






# 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 Karlovačkoj 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 Karlovačkoj 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

Karlovačka županija nalazi se u središnjem dijelu Republike Hrvatske i s ukupno 134.153<sup>1</sup> stanovnika čini 3,01% stanovništva Republike Hrvatske. Najviše stanovnika ima u gradu Karlovcu, 59.395 koji je njezino administrativno središte. Ukupna površina Karlovačke županije iznosi 3.622 km<sup>2</sup> ili 6,4% kopnenog teritorija Hrvatske. Položaj Karlovačke županije predstavlja prometno i geostrateško sjecište, odnosno poveznicu između kopnenog i obalnog dijela države.

Karlovačka županija graniči s dvije susjedne države: Republikom Slovenijom i Republikom Bosnom i Hercegovinom, a u doticaju je i s četiri županije: Zagrebačkom, Sisačko-moslavačkom, Primorsko-goranskom i Ličko-senjskom županijom.

Područje Karlovačke županije je slabije naseljeno od prosjeka Republike Hrvatske. Na njezinom prostoru dotiču se različitosti prirodnih osobitosti alpskog, panonskog i kraškog ozemlja. Ljepote karlovačkih rijeka Kupe, Korane, Mrežnice i Dobre, šumovitost gorja Velike i Male Kapele, zelenilo kordunskog krša i tranzitni položaj - trajne su vrijednosti na kojima počiva gospodarsko privređivanje i kvaliteta življenja stanovništva Županije.

Područje Karlovačke županije od starih je povijesnih vremena najvažnije tranzitno područje Hrvatske.

<sup>1</sup> Popis stanovništva 2011, Državni zavod za statistiku, [www.dzs.hr](http://www.dzs.hr)

## 1. ENERGIJA VJETRA



### 1.1. OPĆE ZNAČAJKE

Na značajke lokalnih vjetrova u Karlovačkoj županiji, osim globalnih baričkih sustava, utječu i specifične karakteristike terena od kojih su najvažnije:

- ➔ reljef
- ➔ specifičan položaj na granici utjecaja kopnenog i priobalnog dijela Republike Hrvatske

Iako je Karlovačka županija relativno daleko od obalnog dijela Republike Hrvatske gdje pušu energetske najizdašniji vjetrovi, u njezinim južnim dijelovima mogu se očekivati srednje godišnje brzine vjetra do 5 m/s.

Prevladavajući smjerovi vjetra nisu jasno definirani reljefnim obrisima već se generalno mogu podijeliti na vjetrove koji nose toplo i vlažno vrijeme i pušu uglav-

nom u toplijem dijelu godine iz smjera jug, jugoistoka te umjerene i hladne sjeverne vjetrove koji pušu u zimskom dijelu godine.

U višim predjelima Županije, osobito na južnom dijelu, odnosno obroncima Velike i Male Kapele može se očekivati pojava planinskih vjetrova. To su vjetrovi prvenstveno lokalnog karaktera uzrokovani nejednakim zagrijavanjem planinskih vrhunaca okrenutih prema jugu i dolina u sjeni. Tijekom dana Sunce grije planinske vrhunce brže nego zaklonjene doline. Zrak iznad planinskih vrhunaca grije se i diže prema višim slojevima atmosfere, što uzrokuje strujanje zraka uz južno orijentirane padine prema planinskim vrhuncima, stvarajući pritom polje niskog tlaka. Noću je situacija obrnuta pa vjetar puše niz padine prema dolinama.

### 1.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE VJETRA

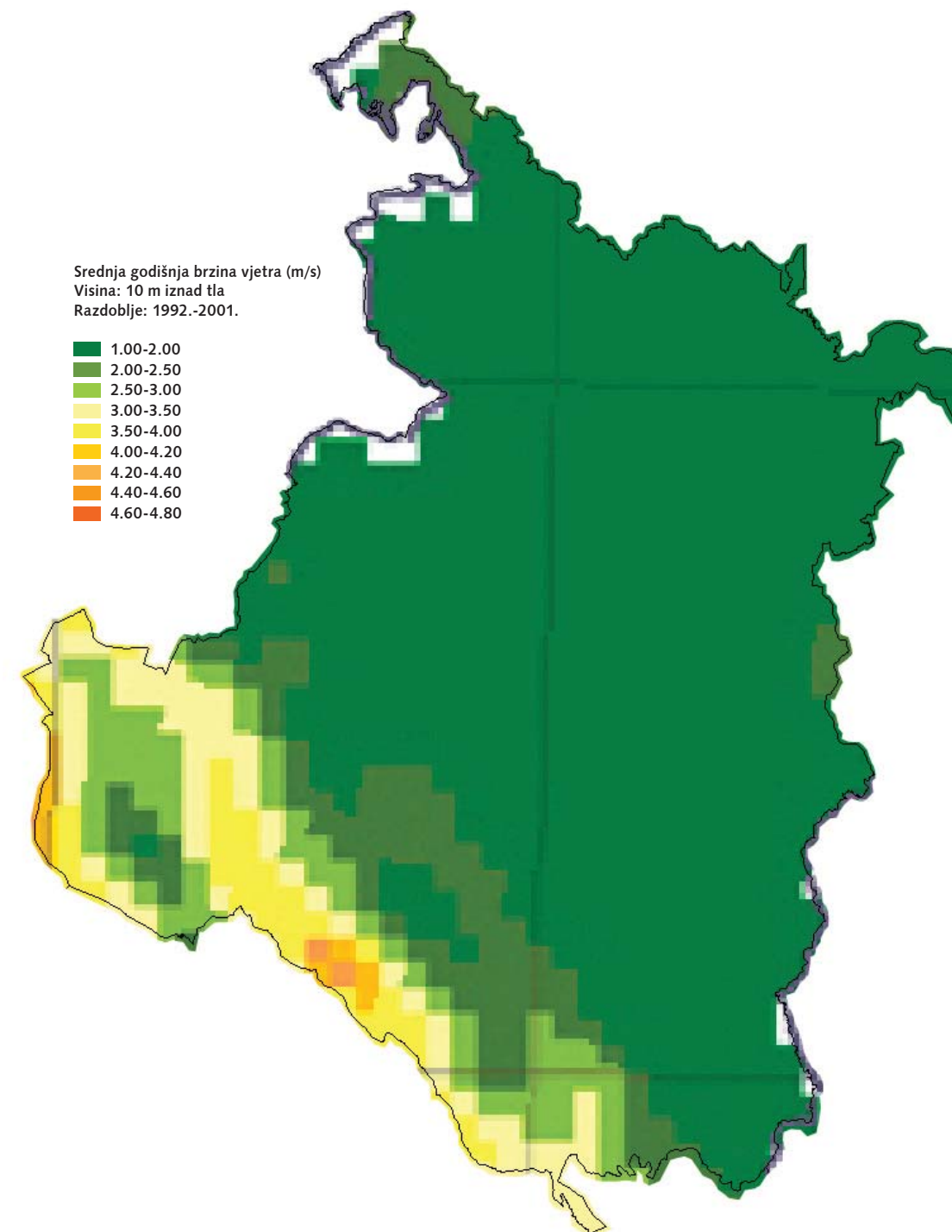
Raspoloživi prirodni potencijal energija vjetra u Karlovačkoj županiji, prema dostupnim podacima, nije znatan. Najbolji potencijal energije vjetra u Karlovačkoj županiji (slika 1.) može se očekivati na izloženim planinskim vrhuncima u njezinim krajnjim južnim dijelovima, odnosno na obroncima Velike i Male Kapele.

Prema dostupnoj karti vjetra na 10 m iznad razine tla, najvjetrovitija su područja u južnom planinskom području, na višim nadmorskim visinama, gdje brzine vjetra dosežu do 5 m/s. Karta vjetra je dobivena korištenjem modela ALADIN/HR<sup>2</sup>.

Ograničavajući čimbenik je nedovoljni potencijal energije vjetra, odnosno malo područje s brzinama vjetra koje dostižu vrijednosti od preko 5 m/s.

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 preliminarni tehnički potencijal u Karlovačkoj županiji procijenjen je na 50-ak MW.

