






# 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>5</b>
2.1. OPĆE ZNAČAJKE	5
2.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE SUNCA	6
<b>3. ENERGIJA BIOMASE</b> 	<b>9</b>
3.1. OPĆE ZNAČAJKE	9
3.1.1. OPĆE ZNAČAJKE ENERGIJE BIOMASE	9
3.1.2. KARAKTERISTIKE ŽUPANIJE VAŽNE ZA PROIZVODNJU ENERGIJE IZ BIOMASE	9
3.2. PROCJENA ENERGETSKOG POTENCIJALA	10
3.2.1. BIOMASA IZ POLJOPRIVREDE	10
3.2.2. BIOMASA IZ ŠUMARSTVA	12
3.2.3. BIOMASA IZ OTPADA	14
<b>4. GEOTERMALNA ENERGIJA</b> 	<b>15</b>
4.1. OPĆE ZNAČAJKE	15
4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL	17
<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 Zagrebačkoj 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 Zagrebačkoj 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

Zagrebačka županija se nalazi u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Obrubljuje Grad Zagreb sa zapadne, južne i istočne strane pa se često naziva "zagrebačkim prstenom". Sastoji se od nekoliko zemljopisno različitih cjelina: Marijagoričko pobrđe i Žumberak na zapadu, nisko Turopolje i Pokuplje na jugu te nizinski krajevi na istoku. Površina Zagrebačke županije iznosi 3.078 km<sup>2</sup>, a u njoj ukupno živi 327.039<sup>1</sup> stanovnika. Od važnijih gradskih središta ističu se Velika Gorica, Samobor, Zaprešić i Dugo Selo.

Na zapadu prevladavaju brežuljkasti i gorski krajevi, a na jugu i istoku nizine. Najviši su dijelovi Žumberačka gora i Samoborsko gorje na jugozapadu i rubni dijelovi Medvednice na sjeveru. Na jugu niske Vukomeričke gorice razdvajaju nisko Turopolje od donjeg Pokuplja. Najveće ravnice pružaju se na istoku u porječju rijeke Lonje.

Tla su srednje kakvoće. Uz rijeke i u vlažnijim nizinama prevladavaju aluvijalna i močvarna glejna tla, na ocjeditim ravničarskim dijelovima pseudoglejna tla, a u brdskim predjelima smeđa kisela i lesivirana tla.

Sava je najveća rijeka, a njezinom porječju pripadaju sve ostale rijeke (Kupa, Lonja, Krapina, Sutla, Odra i dr.). U jastrebarskom kraju i Pokuplju ima nekoliko ribnjaka. Crna Mlaka dijelom je pretvorena u ribnjak, a dijelom je očuvana kao močvara i ptičji rezervat. U Županiji ima nekoliko jezera koja su nastala vađenjem šljunka (pokraj Velike Gorice i Zaprešića).

U Zagrebačkoj županiji klima je umjereno kontinentalna s toplim ljetima i umjereno hladnim zimama te povremeno sa snježnim padalinama. Najviše padalina ima u kasno proljeće, rano ljeto i jesen, a najmanje u zimi i u rano proljeće. Nema izrazito sušnih niti vlažnih razdoblja, a godišnja količina padalina smanjuje se od zapada prema istoku.

Najviše očuvanih šuma ima u gorskim krajevima te niskim i slabo naseljenim naplavinim dijelovima Pokuplja. U vlažnim nizinama prevladava hrast lužnjak, na ocjeditim dijelovima i prigorjima hrast kitnjak, a u brdskim krajevima bukva, mjestimično s jelom.

Specifičan geografski položaj, uz samu granicu sa Slovenijom te u neposrednoj blizini Zagreba, ovu regiju čini važnim raskrižjem europskih prometnih putova i značajnim tranzitnim područjem.

