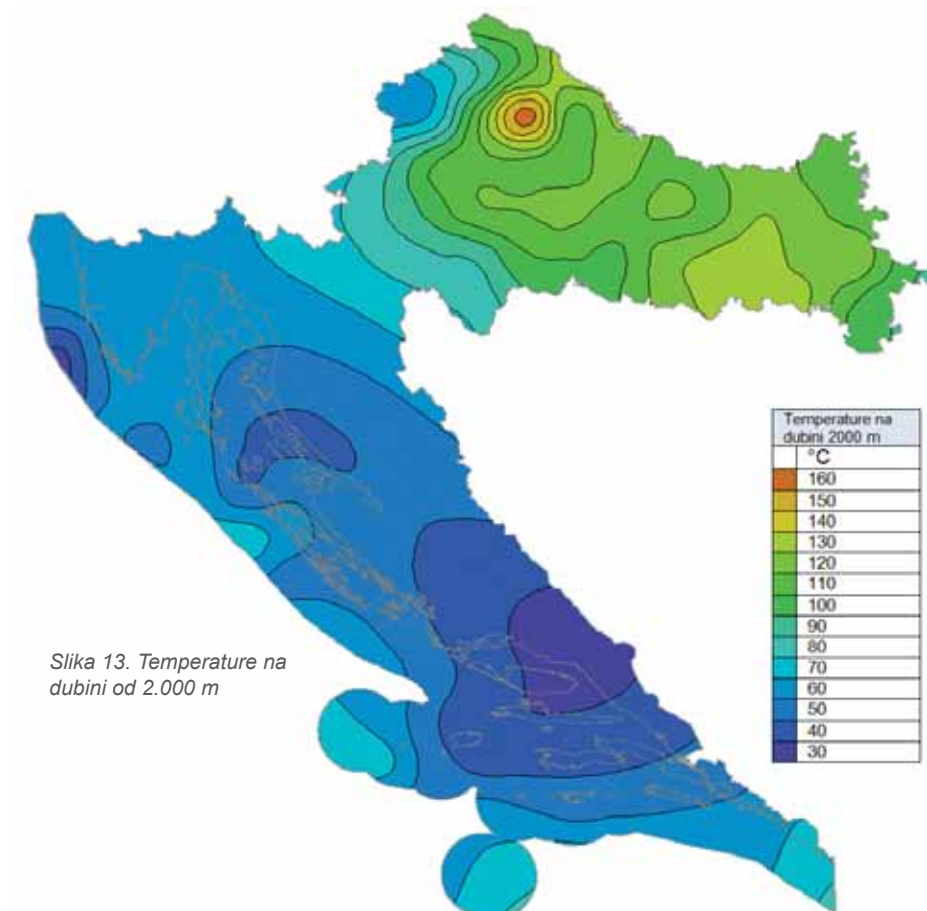
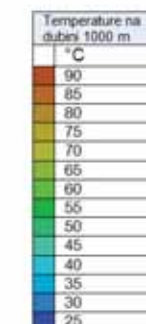
Kretanje podzemnih voda zavisi o prostornom odnosu vodopropusnih i vodonepropusnih stijena, prisutnosti rasjednih zona i pratećih sustava pukotina, kao i međuslojnih ploha koje imaju hidrogeološku funkciju usmjeravanja toka podzemne vode prema mjestima stalnog ili povremenog istjecanja.

Usprkos razmjerno nepovoljnim uvjetima za pronalazak, odnosno potencijalno korištenje geotermalne energije u Zadarskoj županiji, postoji mogućnost pronalaska ležišta termalne vode niskih temperatura, pogodnih eventualno za balneološke svrhe.

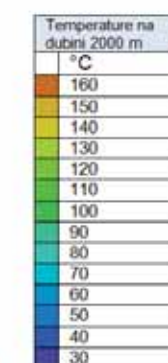
Geotermalna energija se u Zadarskoj županiji može koristiti putem dizalica topline koje su pogodne za nisku temperaturne sustave grijanja i/ili hlađenja te zagrijavanja potrošne tople vode. Moguća je njihova primjena za manje i veće objekte. Dizalice topline koriste stalnu temperaturu tla na dubini od oko 2 m ili iz podzemne vode te ju koriste za potrebno dogrijavanje prostora (zimi), odnosno hlađenje (ljeti) i/ili za pripremu potrošne tople vode. Dizalice topline mogu se postavljati i u plitkim bušotinama sa sondom, najčešće na dubini od 60 do 150 m.