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



Slika 1. Karta vjetra za područje Karlovačke županije

## 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 dopiše 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 ( $\text{W/m}^2$ ).
- ➔ **Ozračenoost** je količina energije Sunčevog zračenja dozračena na jediničnu površinu plohe u određenom vremenskom razdoblju. Dobiva se integriranjem ozračenja po vremenu, a jedinica za ozračenoost je vat sat po kvadratnom metru ( $\text{Wh/m}^2$ ) ili džul po kvadratnom metru ( $\text{J/m}^2$ ). Ovisno o promatranom vremenskom intervalu ozračenoost 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 dopiše 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 ozračenoost. Osim godišnjeg kuta, optimalni kut je moguće izračunati za sezonu i za svaki mjesec pojedinačno.

Ozračenoost ili klimatološke značajke iz kojih se može procijeniti vrijednost ozračenoosti najčešće se mjere na

meteorološkim postajama ili na namjenskim mjernim postajama za mjerenje karakteristika Sunčevog zračenja. Najčešće se na meteorološkim postajama mjeri osunčavanje (trajanje sijanja Sunca), dok se 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 ozračenoost vodoravne plohe osnovni je parametar kojim se može procijeniti prirodni potencijal energije Sunca na nekoj lokaciji ili širem području. Ozračenoost 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. Karlovačka županija nalazi se na kontinentalnom dijelu Hrvatske, a obuhvaća i brdske predjele sjeverne Like, dijela Gorskog kotara i Žumberka. Prostorna distribucija Sunčevog zračenja na većem području Županije je relativno stalna i kreće se između  $1,25 \text{ MWh/m}^2$  i  $1,30 \text{ MWh/m}^2$ , a potencijal se smanjuje u njezinom zapadnom dijelu zbog utjecaja brdskog područja i nešto oštrije klime. Na slici 2. prikazana je prostorna raspodjela srednje godišnje ozračenoosti na području Karlovačke županije.

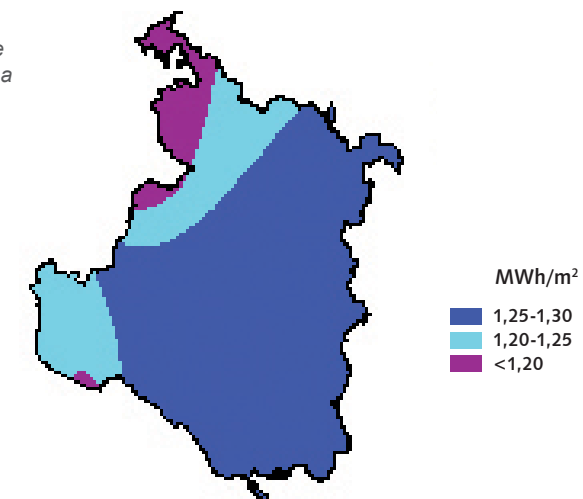
Detaljni podaci o Sunčevom zračenju na području Karlovačke županije dostupni su za dvije lokacije na kojima se provode meteorološka mjerenja: Karlovac i Ogulin. U tablici 1. prikazane su srednje dnevne ozračenoosti

vodoravne plohe po mjesecima, a u tablici 2. srednje dnevne ozračenoosti prema jugu nagnute plohe za godišnje optimalne kutove nagiba za lokaciju Karlovac, kao tipičnog predstavnika područja Županije.

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

Lokacija	Karlovac		
	Ukupno	Raspršeno	Izravno
Siječanj	1,00	0,71	0,30
Veljača	1,69	1,08	0,61
Ožujak	3,08	1,67	1,41
Travanj	4,39	2,18	2,20
Svibanj	5,54	2,61	2,92
Lipanj	6,10	2,75	3,35
Srpanj	6,37	2,55	3,83
Kolovoz	5,11	2,35	2,76
Rujan	4,03	1,75	2,27
Listopad	2,31	1,29	1,02
Studeni	1,19	0,81	0,38
Prosinac	0,73	0,56	0,17
Uk.god. ( $\text{MWh/m}^2$ )	1,27	0,62	0,65

Slika 2. Karta srednje godišnje ozračenoosti vodoravne plohe na području Karlovačke županije



Tablica 2. Srednje dnevne vrijednosti ozračenosti prema jugu nagnute plohe za optimalan kut nagiba ( $kWh/m^2$ )

Lokacija	Karlovac			
Optimalni kut	24°			
Mjesec	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Odbijeno
Siječanj	1,31	0,68	0,62	0,01
Veljača	2,09	1,04	1,04	0,01
Ožujak	3,55	1,60	1,92	0,03
Travanj	4,64	2,09	2,51	0,04
Svibanj	5,50	2,50	2,95	0,05
Lipanj	5,89	2,63	3,20	0,05
Srpanj	6,24	2,44	3,75	0,05
Kolovoz	5,27	2,25	2,98	0,04
Rujan	4,60	1,68	2,89	0,03
Listopad	2,85	1,23	1,60	0,02
Studeni	1,54	0,78	0,75	0,01
Prosinac	0,93	0,54	0,39	0,01
Uk.god. (MWh/m <sup>2</sup> )	1,35	0,59	0,75	0,01

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., 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 dozračenom 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 zagrijana 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 Karlovca, može zadovoljiti do 70% 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.

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.

Slika 3. Primjer korištenja Sunčeve energije: fotonaponski moduli

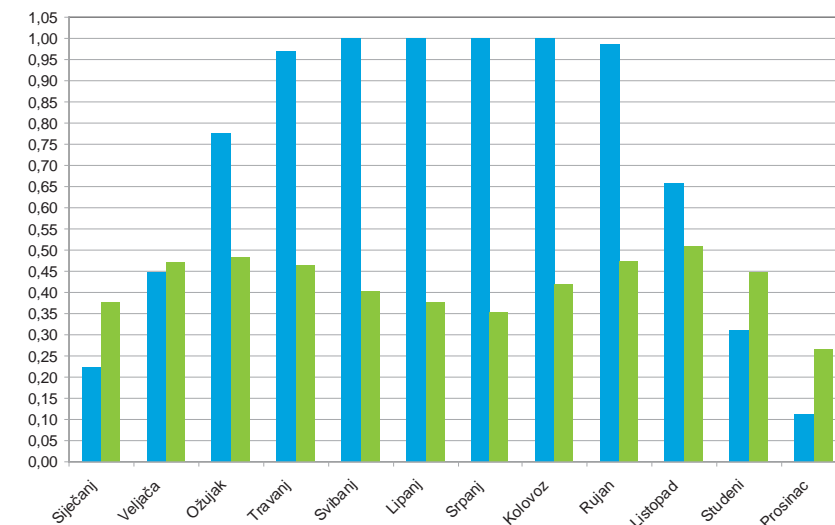


Slika 4. Primjer korištenja Sunčeve energije: sunčani toplinski kolektori



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 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 Karlovca može proizvesti oko 10.300 kWh električne energije godišnje (tablica 3.).

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

Mjesec	Generirana električna energija u FN modulima (kWh)	Električna energija isporučena u mrežu (kWh)
Siječanj	341	320
Veljača	517	492
Ožujak	955	916
Travanj	1.139	1.092
Svibanj	1.344	1.288
Lipanj	1.346	1.290
Srpanj	1.459	1.398
Kolovoz	1.253	1.201
Rujan	1.107	1.063
Listopad	734	701
Studeni	378	356
Prosinac	233	214
Ukupno	10.806	10.331

Proizvodnost fotonaponskog sustava je količina električne energije koju može proizvesti sustav jedinične snage. Za Karlovac bi ona iznosila oko 1.030 kWh/kW godišnje. Za različite lokacije na području Karlovačke županije ona bi iznosila između 950 kWh/kW (područje Ozlja i Žumberka) do 1.050 kWh/kW.

## 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 Karlovačke županije* iz 2001. godine, poljoprivredne površine zauzimaju 199.299 ha, od čega obradive površine zauzimaju 112.997 ha. Podaci iz digitalne baze podataka CORINE Land Cover Hrvatska se razlikuju i prema njima poljoprivredne površine Županije zauzimaju 119.636 ha. Na 6. je prikazana karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Karlovačke županije.