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

# 1. ENERGIJA VJETRA



## 1.1. OPĆE ZNAČAJKE

Na značajke vjetrova koji pušu u Zagrebačkoj županiji u najvećoj mjeri utječu prolasci fronti ili ciklona u proljeće ili ljeto. U ovom razdoblju godine ponekad se javljaju kratkotrajni i olujni vjetrovi koji znaju nanijeti štetu na objektima i poljoprivrednim kulturama. Općenito, vjetrovi koji pušu na kopnu nemaju neki poseban naziv, nego se uglavnom nazivaju prema smjeru iz kojeg dolaze.

Za kopneni dio Hrvatske pa tako i za Zagrebačku županiju karakterističan je sjeveroistočni vjetar koji puše sa sjeveroistoka, najčešće u zimskom dijelu godine te donosi vedro i hladno vrijeme. Intenzitet vjetrova je jači zimi nego ljeti, međutim u Zagrebačkoj županiji na godišnjoj razini s energetskeg stanovišta nema posebno istaknutih vjetrova koji bi se mogli značajnije iskoristiti za proizvodnju električne energije.

## 1.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE VJETRA

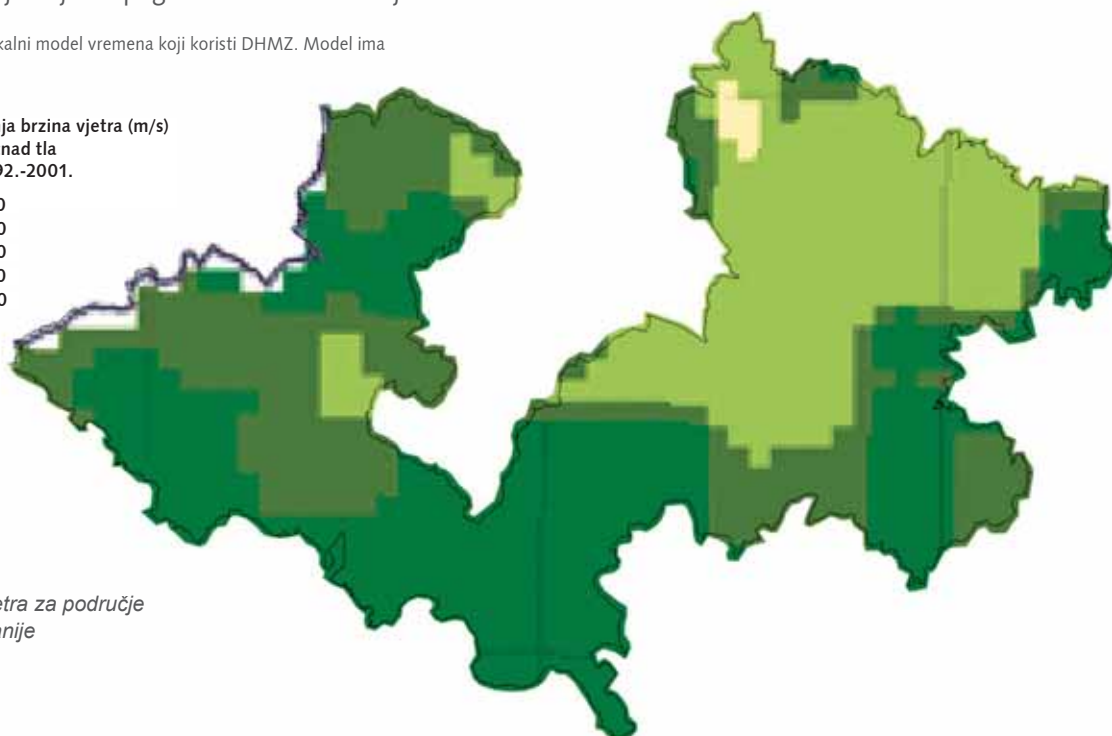
Raspoloživi prirodni potencijal energija vjetra u Zagrebačkoj županiji, prema dostupnim podacima, nije znatan. Najbolji potencijal energije vjetra u Zagrebačkoj županiji (slika 1.) može se očekivati u njezinom istočnom, odnosno sjevernom dijelu. Prema dostupnoj karti vjetra na 10 m iznad razine tla, najvjetrovitija su područja na istočnim obroncima Medvednice. Karta vjetra je dobivena korištenjem modela ALADIN/HR<sup>2</sup>. Za iskorištavanje energije vjetra najpovoljnija je snaga koju nose stalni i umjereni vjetrovi. Prema raspoloživim podlogama, u Zagrebačkoj županiji se s energetskeg stanovišta može očekivati mali potencijal energije vjetra, sa srednjim godišnjim brzinama koje ne prelaze 3,5 m/s što nije dovoljno za pokretanje vjetragregata u radu na nazivnoj snazi. 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. Preliminarno raspoloživi tehnički potencijal u Zagrebačkoj županiji procijenjen je na 50-ak MW, uz zadovoljenje nužnih tehničkih uvjeta. Prikazana karta vjetra dobivena je modelski. U Zagrebačkoj županiji na izloženim brdskim vrhovima i čistinama vjerojatno postoje lokacije na kojima bi bilo opravdano, sa stajališta raspoloživog resursa, koristiti energiju vjetra. Utvrđivanje potencijalnih lokacija zahtijevalo bi temeljito istraživanje što u ovom trenutku nije napravljeno. Preciznije informacije o potencijalu energije vjetra mogle bi se dobiti mjerenjima ili modelski na višim razinama iznad razine tla.