Slika 12. Temperature na dubini od 1.000 m



Slika 13. Temperature na dubini od 2.000 m





## 5. HIDROENERGIJA



### 5.1. OPĆE ZNAČAJKE

U Republici Hrvatskoj se malim hidroelektranama smatraju objekti instalirane snage do 10 MW. Sustavni pristup istraživanju potencijala za male hidroelektrane u našoj zemlji počeo se primjenjivati 80-ih godina prošlog stoljeća, a u to vrijeme malim hidroelektranama smatrali su se objekti instalirane snage do 5 MW (ta definicija vrijedila je sve do prije nekoliko godina). Prva etapa tog istraživanja rezultirala je izradom *Katastra malih vodnih snaga*<sup>15</sup> u kojem je obrađeno 130 vodotoka u Republici Hrvatskoj. Na ovoj razini definirane su dvije velike skupine promatranih vodotoka: u prvoj skupini su, s energetskeg stajališta, interesantniji vodotoci (sa specifičnom snagom većom od 50 kW/km), a u drugoj skupini su vodotoci sa skromnijim mogućnostima energetskeg korištenja. Za vodotoke iz navedene energetske grupe izvršene su detaljnije analize i definirani potezi korištenja što je rezultiralo procjenom neto energetskeg potencijala, dok su za skupinu energetske manje izdašnih vodotoka analize završene nakon procjene bruto energetskeg potencijala.

Uvedeni pojam „poteza korištenja“ predstavlja geografsku površinu na kojoj su locirani svi infrastrukturni objekti jedne male hidroelektrane odnosno područje koje jednoznačno određuje malu hidroelektranu<sup>16</sup>. Ovaj pojam uveden je zbog toga što mala hidroelektrana nije određena samo strojaricom u kojoj su smješteni agregati, kako se to često pojednostavljeno shvaća, već ona predstavlja sustav od više različitih, međusobno dislociranih, ali ipak povezanih, infrastrukturnih objekata koji čine jednu cjelinu (brana, zahvat, dovodni kanal, tlačni cjevovod, strojarica, odvodni kanal, priključni dalekovod). Osim toga, koncentraciju pada nije moguće uvijek ostvariti na jednom mjestu, već je ona često rezultat prirodnog pada terena na duljoj dionici vodotoka. Tako su se za vodotoke koji su bili predmet detaljnijih analiza određivali potezi korištenja i pripadni potencijal svakog poteza korištenja, na temelju čega se mogla definirati i detaljnija prostorna raspodjela bruto potencijala malih hidroelektrana na cijelom teritoriju Republike Hrvatske. Potrebno je napomenuti da vodotoci bez definiranih poteza korištenja nisu bili obuhvaćeni detaljnijim istraživanjima i analizama, već je bruto energetskeg potencijal definiran samo na razini cijelog vodotoka.

Kasnije etape istraživanja radi određivanja tehnički iskoristivog potencijala, čiji su rezultati sadržani u studijama *Katastar malih hidroelektrana u Hrvatskoj, I. i II. A faza*<sup>17, 18</sup>, obuhvatile su manji broj vodotoka odabranih iz spomenute energetske izdašnije skupine i predstavljaju djelomičan, odnosno do danas nedovršeni posao. Radi se o opsežnijem istraživanju samo jednog dijela potencijala malih vodotoka sa specifičnom snagom većom od 50 kW/km. Krajem 90-ih godina prošlog stoljeća nastavljene su aktivnosti na sustavnom pristupu definiranja potencijala za male hidroelektrane pokretanjem Nacionalnog energetskeg programa izgradnje malih hidroelektrana (Program MAHE), u sklopu kojeg su izvršene novelacije projekata odnosno poteza korištenja razrađenim u *Katastru malih hidroelektrana u Hrvatskoj, I. i II. A faza*, u skladu s novim zahtjevima vezanim uz zaštitu prirode i okoliša te uzimajući u obzir novo zatečeno stanje na terenu u neposrednoj blizini poteza korištenja. To je imalo za posljedicu i određene izmjene projektnih rješenja na nekim potezima korištenja, a u nekim slučajevima i potpuno odustajanje od nekih projekata (zbog negativnih mišljenja stručnjaka za zaštitu prirode i okoliša, kao i zbog zauzetosti prostora za neke druge namjene). Potrebno je napomenuti da su u sklopu Programa MAHE obrađene neke lokacije koje nisu bile predmet obrada u spomenutom *Katastru malih hidroelektrana*, već su bile rezultat inicijative privatnih poduzetnika.