Tipovi poljoprivredne proizvodnje na području Županije uvjetovani su reljefom:

- **Nizinski tip** - gospodarstva usmjerena na stočarsku proizvodnju, odnosno proizvodnju mlijeka (biljna proizvodnja je većinom u funkciji stočarske)
- **Brežuljkasto-gorski tip** - tržišna gospodarstva usmjerena na povrtlarsku, voćarsku i vinogradarsku proizvodnju

- **Brdski tip** - planinsko područje u kojem je zastupljena stočarska proizvodnja, ratarska proizvodnja u funkciji stočarstva te povrtlarstvo

Manji dio poljoprivrednog zemljišta je pogodan za razvoj intenzivne, komercijalne biljne proizvodnje bazirane na visokim prinosima. Mnoga su zemljišta nepogodna za obradu, a njihova aktivacija iziskivala bi ogromna ulaganja. Najveće površine poljoprivrednog zemljišta pogodne su za travnjake.

Karlovačku županiju karakterizira iznadprosječna pošumljenost. Šume i šumska zemljišta prostiru se na 138.655 ha (187.329 ha prema CORINE). U fitogeografskom smislu Županiju dijelimo na panonski i dinarski dio. Na području Karlovačke županije šumarstvo predstavlja ne samo značajni gospodarski i ekološki resurs već i značajan izvor egzistencije lokalnog stanovništva. Gospodarenje šumama otežano je u predjelima s mnogo miniranih površina.

### 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:

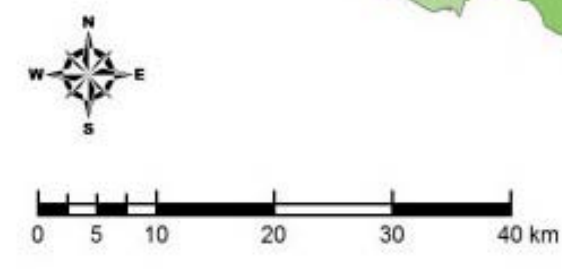
- **Ratarstvo** - energetske kulture (jednogodišnje i višegodišnje); ostaci nakon žetve ili povrtlarstva
- **Stočarstvo** - stajski gnoj i gnojovka

- **Višegodišnji nasadi** - energetske nasadi, granjevina i ostali drveni ostaci nakon redovitog održavanja višegodišnjih nasada (voćnjaci, vinogradi, maslinici)

Slika 6. Karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Karlovačke županije

#### LEGENDA

- 211 - Nenavodnjavano obradivo zemljište
- 212 - Stalno navodnjavano zemljište
- 221 - Vinogradi
- 222 - Voćnjaci
- 223 - Maslinici
- 231 - Pašnjaci
- 242 - Kompleks kultiviranih parcela
- 243 - Pretežno poljodjelska zemljišta s većim područjima
- 311 - Bjelogorična šuma
- 312 - Crnogorična šuma
- 313 - Mješovita šuma
- 321 - Prirodni travnjaci



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 razmjerni 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 energetskih kultura 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 slučaja

## 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 Karlovačkoj 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	150.907	82.999	299
Svinjski stajski gnoj	13.868	2.310	8
Gnoj peradi	6.728	6.661	24
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	1.924	150.053	540
Svinjski stajski gnoj + silaža	177	8.473	31
Gnoj peradi + silaža	86	9.650	35

\*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

jeva razlikuju od podataka izvedenih iz CORINE Land Use Hrvatska baze podataka. Zbog dosljednosti su za izračune potencijala korišteni podaci iz CORINE baze.

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.

bioplin ukupne energetske vrijednosti 331 TJ u slučaju proizvodnje u monodigestiji. Kada bi se ista količina stajskog gnoja koristila za proizvodnju bioplina u ko-

digestiji s kukuruznom silažom, energetska vrijednost bioplina bi iznosila 605 TJ/god. U ovom slučaju bilo bi potrebno angažirati 2.187 ha poljoprivrednog zemljišta za proizvodnju kukuruzne silaže.

Uzmemo li u obzir postojeću praksu u poljoprivredi, uz pretpostavku okrupnjavanja stočarske proizvodnje te sukladno *Strategiji energetskog razvoja Republike Hrvatske*<sup>3</sup> može se procijeniti da bi se oko 20% teo-

<sup>3</sup> NN 130/09

## 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 uljara te bioetanola i njegovih derivata iz biljaka bogatih šećerom i 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

retskog potencijala moglo iskoristiti za proizvodnju obnovljive energije. Značajna količina raspoložive sirovine (stajskog gnoja) te postojanje dostatnih poljoprivrednih površina za uzgoj kukuruzne silaže, ukazuju na mogućnost proizvodnje bioplina iz stajskog gnoja u kodigestiji s kukuruznom silažom, koja bi predstavljala povoljan scenarij u slučaju da nije moguće koristiti otpadne sirovine, na primjer ostatke iz prehrambene industrije, klaonički otpad i sl.

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 za svaku kulturu (tablica 5.).

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

Sirovina	Masa sirovine (t/god)*	Količina biogoriva (t/god)	Energetska vrijednost (GJ/t)	Teoretski energetski potencijal (TJ/god)
<b>Bioetanol</b>				
Kukuruz (s.v)**	318.286	95.761	27	2.586
<b>Biodizel</b>				
Uljana repica	133.174	54.357	37	2.011
Soja	123.186	23.331	37	863

\* 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 66.587 ha raspoloživog poljoprivrednog zemljišta angažira za proizvodnju jedne od navedenih kultura, mogla bi se proizvesti količina biodizela odnosno bioetanola energetske vrijednosti od 863 do 2.585 TJ godišnje. No, treba imati na umu da prikazani potencijali biogoriva vrijede u slučaju kada bi se proizvodila samo jedna vrsta biogoriva (ili bioetanol ili biodizel) iz samo jedne sirovine, odnosno da se na ukupnom raspoloživom zemljištu za neprehrambene namjene zasadi samo jedna kultura. U praksi, ovakav scenarij nije realan radi plodoreda koji je obavezan u proizvodnji razmatranih kultura i radi korištenja ovog zemljišta i za druge svrhe. Realno je za pretpostaviti da bi za proizvodnju energetskih kultura bilo moguće

angažirati oko 20% poljoprivrednog zemljišta raspoloživog za neprehrambene namjene. Šećerna repa nije uključena u analizu budući da u razmatranim godinama nije bila zasađena na području Županije. Stoga je realnije pretpostaviti proizvodnju bioetanola iz kukuruza te biodizela iz uljane repice, koja ostvaruje veće energetske potencijale od soje.