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

Srednja godišnja brzina vjetra (m/s)  
Visina: 10 m iznad tla  
Razdoblje: 1992.-2001.

1.00-2.00
2.00-2.50
2.50-3.00
3.00-3.50
3.50-4.00



Slika 1. Karta vjetra za područje Zagrebačke 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 dopiye 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 dopiyeva 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 sijanja 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.

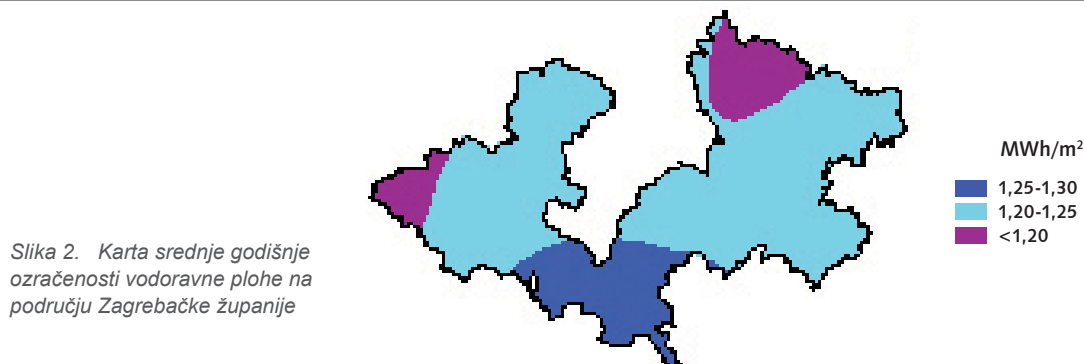
## 2.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE SUNCA

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. Zagrebačka županija nalazi se u kontinentalnom dijelu Hrvatske koji obilježava relativno stalna razdioba potencijala Sunčevog zračenja. Ova županija obuhvaća relativno široko područje s različitim geografskim obilježjima. Srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe na njezinom najvećem području kreće se između 1,20 MWh/m<sup>2</sup> i 1,25 MWh/m<sup>2</sup>, za područje Žumberka i Zeline pada ispod 1,20 Wh/m<sup>2</sup>,

a u najjužnijem dijelu Županije (Turopolje) je poviše 1,25 MWh/m<sup>2</sup>. Na slici 2. prikazana je prostorna raspodjela srednje godišnje ozračenosti na području Zagrebačke županije. Detaljni podaci o Sunčevom zračenju na području Zagrebačke županije dostupni su za mjernu postaju Jastrebarsko. Također, budući da je sam grad Zagreb, na čijem se području nalaze tri mjerne postaje (Zagreb-Grič, Zagreb-Maksimir i Puntijarka) praktički okružen područjem Zagrebačke županije, podaci s tih stanica mogu se smatrati reprezentativnima za područje Zagrebačke županije. 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 Jastrebarsko i Zagreb-Maksimir, kao tipične predstavnike područja Županije.