Osim ovoga, može se pretpostaviti da određeni potencijal malih hidroelektrana postoji i u vodoprivrednim sustavima, s obzirom na mogućnosti instalacije agregata u zatvorene vodovodne i druge cjevovodne sustave u nadležnosti vodoprivrede gdje postoji određeni pad. U Republici Hrvatskoj se dosad nisu vršila sustavna istraživanja ovog potencijala, ali iskustva drugih zemalja pokazuju da taj potencijal nije zanemariv. Na primjer, samo na 22 lokacije u sustavima pitke vode u Češkoj i Slovačkoj ukupna instalirana snaga malih hidroagregata iznosila je prije nekoliko godina preko 3,3 MW<sup>19</sup>.

17 Katastar malih hidroelektrana Hrvatskoj-I. faza, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1989.

18 Katastar malih hidroelektrana u Hrvatskoj-II. A faza, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1993.

19 ESHA Promotion Bulletin, <http://www.esha.be>, 2011.

### 5.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL HIDROENERGIJE

Uvažavajući prethodno navedeno, na području Zadarske županije detektiran je određeni energetskeg potencijal unutar skupine energetskeg izdašnijih vodotoka, što je prikazano u tablici 8. Kako se radi o skupini vodotoka nad kojima su provedene detaljnije analize, prezentirani numerički podaci odnose se na neto energetskeg potencijal. Ovdje je potrebno naglasiti da se dio vodotoka Butišnica nalazi i u susjednoj Šibensko-kninskoj županiji, a s obzirom na nedostupnost odgovarajućih pod-

loga temeljem kojih bi se moglo razgraničiti potencijal između Zadarske i Šibensko-kninske županije za spomenuti vodotok, nije bilo moguće odrediti koliki je dio tog potencijala prostorno lociran na području Zadarske županije. Iz tog razloga je podatke o instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji za vodotok Butišnica kao i o ukupnoj instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji potrebno uzeti s rezervom.

Tablica 8. Neto energetskeg potencijal za vodotoke s definiranim potezima korištenja na području Zadarske županije

Redni broj	Ime vodotoka	Ukupni broj poteza korištenja na vodotoku	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)	Primjedba
1.	Bašnica	20	1.819	5,71	
2.	Butišnica	38	5.398	26,26	*Dijelom u Šibensko-kninskoj županiji
3.	Krupa	14	9.675	29,26	
4.	Otuča	19	2.299	7,34	
5.	Vrelo Une	4	5.120	18,02	
6.	Zrmanja (izvor)	16	3.161	11,71	
	<b>UKUPNO</b>	<b>111</b>	<b>27.472</b>	<b>98,3</b>	*Dijelom u Šibensko-kninskoj županiji

Kako je već ranije navedeno, za jedan manji broj vodotoka provedene su i dodatne analize tijekom izrade studijskih elaborata *Katastar malih hidroelektrana u Hrvatskoj, I. i II. A faza* te provedbom Nacionalnog energetskeg programa izgradnje malih hidroelektrana (Program MAHE), kao i temeljem inicijative privatnih poduzetnika. Na području Zadarske županije izdvojena su tri takva vodotoka, a rezultati obrada (tehnički iskoristivi potencijal) predstavljeni su u tablici 9.

Vidljivo je da je u slučaju vodotoka Krupa došlo do izmjena u broju (smanjenja broja) mogućih poteza korištenja, a također i manje moguće instalirane snage i proizvodnje električne energije. Možda je jedan od osnovnih razloga taj da projektna rješenja od prije 30 godina nisu uzimala u obzir obavezu osiguravanja biološkog minimuma, dok su novije analize to uzele u obzir pa je radi očuvanja prirode i okoliša došlo do značajnog smanjenja potencijala na spomenutim vodotocima.