### 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.).

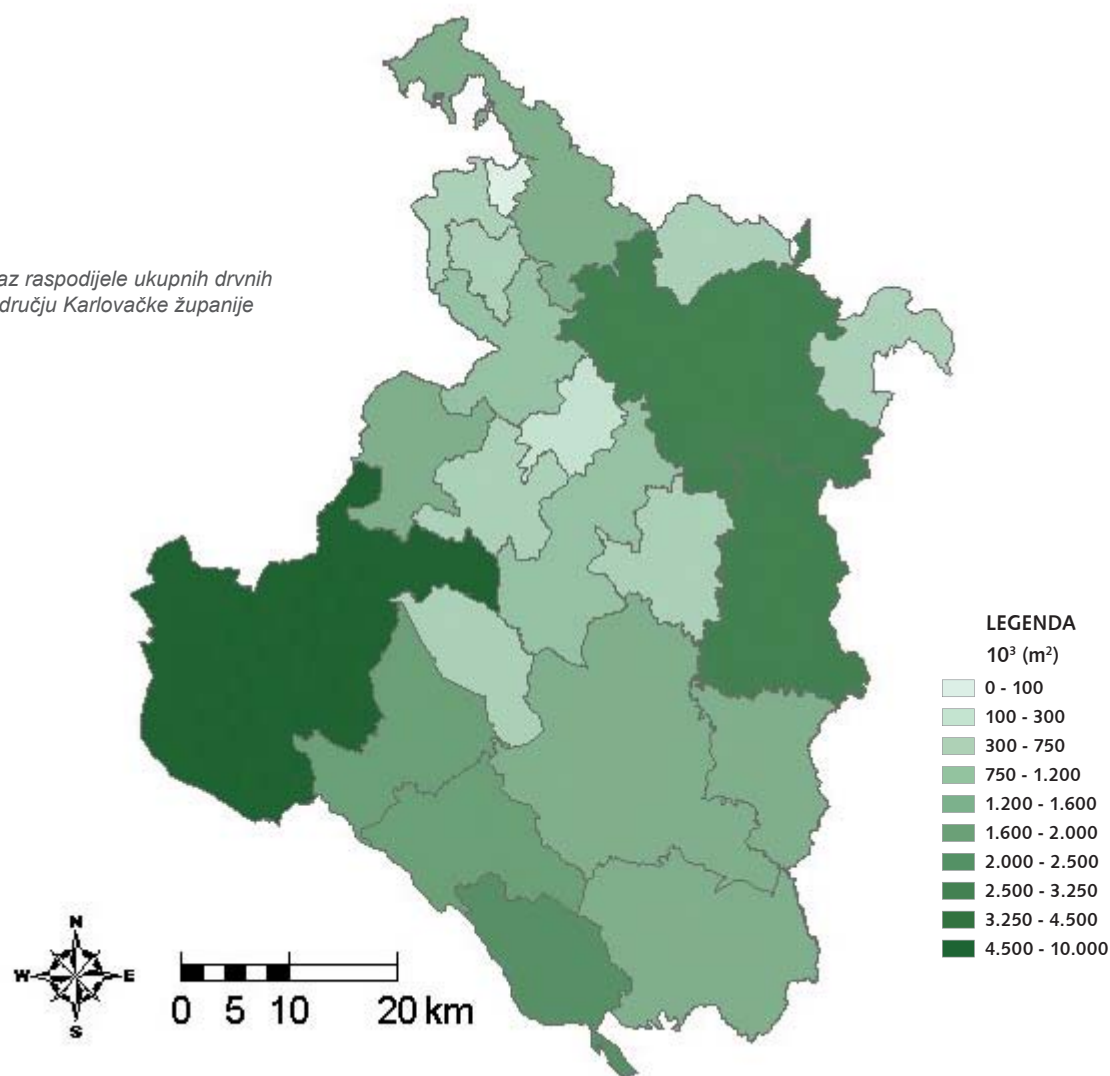
Teoretski potencijal je ukupni raspoloživi energetske potencijal drvene biomase na određenom području koji se izračunava kao umnožak ukupne drvene biomase (kg) i ogrjevne vrijednosti biomase (MJ/kg) (tablica 6.).

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

Tablica 6. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz drvene biomase u Karlovačkoj 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
33.926.166	791.068	302.434	186.416	709	2.554	441	1.589

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



Kao što je vidljivo iz tablice 6. energetske potencijal prostornog drva (industrijsko i ogrjevno drvo), koji je moguće iskorištavati za energetske potrebe iznosi 2.554 TJ godišnje. U 2007. godini ostvarena sječa prostornog drva iznosila je 186.416 m<sup>3</sup> (1.589 TJ) što čini oko 62% godišnjeg etata (dopuštene sječe). Udio prostornog drva koji će biti raspoloživ za iskorištavanje u energetske svrhe ovisi i o tržištu drvnih sortimenata odnosno cijenama sirovine potrebne za potrošače kao što su

### 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. Otpad iz drveno-prerađivačke industrije uključuje otpad od prerade drva i proizvoda od drva i pluta (osim namještaja) te proizvodnje namještaja od slame i pletarskih materijala. Proces izgaranja se najčešće koristi za iskorištavanje ovakve sirovine. Pri izračunu potencijala iz drvnog otpada uzeta je relativna mokrina

industrija ploča, celuloze i papira. Karlovačka županija obiluje drvnim resursima što uvjetuje značajne potencijale za proizvodnju energije iz drvene biomase. Potrebno je napomenuti da energetske potencijal prikazan u prethodnoj tablici predstavlja teoretske potencijal. Tehnički potencijal, odnosno razina praktičnog iskorištavanja ovog potencijala ovisit će o učinkovitosti postrojenja za proizvodnju korisne energije (peći, toplane, elektrane, odnosno kogeneracijskog postrojenja).

materijala od 10%. Prema podacima iz Registra otpada za 2010. godinu, na odlagališta u Republici Hrvatskoj odloži se godišnje 96% proizvedenog biorazgradivog komunalnog otpada. Izračun teoretskog energetskeg 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 Karlovačke županije

Vrsta otpada	Raspoloživost otpada (t/god)*	Teoretski energetske potencijal (MWh/god)	Teoretski energetske potencijal (TJ/god)
Klaonički otpad	1.383	6.917	24,9**
Ostaci iz drvene industrije	3.027	14.225	51,2
Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada	16.645	11.236	40,5**

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

Kao što je vidljivo iz tablice 7. značajniji teoretske energetske potencijal ostvaruje otpad iz drvene industrije, a zatim biorazgradiva komponenta komunalnog otpada. Iskorištavanje otpada iz klaonice 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<sup>7</sup>, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada, na odlagališta komunalnog otpada od 2016. godine bit

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

će zabranjeno 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 trupa 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 može se s obzirom na geotermalni gradijent podijeliti na tri osnovna područja: panonsko, centralno i područje Dinarida. Karlovačka županija pri-

pada centralnom području koje karakteriziraju srednje visoke vrijednosti gustoće toplinskog toka i geotermalnih gradijenata.

### 4.1. OPĆE ZNAČAJKE

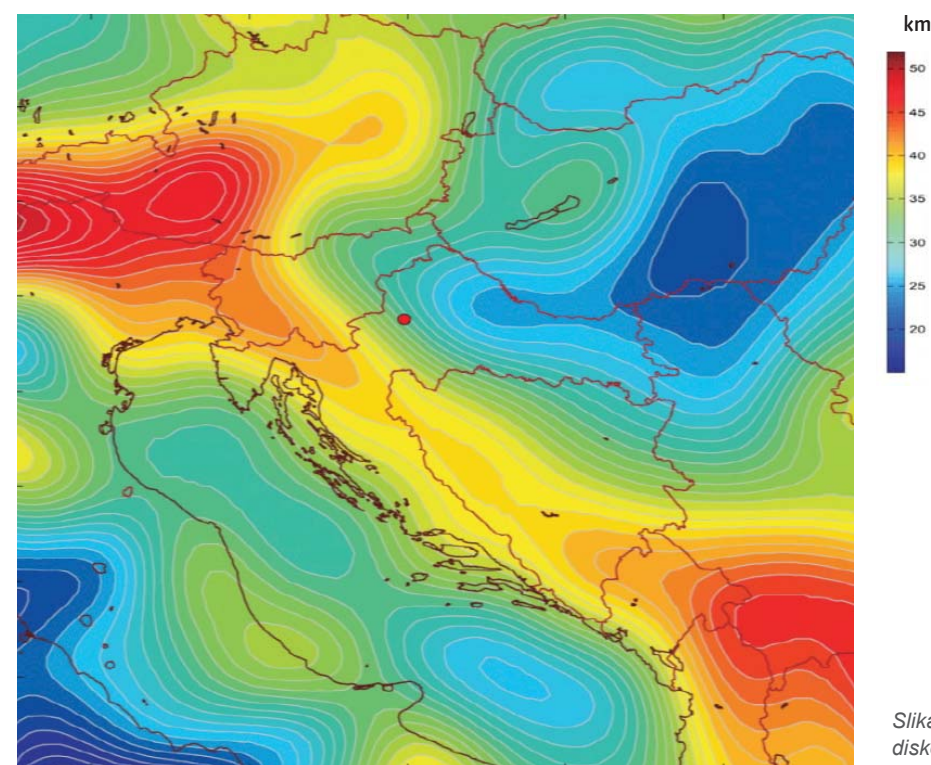
Karlovačka županija nalazi se u tektonskom smislu u području koje predstavlja graničnu zonu između Panonskog bazena i Dinarida. Sjeveroistočni dio Karlovačke županije pripada rubnom dijelu Panonskog bazena gdje se na površini nalaze kvartarne aluvijalne i barske te les i klastične naslage pliokvartara (slika 9.)<sup>8</sup>. Najstarije naslage u Karlovačkoj županiji zastupljene su na području Petrove gore i Žumberka, a karakterizirane su pretežito klastičnim naslagama mlađeg paleozoika koje prate klastiti i karbonati trijasa. Južni dio Županije predstavljen je debelim naslagama Jadranske karbonatne platforme karakterističnim za prostor Vanjskih Dinarida. To su vapnenci i dolomiti uglavnom mezozojske starosti, iako se mjestimično nalaze i naslage neogena. Cijeli prostor je pod iznimnim utjecajem tektonskih pokreta koji su djelovali od paleozoika do danas. Navlačne strukture posljedica su kompresijskih pokreta koji su započeli u mlađem eocenu, a rezultat kojih je izdizanje i kontrakcija prostora uslijed približavanja Afričke ploče Euroazijskoj.