Tablica 1. Srednje dnevne ozračenosti vodoravne plohe po mjesecima (kWh/m<sup>2</sup>)

Lokacija	Jastrebarsko			Zagreb-Maksimir		
	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Ukupno	Raspršeno	Izravno
Siječanj	0,99	0,70	0,29	0,99	0,70	0,30
Veljača	1,66	1,07	0,59	1,75	1,08	0,67
Ožujak	3,12	1,67	1,45	3,17	1,66	1,51
Travanj	4,47	2,17	2,29	4,44	2,17	2,26
Svibanj	5,68	2,59	3,09	5,50	2,62	2,89
Lipanj	6,11	2,75	3,37	5,95	2,78	3,18
Srpanj	6,46	2,52	3,94	6,27	2,57	3,70
Kolovoz	5,12	2,34	2,78	5,18	2,33	2,85
Rujan	3,95	1,76	2,19	4,05	1,74	2,31
Listopad	2,40	1,29	1,11	2,40	1,28	1,12
Studen	1,19	0,81	0,38	1,19	0,80	0,39
Prosinac	0,71	0,55	0,16	0,74	0,56	0,18
Uk.god. (MWh/m <sup>2</sup> )	1,28	0,62	0,66	1,27	0,62	0,65



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

Lokacija	Jastrebarsko				Zagreb-Maksimir			
	24°				25°			
Optimalni kut	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Odbijeno	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Odbijeno
Mjesec								
Siječanj	1,29	0,67	0,61	0,01	1,32	0,66	0,64	0,01
Veljača	2,05	1,03	1,01	0,01	2,22	1,03	1,17	0,02
Ožujak	3,61	1,59	1,99	0,03	3,70	1,58	2,09	0,03
Travanj	4,74	2,08	2,62	0,04	4,70	2,07	2,59	0,04
Svibanj	5,65	2,48	3,12	0,05	5,46	2,49	2,91	0,05
Lipanj	5,90	2,63	3,22	0,05	5,73	2,65	3,03	0,06
Srpanj	6,33	2,41	3,86	0,06	6,12	2,45	3,61	0,06
Kolovoz	5,29	2,24	3,00	0,04	5,36	2,22	3,09	0,05
Rujan	4,50	1,68	2,79	0,03	4,66	1,66	2,96	0,04
Listopad	2,99	1,23	1,74	0,02	3,01	1,22	1,77	0,02
Studen	1,53	0,77	0,75	0,01	1,55	0,77	0,78	0,01
Prosinac	0,90	0,53	0,37	0,01	0,96	0,54	0,42	0,01
Uk.god. (MWh/m <sup>2</sup> )	<b>1,37</b>	<b>0,59</b>	<b>0,77</b>	<b>0,01</b>	<b>1,37</b>	<b>0,59</b>	<b>0,76</b>	<b>0,01</b>

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 Zagrebačke županije, može zadovoljiti do 70% energetske potreba za zagrijavanje potrošne tople vode u slučaju kućanstva od četiri člana. Na slici 5. prikazana je procjena pokrivanja energetske 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