Tablica 9. Tehnički iskoristivi potencijal za vodotoke s definiranim potezima korištenja na području Zadarske županije

Redni broj	Ime vodotoka	Potez korištenja	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (MWh)
1.	Butišnica	1	473	2.783,44
2.	Krupa	1	542	2.413,81
3.	Krupa	2	1.070	4.003,03
4.	Krupa	3	1.592	6.039,89
5.	Krupa	4	1.084	4.126,80
6.	Krupa	5	1.435	5.506,08
7.	Zrmanja Vrelo	1	90	400,00
	<b>UKUPNO</b>		<b>6.286</b>	<b>25.273,05</b>

Dakle, od šest promatranih vodotoka, za tri vodotoka postoji i realnija procjena potencijala na razini poteza korištenja. Ovdje su korištena dva pojma koja se u praksi često izjednačuju, ali ne moraju nužno biti isti po definiciji: neto potencijal, odnosno tehnički iskoristivi potencijal. Grubo rečeno, moglo bi se konstatirati da je riječ o sinonimima i da se pod tim potencijalom smatra onaj dio raspoloživog bruto potencijala koji se

primjenom određenih tehničkih rješenja može pouzdano energetskeg iskoristiti. U nekim slučajevima neto potencijal predstavlja višu razinu (preliminarne obrade mogućnosti korištenja prirodnih resursa na razini makrolokacije), a tehnički iskoristivi potencijal nižu razinu potencijala (detaljnije projektantske obrade na razini mikrolokacije). Ovo finije razgraničenje definicija korišteno je u prethodnom tekstu za opis potencijala.

15 Katastar malih vodnih snaga u Hrvatskoj, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1985.

16 Bašić, H.: Novi pristup planiranju izgradnje malih hidroelektrana u Republici Hrvatskoj, Doktorska disertacija, Zagreb, 2003.

Naročito je potrebno istaknuti da spomenuti neto potencijal, odnosno tehnički iskoristivi potencijal ne znači automatski i realno ostvariv potencijal, naročito imajući u vidu da se podaci korišteni u ovom materijalu temelje na projektnim rješenjima od prije 30-ak godina te da u obzir nije uzet biološki minimum (isti nije niti definiran iz formalnih razloga jer za te potencijalne projekte od strane investitora nije pokrenuta zakonska procedura postupka procjene utjecaja na okoliš tijekom koje se utvrđuje biološki minimum).

Što se tiče druge spomenute skupine vodotoka (vodotoci sa skromnijim mogućnostima energetskog korištenja), na području Zadarske županije detektiran je energetski potencijal koji je prikazan u tablici 10.

Tablica 10. Bruto energetski potencijal za vodotoke bez definiranih poteza korištenja na području Zadarske županije

Redni broj	Ime vodotoka	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)
1.	Brničevo	18	0,16
	<b>UKUPNO</b>	<b>18</b>	<b>0,16</b>

Dosadašnja analiza odnosila se na raspon instalirane snage od 50 kW/km do 5 MW, što je rezultat sustavnog pristupa planiranju razvoja malih hidroelektrana na nacionalnoj razini. Potrebno je napomenuti da se u razvojnim planovima (koji se temelje na prethodnim istraživanjima

HEP-a i rezultat su drugačijeg pojedinačnog projektantskog pristupa<sup>20</sup>) mogu pronaći podaci o potencijalnim projektima u rasponu snage između 5 i 10 MW, što je za područje Zadarske županije prikazano u tablici 11.

Tablica 11. Projekti malih hidroelektrana (tehnički iskoristivi potencijal) u rasponu snaga između 5 i 10 MW na području Zadarske županije

Redni broj	Ime vodotoka	Potez korištenja	Instalirana snaga (MW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)
1.	Žegar	Zrmanja	8,80	23,9
2.	Ričice	Ričice	4,00	11,6
	<b>UKUPNO</b>		<b>12,80</b>	<b>35,50</b>

I za ove projekte vrijedi primjedba da će provedba postupka procjene utjecaja na okoliš i definiranje biološkog minimuma imati utjecaja na tehničke parametre navedene u prethodnoj tablici.

Važno je naglasiti da svi navedeni potencijalni projekti malih hidroelektrana predstavljaju tehničku razinu potencijala odnosno prikazuju tehničke mogućnosti korištenja vodotoka na određenom području, a ne i ekološku razinu prihvatljivog potencijala koji se jednoznačno utvrđuje u postupku procjene utjecaja na okoliš.