Predma je za ovaj teren karakteristična ljuskava struktura, u općoj tektonskoj slici dominira vrlo mlada blokovska rasjedna tektonika. 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 Karlovačkoj županiji, idući prema jugozapadu, sve više odražava podvlačenje Jadranske karbonatne platforme pod Dinaride i u izravnoj je vezi s geološkim postankom tog prostora. U područjima gdje je Mohorovičićev diskontinuitet pliće, odnosno bliže površini geotermalni gradijent, kao i gustoća toplinskog toka, su veći. Dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u području središnje Hrvatske iznosi između 35 i 40 km (slika 8.)<sup>10</sup>. U skladu s time je i opadanje gustoće toplinskog toka idući od panonskog prema dinarskom dijelu Hrvatske.

9 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.

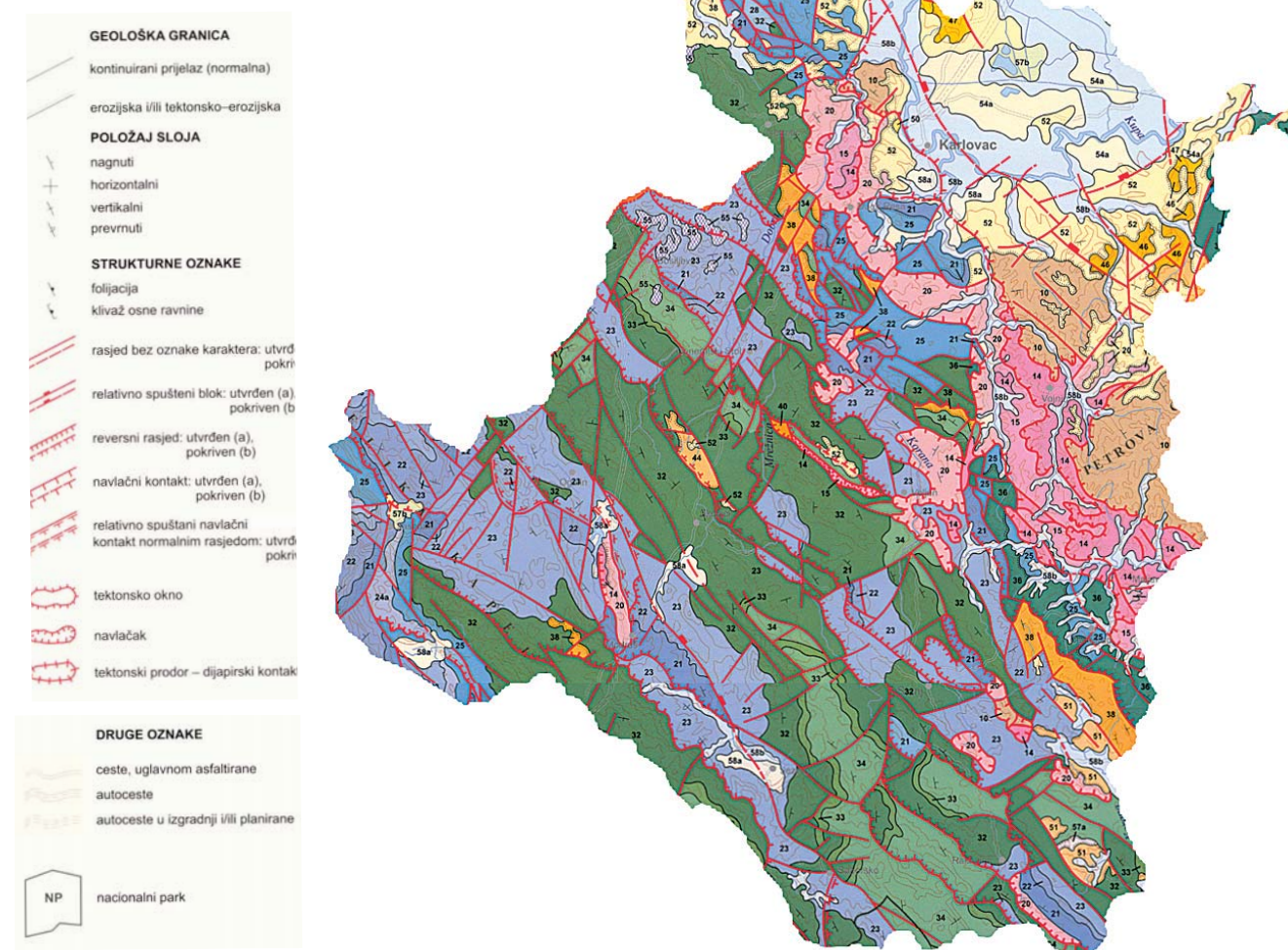
10 Grad M., Tiira T., ESC Working Group, The Moho depth map of the European Plate. Geophys. J. Int., 2009., 176, 279-292, doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03919.x.

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



Slika 8. Karta dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u jugoistočnoj Europi