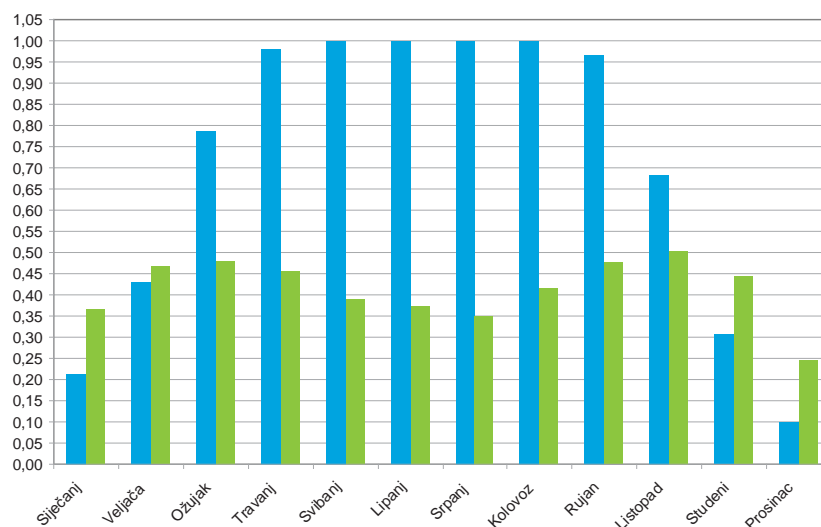


Slika 4. Primjer korištenja Sunčeve energije: sunčani toplinski kolektori



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 Jastrebarskog može proizvesti oko 10.100 kWh električne energije godišnje (tablica 3.).

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

Mjesec	Generirana električna energija u FN modulima (kWh)	Električna energija isporučena u mrežu (kWh)
Siječanj	419	396
Veljača	612	584
Ožujak	848	810
Travanj	1.032	988
Svibanj	1.231	1.179
Lipanj	1.201	1.149
Srpanj	1.326	1.270
Kolovoz	1.294	1.240
Rujan	1.081	1.037
Listopad	764	729
Studeni	469	445
Prosinac	295	274
<b>Ukupno</b>	<b>10.572</b>	<b>10.101</b>

Proizvodnost fotonaponskog sustava je količina električne energije koju može proizvesti sustav jedinične snage. Za Jastrebarsko bi ona iznosila oko 1.010 kWh/kW godišnje. Slična proizvodnost može se očekivati i na cjelokupnom području Zagrebačke županije, uz nešto manju proizvodnost na sjeveru te nešto veću na jugu županije.