<sup>20</sup> Sektorska obrada i podloge za Vodnogospodarsku osnovu Hrvatske, Hidroenergetski bruto potencijal Hrvatske, Metodologija, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 2000.

## ZAKLJUČAK

U ovoj publikaciji su prikazani rezultati provedenih analiza potencijala za pet oblika obnovljivih izvora energije - energije vjetra, Sunca, biomase, geotermalnih izvora te vodotoka. Pri tome treba naglasiti da prikazani rezultati analize za pojedini energetski izvor predstavljaju teoretski i tehnički energetski potencijal. Mogućnost i razina iskorištavanja postojećih potencijala za proizvodnju energije ovisit će o prostornim mogućnostima i prostorno-planskim uvjetima za smještaj energetskih postrojenja kao i financijskoj isplativosti pojedinog projekta.

Prostorno-planski uvjeti za smještaj energetskih postrojenja na području Županije ovise o geografskim i ekološkim karakteristikama te postojećoj namijeni potencijalnih lokacija i okolnog prostora. S druge strane, financijska isplativost pojedinog projekta u direktno je ovisnosti o energetskom izvoru, odabranoj tehnologiji za proizvodnju energije te propisanim prostorno-planskim uvjetima.

U skladu s postojećim prirodnim potencijalom u Zadarskoj županiji se ističu energetski potencijali energije vjetra i Sunca. Naime, teoretski i tehnički potencijali energije vjetra i Sunca ukazuju na mogućnost izgradnje većih energetskih postrojenja, dok bi za održivo korištenje ostalih izvora bila primjerenija mala/mikro postrojenja. U cilju ostvarenja projekata vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana, preporuča se na županijskoj razini provesti analizu prostora županije kako bi se utvrdili kapaciteti lokacija pogodnih za smještaj vjetroelektrana i fotonaponskih elektrana te iste uvrstiti u prostorno-planske dokumente.

Dosad provedena istraživanja ukazuju na relativno veliki potencijal za izgradnju malih hidroelektrana u Zadarskoj županiji. Međutim, imajući u vidu zastarjelost postojećih predprojektnih podloga i izostanak primjene suvremenih standarda u zaštiti prirodne i kulturne baštine prilikom njihove izrade, potrebno je provesti novelaciju spomenutih istraživanja radi definiranja realno iskoristivog potencijala.

Uz definiranje prostora namijenjenog isključivo sustavima OIE izvan građevinskog zemljišta, prostorno-planski dokumenti na županijskoj i na lokalnoj razini trebali bi dati upute (uvjete) o načinu integracije malih fotonaponskih i sunčanih toplinskih sustava u građevinskim zonama te o iskorištavanju OIE u zgradarstvu.



## VIŠE INFORMACIJA NA [WWW.REPAM.NET](http://WWW.REPAM.NET)



**REPAM (Renewable Energy Policies Advocacy and Monitoring)**, tj. „Javno zagovaranje i praćenje politika vezanih za obnovljive izvore energije“ je dvogodišnji projekt koji je započeo 1. ožujka 2011. uz financijsku potporu Europske unije kroz program IPA 2008.

Nositelj projekta je Energetski institut Hrvoje Požar iz Zagreba, a partneri na projektu su udruge Društvo za oblikovanje održivog razvoja iz Zagreba i Focus - društvo za sonaraven razvoj iz Ljubljane, Slovenija.

NOSITELJ



PARTNERI



### KONTAKT OSOBA

**Dražen Jakšić**

Energetski institut Hrvoje Požar

Savska cesta 163, Zagreb

E-mail: [djaksic@eihp.hr](mailto:djaksic@eihp.hr)

Tel: +385 1 6326 148

Web: [www.eihp.hr](http://www.eihp.hr)

## VIŠE INFORMACIJA O EUROPSKOJ UNIJI



Informacijski centar Europske unije

Trg žrtava fašizma 6, Zagreb

Radno vrijeme: pon – pet od 10.00 do 17.30 sati

Tel: +385 1 4500 110

E-mail: [info@euic.hr](mailto:info@euic.hr)

Facebook: [www.facebook.com/euinfocentar](http://www.facebook.com/euinfocentar)

Web: [www.delhrv.ec.europa.eu](http://www.delhrv.ec.europa.eu)