Slika 9. Geološka karta Karlovačke županije



#### TUMAČ OZNAKA:

58 <sub>a</sub> b <sub>a</sub> dprQ <sub>2</sub> aQ <sub>2</sub> Deluvijalno-proluvijalne (a - dprQ <sub>2</sub> ) i aluvijalne (b - aQ <sub>2</sub> ) naslage (holocen)	38 Pc, E Karbonatski fil i klastiti (paleocen, eocen)	18 T <sub>1</sub> , T <sub>1</sub> <sup>3</sup> Evaporitno-karbonatno-klastično-vulkanogeni kompleks (gornji ladnik, karik)
57 <sub>a</sub> b <sub>a</sub> jQ <sub>2</sub> bQ <sub>2</sub> Jezerske (a - jQ <sub>2</sub> ) i barske (b - bQ <sub>2</sub> ) naslage (holocen)	37 K <sub>2</sub> , Pg Vulkaniske stijene (gornja kreda, paleogen): β - bazalt, Z - risti, T - granit	17 T <sub>2,3</sub> Magmatske stijene (srednji-gornji trijas): α - andezit, β - bazalt, γ - spilit i dijabaz, δ/ab - spilitizirani dijabaz i andezit bazalt
56 pQ <sub>2</sub> Eolski pijesci (pQ <sub>2</sub> ) (holocen)	36 K <sub>1</sub> Karbonatski klastiti (pretežito fil) i "scaglia" vapnenci (gornja kreda)	16 T <sub>2</sub> Klastične i proklastične naslage (srednji trijas)
55 tsQ <sub>2</sub> Crvenica (tsQ <sub>2</sub> ) (holocen)	35 K <sub>1</sub> Hemipelagičke i turbiditne naslage (donja kreda)	15 T <sub>2</sub> Karbonatne naslage (srednji trijas)
54 <sub>a</sub> b <sub>a</sub> iQ <sub>2</sub> jQ <sub>2</sub> Kopeni (a - iQ <sub>2</sub> ) i barski (b - jQ <sub>2</sub> ) les (pleistocen)	34 K <sub>1</sub> <sup>4</sup> Rudni vapnenci (cenoman-mashtit)	14 T <sub>1</sub> Sajak i kampske naslage (donji trijas)
53 <sub>a</sub> b <sub>a</sub> aQ <sub>2</sub> fgQ <sub>2</sub> Fluvijalne (a - aQ <sub>2</sub> ) i fluvioakvularne (b - fgQ <sub>2</sub> ) naslage (pleistocen)	33 K <sub>1</sub> <sup>4</sup> , K <sub>1</sub> <sup>4</sup> Dolomiti i postsedimentacijske dijagenetske breče (gornji alb, donji cenoman)	13 P <sub>1</sub> Evaporiti i klastične naslage (gornji perm) a - evaporiti, b - klastiti
52 Pl,Q Klastične naslage (pliokvartar)	32 K <sub>1</sub> Vapnenci i dolomiti (donja kreda)	12 P <sub>1</sub> Magmatiti (7 perm): kvarcioriti, granodioriti, keratofiri
51 M <sub>1</sub> -M <sub>2</sub> MIOCENE NASLAGE DINDA	31 J <sub>2,3</sub> Ofiolitne stijene (srednja, gornja jura): a - ultramafiti, b - magmatiti, c - sedimentne stijene	11 P <sub>1</sub> Graniti (perm)
50 Pl Paluđinske naslage (dacj, romanj)	30 J <sub>1</sub> Parametamorfne stijene (srednja jura)	10 C, P Pretežito klastične naslage (karbon, perm)
49 M, Pl Pijesci i gline (miocen, pliocen)	29 J <sub>1</sub> Ortometamorfne stijene (srednja jura)	9 C, P Klastične i karbonatne naslage (karbon, perm)
48 M <sub>1</sub> Klastiti i ugljen (pant)	28 J <sub>1</sub> <sup>1</sup> , K <sub>1</sub> <sup>1</sup> Vapnenci s rožnjacima i kalporeloma (stion, berjas)	8 D, C, P Hercinski semimetamorfni kompleks (devon, karbon, perm)
47 M <sub>1,k</sub> Vapnenačko-klastične naslage (sarmat, panon)	27 J <sub>1</sub> Pločasti vapnenci (jura općenito)	7 D, C Klastične i karbonatne naslage (devon, karbon)
46 M <sub>1</sub> Litavci i klastične naslage s vulkanitima (baden)	26 J <sub>1</sub> <sup>1</sup> , K <sub>1</sub> <sup>1</sup> Slojeviti i masivni dolomiti (stion, valendis)	6 P <sub>2</sub> , T <sub>1</sub> Parametamorfne stijene (paleozoik, ? trijas)
45 M <sub>1,k</sub> Magmatske stijene (karpatski baden): α - andeziti i risti β - bazalt	25 J <sub>1</sub> <sup>3</sup> Priprebansko-grebenski vapnenci i dolomiti (kimeriž, stion)	5 P <sub>2</sub> , T <sub>1</sub> Ortometamorfne stijene (paleozoik, ? trijas)
44 M <sub>2,3</sub> Klastiti i karbonati s klastitima (otrang, karpatski)	24 J <sub>1</sub> <sup>3</sup> Vapnenci s rožnjacima: a - slojeviti s dolomitima; b - pločasti i slojeviti Lemeške naslage (gornji oksford-donji stion)	4 O, S, D Granitne stijene (ordovicj, silur, devon)
43 Ol, M <sub>1</sub> Klastiti s vulkanitima (eger, egerburg)	23 J <sub>1</sub> Vapnenci i dolomiti (gornja jura)	3 O, S, D Kompleks metamorfnih stijena (ordovicj, silur, devon)
42 Pg, Ng Vapnenačke breče (paleogen, neogen)	22 J <sub>1</sub> Debeloslojeviti vapnenci i dolomiti (srednja jura)	2 O, S, D Progressivna metamorfna serija (ordovicj, silur, devon)
41 E, Oi Promijske naslage (eocen, oligocen)	21 J <sub>1</sub> Vapnenci i dolomiti (donja jura)	1 P <sub>k</sub> Kompleks metamorfnih stijena (prekambrj)
40 E <sub>2,3</sub> Filinske naslage (srednji i gornji eocen)	20 T <sub>2</sub> <sup>3</sup> Dolomiti (gornji norik, ret)	
39 ?Pc, E <sub>1,2</sub> Liburnijske naslage, foraminiferijski vapnenci i prijelazne naslage (?gornji paleocen, donji i srednji eocen)	19 T <sub>2,3</sub> Klastične naslage (?gornji ladnik-donji norik)	

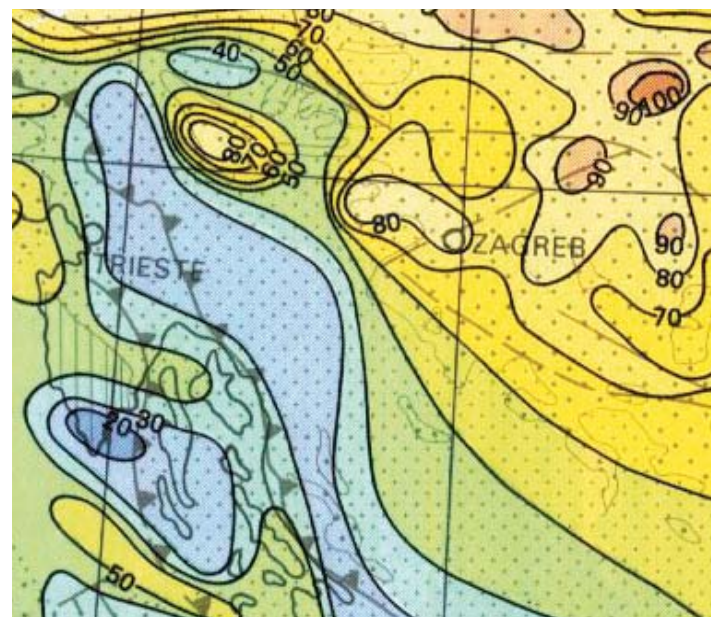
## 4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL

Na prostoru Karlovačke županije gustoća toplinskog toka na površini ima vrijednosti od 30-50 mW/m<sup>2</sup> (slika 10.)<sup>11</sup>, odnosno odražava se kontakt između panonskog dijela Hrvatske s višim gustoćama toplin-

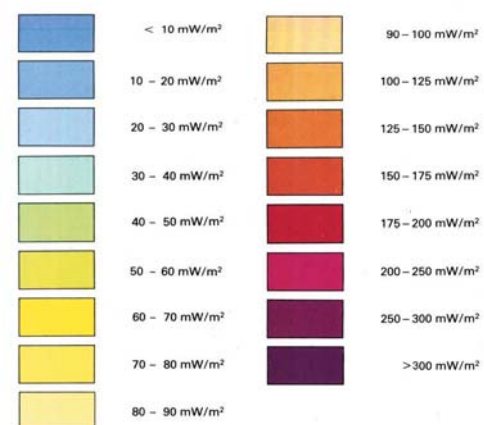
skog toka i dinarskog područja s niskim vrijednostima gustoće toplinskog toka. Na prostoru Karlovačke županije vrijednosti geotermalnih gradijenata kreću se od 20-40°C/km (slika 11.)<sup>12</sup>.

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

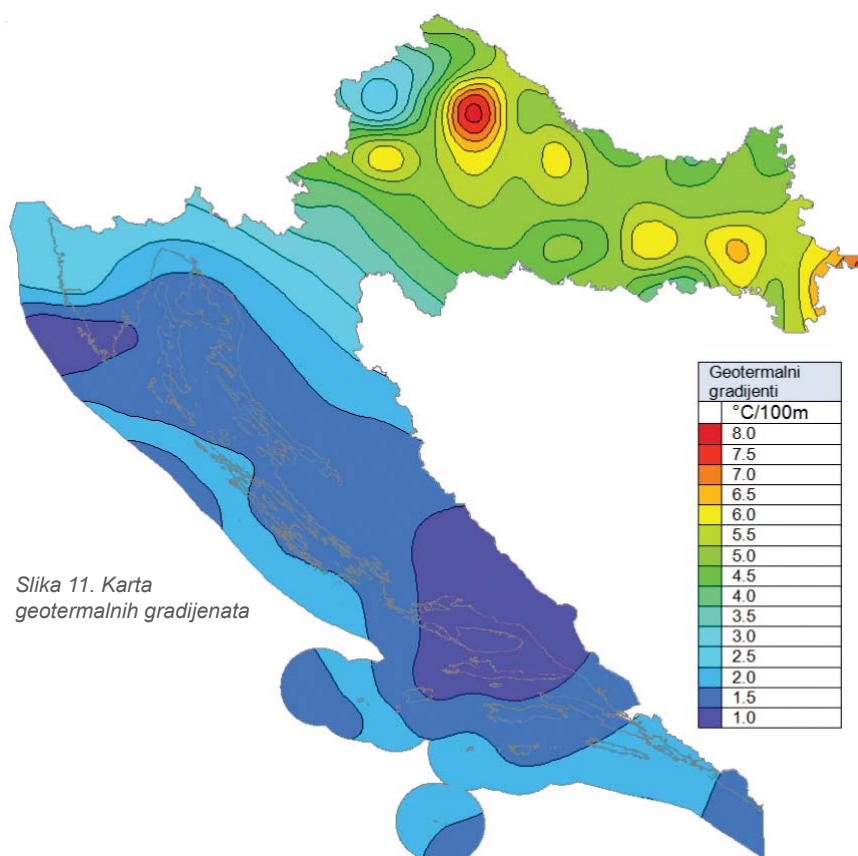
12 Modificirano prema Jelić, K., Kevrić, I. i Krasić, O., Temperatura i toplinski tok u tlu Hrvatske, 1. Hrvatski geološki kongres: zbornik radova, Vlahović, Igor, Velić, Ivo, Šparica, Marko (ur.), Zagreb, Institut za geološka istraživanja, 1995, 245-249.