## 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.

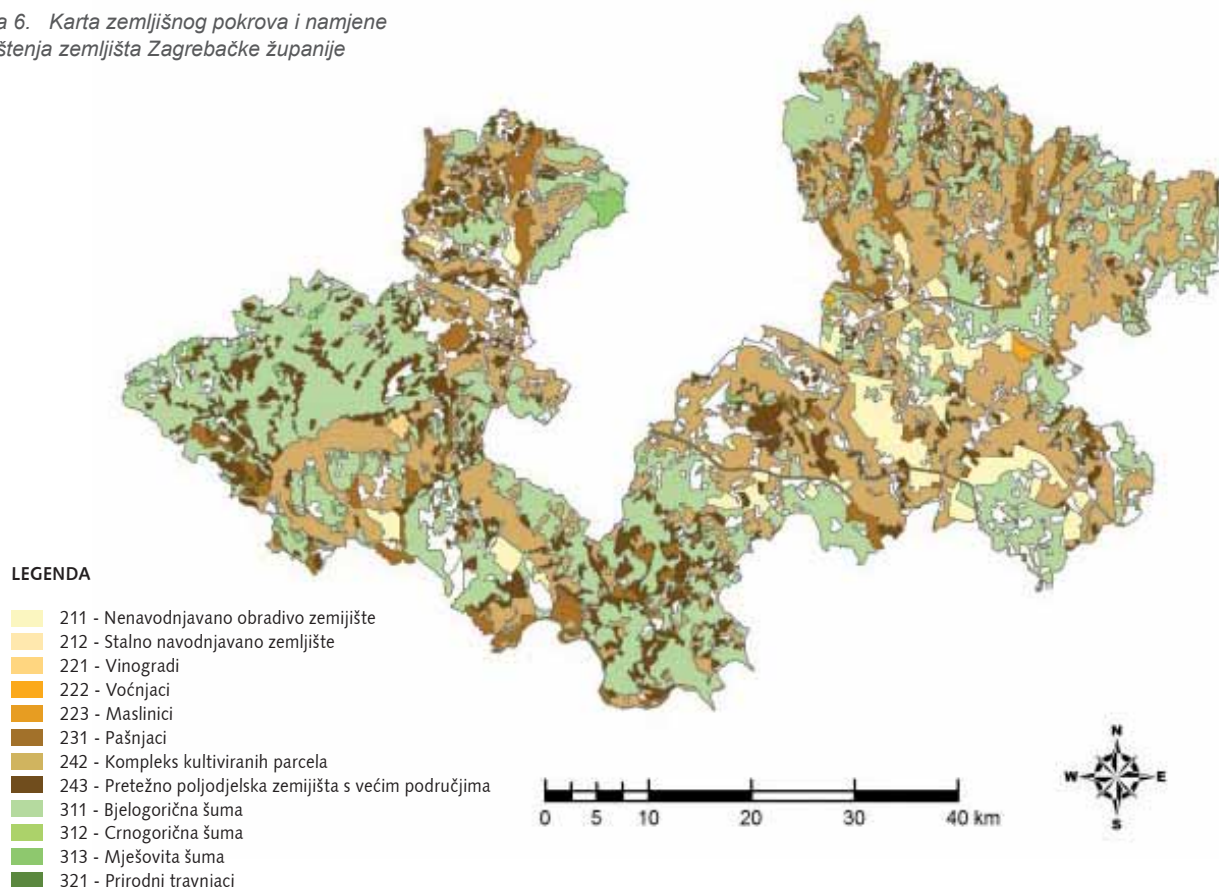
Sa stajališta konačnog proizvoda - energije, iz biomase je moguće proizvesti toplinsku i električnu energiju te goriva za prijevoz. U ovoj studiji prikazani su potencijali poljoprivredne biomase (ratarstvo i stočarstvo), šumske biomase (gospodarenje šumama) te potencijali biorazgradivog dijela komunalnog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

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

Prema *Prostornom planu Zagrebačke županije* iz 2002. godine, ukupne poljoprivredne površine zauzimaju oko 172.548 ha Županije. Podaci iz digitalne baze podataka CORINE Land Cover Hrvatska se razlikuju te prema njima poljoprivredne površine Županije zauzimaju

169.689 ha. Na slici 6. je prikazana karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Zagrebačke županije. Zagrebačka županija je po poljoprivrednim resursima jedna od najbogatijih hrvatskih županija te se u njoj stvara desetina vrijednosti hrvatske poljoprivrede.

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



Od ukupnih poljoprivrednih površina 88% je u posjedu obiteljskih gospodarstava, koja su po proizvodnim kapacitetima vrlo mala, što predstavlja temeljni problem suvremenoga gospodarenja. Šume, uz poljoprivredne i vodne resurse, predstavljaju temeljnu ekološku vrijednost na prostoru Zagrebačke županije. Zauzimaju ukupno 105.762 ha (100.355 ha prema CORINE) od čega je 57% šuma u državnom, a 43% u privatnom vlasništvu. U nizinskom pojasu dolaze šume hrasta lužnjaka koje se svrstavaju u najugroženije i najvrednije

šume Zagrebačke županije. U brežuljkastim predjelima nalazimo šume hrasta kitnjaka s drugim pomoćnim šumskim vrstama (grab, obična bukva i dr.), dok su za gorski pojas karakteristične šume jele i bukve. Šume imaju veliku gospodarsku vrijednost zbog drvnih zaliha, kao i zbog svojih drugih funkcija od kojih je za ovo područje od posebne važnosti protuemisijska, zbog blizine velikog grada. Propadanje šuma je u porastu, a najveći postotak oštećenja u Zagrebačkoj županiji evidentiran je na stablima hrasta lužnjaka (33-55%).