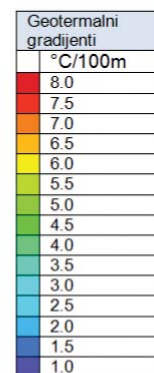
Slika 10. Isječak karte gustoće toplinskog toka (mW/m<sup>2</sup>)



Prema rezultatima računalne interpolacije temperatura, izračunatih prema pretpostavljenoj konstantnoj uspravnoj kondukciji topline i promjenjivoj toplinskoj provodljivosti po dubini, na dubini od 1.000 m mogle bi se dosegnuti temperature do 55°C (slika 12.)<sup>13</sup>. Na dubinama od 2.000 m temperature voda mogu dosegnuti i do 90°C (slika 13.)<sup>14</sup> uz određena odstupanja na lokacijama gdje se toplina uz kondukciju prenosi i konvekcijom putem cirkulacije fluida.

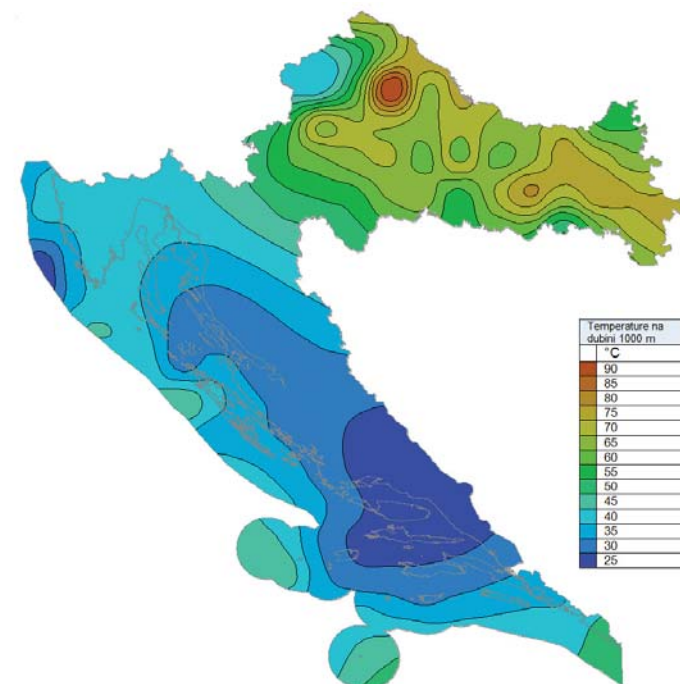


Slika 11. Karta geotermalnih gradijenata

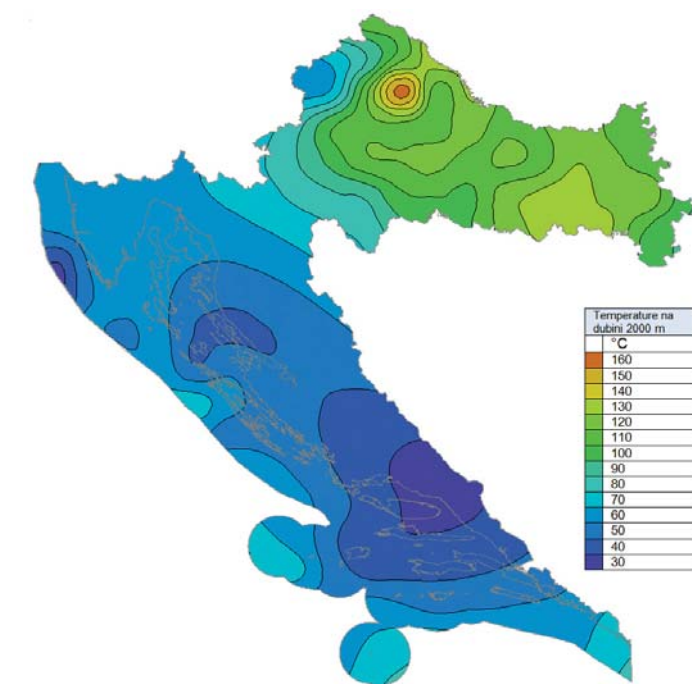
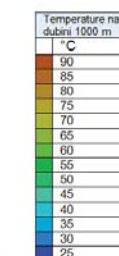


13 Modificirano prema Grupa autora: GEOEN: Program korištenja geotermalne energije-prethodni rezultati i buduće aktivnosti, Zagreb, Energetski institut Hrvoje Požar, 1998.

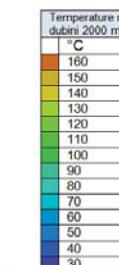
14 Modificirano prema Jelić, K., Kevrić, I. i Krasić, O., Temperatura i toplinski tok u tlu Hrvatske, 1. hrvatski geološki kongres: zbornik radova, Vlahović, Igor, Velić, Ivo, Šparica, Marko (ur.), Zagreb, Institut za geološka istraživanja, 1995, 245-249.; Grupa autora: GEOEN: Program korištenja geotermalne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



Slika 12. Temperature na dubini od 1.000 m



Slika 13. Temperature na dubini od 2.000 m



Uz srednje vrijednosti geotermalnog gradijenta na području Karlovačke županije, pronalazak ležišta potencijalne termalne vode, kao osnovnog geotermalnog resursa, ograničen je kompleksnim tektonskim odnosima. U najvećem dijelu Karlovačke županije prevladava krški reljef koji se odlikuje pukotinsko-kavernoznom poroznošću koja je pogodna za otjecanje vode s tog prostora. Unutar karbonatnih stijena dinamika vode je vrlo složena i odvija se u dubokom krškom podzemlju. 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. Punjenje i pražnjenje krškog vodonosnika ovisi o klimatskim i meteorološkim prilikama, odnosno o količini i raspodjeli padalina u hidrološkom ciklusu.

Geotermalno ležište **Rečica** otkriveno je 1983. godine tijekom istražnog bušenja radi pronalaska ugljikovodika, u bušotini Ka-2. Ležište se nalazi oko 8 km sjeveroistočno od Karlovca. Bušotina je dosegla konačnu dubinu od 4.145 m. Temperatura vode na dubini od oko 1.500 m iznosi otprilike 140°C. Tijekom 1988. godine

izrađena je bušotina Ka-3 do dubine od 3.523 m, kojom je potvrđen geotermalni potencijal spomenutog lokaliteta. Na ušću bušotine temperatura vode je iznosila od 87-94°C s protokom od 5,5-13,8 l/s. Udaljenost između bušotina Ka-2 i Ka-3 iznosi približno 3 km. Iz ležišta se planira proizvodnja električne energije, a voda bi se nakon korištenja, pri temperaturi od oko 40°C, vraćala u ležište. Predviđeno je da bušotina Ka-3 bude proizvodna, a bušotina Ka-2 utisna. Subtermalna voda pronađena je u **Lasinjskoj kiselici** gdje glavne vodonosnike predstavljaju zdrobljene vulkanske stijene. Temperatura vode je oko 15°C i danas se ne upotrebljava.

Uz duboke izvore geotermalne energije u Karlovačkoj županiji postoji i mogućnost korištenja geotermalne energije putem dizalica topline koje su pogodne za niskotemperaturne 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.