## 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 bioetanola (kukuruz, šećerna repa) na raspoloživim poljoprivrednim površinama.

#### 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 vodenu paru, kisik, dušik, amonijak, vodik te sumporovodik. Energetska vrijednost bioplina ovisi o udjelu metana čija gornja ogrjevna

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 razmjeran 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 se 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.

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.

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 ( $CH_4$ ) po jedinici organske suhe tvari u svježoj sirovini [ $m^3/t$  oST]

**k=10** - energetska vrijednost metana [kWh/ $Nm^3$ ]

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 različni farmi, agrotehničkim mjerama u ratarstvu te učinkovitosti postrojenja za proizvodnju korisne energije.

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

Sirovina	Raspoloživost stajskog gnoja (t/god)*	Teoretski energetska potencijal (MWh/god)	Teoretski energetska potencijal (TJ/god)
<b>Proizvodnja bioplina u monodigestiji</b>			
Goveđi stajski gnoj	304.281	167.355	603
Svinjski stajski gnoj	156.159	26.016	94
Gnoj peradi	24.296	24.053	87
Sirovina	Površina potrebna za uzgoj kukuruzne silaže (ha)	Teoretski energetska potencijal (MWh/god)	Teoretski energetska potencijal (TJ/god)
<b>Proizvodnja bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom (maseni udio silaže 30%)</b>			
Goveđi stajski gnoj + silaža	3.879	302.560	1.089
Svinjski stajski gnoj + silaža	1.991	95.404	344
Gnoj peradi + silaža	310	34.849	126

\*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 783 TJ u slučaju proizvodnje u monodigestiji. Kada bi se ista količina stajskog gnoja koristila za proizvodnju bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom, energetska vrijednost bioplina bi iznosila oko 1.558 TJ/god. U ovom slučaju bilo bi potrebno angažirati 6.180 ha poljoprivrednog zemljišta za proizvodnju kukuruzne silaže. Uzmemo li u obzir postojeću praksu u poljoprivredi, uz pretpostavku okrupnjavanja stočarske proizvodnje te sukladno *Strategiji energetskega razvoja Republike Hrvatske*<sup>3</sup> može

se procijeniti da bi se oko 20% teoretskog potencijala moglo iskoristiti za proizvodnju obnovljive energije. Kao što je vidljivo iz tablice, Zagrebačka županija raspolaže sa znatnim količinama sirovine (stajskog gnoja) za proizvodnju bioplina, što je uvjetovano postojanjem značajnog stočnog fonda. Aktivacijom dostatnih površina za proizvodnju kukuruzne silaže, proizvodnja bioplina iz stajskog gnoja u kodigestiji s kukuruznom silažom predstavljala bi povoljan scenarij u slučaju da nije moguće koristiti otpadne sirovine, na primjer ostatke iz prehrambene industrije, klaonički otpad i sl.

## 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 uljaraica 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

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 energetske potencijal za svaku kulturu (tablica 5.).

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

Sirovina	Masa sirovine (t/god)*	Količina biogoriva (t/god)	Energetska vrijednost (GJ/t)	Teoretski energetske potencijal (TJ/god)
<b>Bioetanol</b>				
Kukuruz (s.v)**	578.062	228.450	27	4.696
Šećerna repa	3.606.624	279.582	27	7.549
<b>Biodizel</b>				
Uljana repica	216.397	88.325	37	3.268
Soja	214.394	40.605	37	1.502

\* 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 i postupka mokrog mljevenja

Iz tablice 5. vidljivo je da ukoliko se 100.184 ha raspoloživog poljoprivrednog zemljišta angažira za proizvodnju jedne od navedenih kultura, mogla bi se proizvesti količina biodizela odnosno bioetanola energetske vrijednosti od 1.502 do 7.549 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 jedna kultura. U praksi, ovakav scenarij nije realan, radi plodoreda koji je obvezan u proizvodnji razmatranih kultura i zbog korištenja ovog zemljišta i za druge svrhe. Realno je za pretpostaviti da bi za proizvodnju energetskih kultura bilo