## 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 energetske stajališta, interesantniji vodotoci (sa specifičnom snagom većom od 50 kW/km), a u drugoj skupini su vodotoci sa skromnijim mogućnostima energetske korištenja. Za vodotoke iz navedene energetske izdašnije grupe izvršene su detaljnije analize i definirani potezi korištenja što je rezultiralo procjenom neto energetske potencijala, dok su za skupinu energetske manje izdašnih vodotoka analize završene nakon procjene bruto energetske 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 strojarnicom 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, strojarnica, 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 energetske 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 definiranju potencijala za male hidroelektrane pokretanjem Nacionalnog energetske 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>.

<sup>15</sup> Katastar malih hidroelektrana Hrvatskoj-I. Faza, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1989.

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

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

### 5.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL HIDROENERGIJE

Uvažavajući prethodno navedeno, na području Karlovačke županije detektiran je određeni energetske potencijal unutar skupine energetske 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 energetske potencijal. Ovdje je potrebno naglasiti da se neki vodotoci dijelom nalaze i u susjednim županijama, a s obzirom na

nedostupnost odgovarajućih podloga temeljem kojih bi se moglo razgraničiti potencijal između Karlovačke i tih drugih županija za određeni vodotok, nije bilo moguće odrediti koliki je dio tog potencijala prostorno lociran na području Karlovačke županije. Iz tog razloga je podatke o instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji za takve vodotoke, kao i o ukupnoj instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji potrebno uzeti s rezervom.

Tablica 8. Neto energetske potencijal za vodotoke s definiranim potezima korištenja na području Karlovačke županije

Redni broj	Ime vodotoka	Ukupni broj poteza korištenja na vodotoku	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)	Primjedba
1.	Dretulja	10	466	2,57	
2.	Glinica	12	1.734	6,04	*Dijelom u Sisačko-moslavačkoj županiji
3.	Gornja Dobra	38	6.139	19,44	*Dijelom u Primorsko-goranskoj županiji
4.	Korana Gornja	39	8.455	32,64	*Dijelom u Ličko-senjskoj županiji
5.	Kupčina	16	1.041	4,13	*Dijelom u Zagrebačkoj županiji
6.	Lička Jasenica	5	569	2,17	
7.	Slušnica (Slunjičica)	7	1.945	7,6	
8.	Tounjčica	22	3.200	9,14	
9.	Vitunjičica	6	1.258	3,68	
	<b>UKUPNO</b>	<b>155</b>	<b>24.807</b>	<b>87,41</b>	*Dijelom u drugim županijama

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 energetske programa izgradnje malih hidroelektrana (Program MAHE). Na području Karlovačke županije izdvojeno je nekoliko takvih vodotoka, a rezultati obrada (tehnički iskoristivi potencijal) predstavljeni su u tablici 9.

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

Redni broj	Ime vodotoka	Potez korištenja	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (MWh)
1.	Čučkov jarak	1	190	1.157,40
2.	Kupčina	7	37	246,30
3.	Vitunjičica	1	56	276,60
4.	Vitunjičica	2	56	271,60
5.	Vitunjičica	3	62	306,40
	<b>UKUPNO</b>		<b>401</b>	<b>2.258,30</b>

Vidljivo je da je na nekim vodotocima 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. Dakle, od devet promatranih vodotoka, za šest vodotoka postoji grublja procjena na razini vodotoka, a za tri vodotoka postoji 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 energetske 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.

<sup>15</sup> Katastar malih vodnih snaga u Hrvatskoj, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1985.

<sup>16</sup> 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 energetskeg korištenja), na području

Karlovačke županije detektiran je energetski potencijal koji je prikazan u tablici 10. Ovdje je potrebno naglasiti da se nekoliko vodotoka dijelom nalazi i u Sisačko-moslavačkoj županiji, a s obzirom na nedostupnost odgovarajućih podloga temeljem kojih bi se moglo razgraničiti potencijal između Karlovačke i Sisačko-moslavačke županije za određeni vodotok, nije bilo moguće odrediti koliki je dio tog potencijala prostorno lociran na području Karlovačke županije. Iz tog razloga je podatke o instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji za takve vodotoke, kao i o ukupnoj instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji potrebno uzeti s rezervom.

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

Redni broj	Ime vodotoka	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)	Primjedba
1.	Globornica Donja	402	3,52	
2.	Radonja	570	4,99	
3.	Glina	1.135	9,94	*Dijelom u Sisačko-moslavačkoj županiji
4.	Velika Trepča	426	3,73	*Dijelom u Sisačko-moslavačkoj županiji
5.	Velika Utinja	250	2,19	
	<b>UKUPNO</b>	<b>2.783</b>	<b>24,37</b>	*Dijelom u Sisačko-moslavačkoj županiji

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 pojedinač-

nog projektantskog pristupa<sup>20</sup>) mogu pronaći podaci o potencijalnim projektima u Republici Hrvatskoj s instaliranom snagom do 10 MW, što je za područje Karlovačke županije prikazano u tablici 11.

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

Tablica 11. Projekti malih hidroelektrana (tehnički iskoristivi potencijal) s instaliranom snagom do 10 MW na području Karlovačke županije

Redni broj	Ime vodotoka	Poteza korištenja	Instalirana snaga (MW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)
1.	Dobra	Toplice	5,00	10,9
2.	Dobra	Globornica	4,70	18,2
3.	Dobra	Jarče Polje	6,30	24
4.	Dobra	Majur	2,20	10,9
5.	Dobra	Polaki	2,00	10,5
6.	Mrežnica	Jančić	3,40	9,6
7.	Mrežnica	Zvečaj	7,70	27
8.	Korana	Ljeskovac	4,40	11,3
9.	Korana	Slunj	6,50	17
10.	Korana	Primišje	9,60	28,1
11.	Korana	Barilović	5,00	20,9
12.	Kupa	Otok	9,90	29,3
13.	Kupa	Božakovo	9,10	32
14.	Kupa	Ilovac	5,40	22,5
15.	Kupa	Brodarci	10,00	50,5
	<b>UKUPNO</b>		<b>91,20</b>	<b>322,70</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.

## 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 direktnoj je ovisnosti o energetskom izvoru, odabranoj tehnologiji za proizvodnju energije te propisanim prostorno-planskim uvjetima.

U skladu s postojećim prirodnim potencijalom u Karlovačkoj županiji se ističe energetski potencijal biomase, primarno iz sektora šumarstva i drvne industrije. Za održivo korištenje ostalih obnovljivih izvora primjerena su mala/mikro postrojenja.

U cilju ostvarenja projekata bioenergana/toplana preporuča se provesti detaljnu analizu tržišta raspoloživog drva i ostataka iz drvo-prerađivačke industrije i razmotriti postojeće planove sudionika na tržištu, kako bi se utvrdio ostvarivi energetski potencijal i identificirali potencijalni projekti. Pri tome bi posebnu pažnju trebalo posvetiti vlasnicima privatnih šuma te ukoliko je potrebno, definirati i provesti mjere kojima bi se potaknulo njihovo uključivanje u lanac proizvodnje energije iz biomase, tj. mobilizirali prirodni drveni resursi. Na temelju detaljnih prostornih analiza, a s obzirom na postojeću infrastrukturu i energetske potrebe na lokalnoj razini, preporuča se uvrštavanje energetskih postrojenja na biomasu u prostorno-plansku dokumentaciju na županijskoj i lokalnoj razini.

Iako smještena u rubnom području južnog dijela Panonskog bazena, Karlovačka županija ima značajan potencijal geotermalne energije. Temperature geotermalnih voda iz prirodnih izvora odnosno bušotina ukazuju na mogućnost njihova korištenja u proizvodnji električne i toplinske energije za različite primjene kao što su grijanje i hlađenje prostora, industrijski procesi (sušare voća, povrća, ribe, drveta, papira, vune, destilacija vode, pasterizacija mlijeka), proizvodnja iz plastenika, balneologija, grijanje ribnjaka i proizvodnja vode za piće.

Dosad provedena istraživanja ukazuju na relativno veliki potencijal za izgradnju malih hidroelektrana u Karlovačkoj 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)