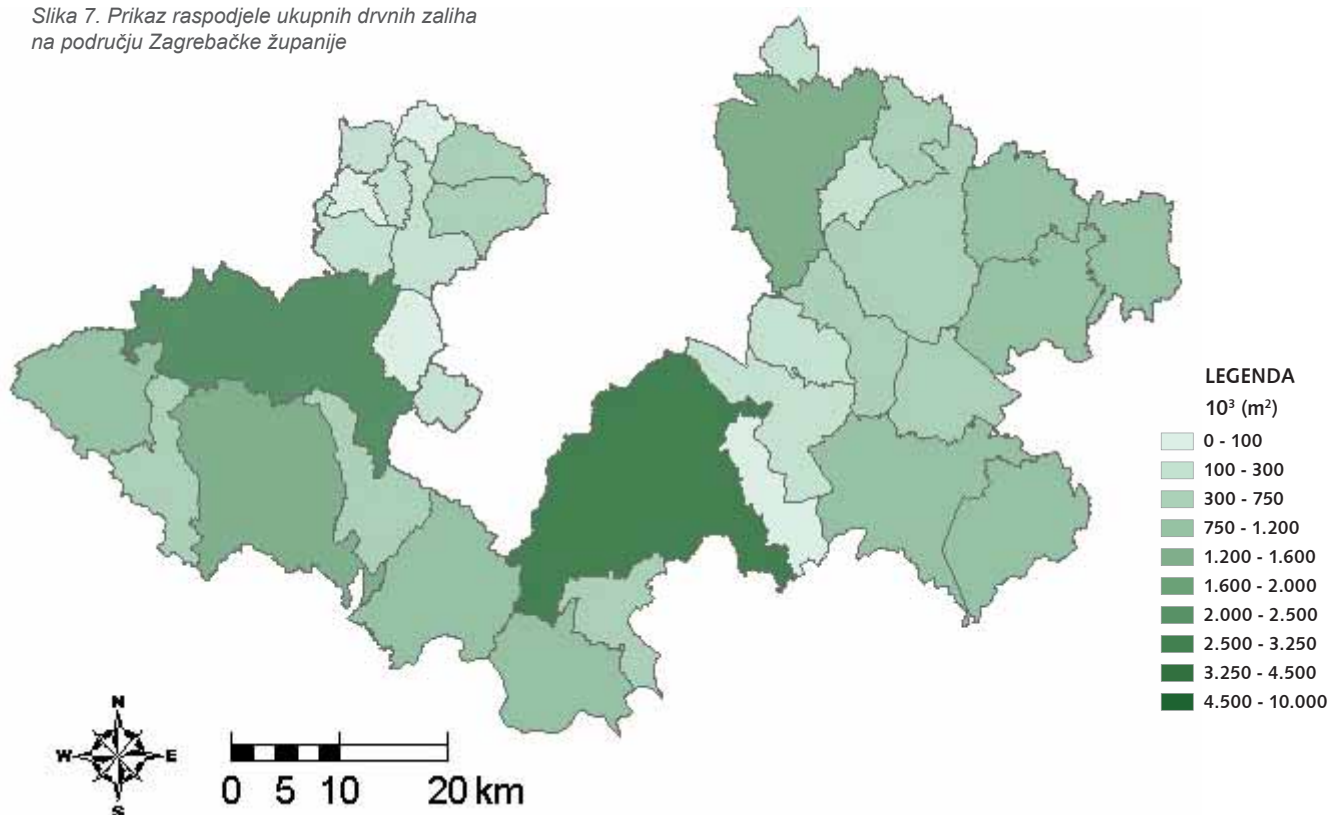
moguće angažirati oko 20% poljoprivrednog zemljišta raspoloživog za neprehrambene namjene. Iako šećerna repa ukazuje na ostvarenje najvećih energetskih potencijala, agroekološki uvjeti predstavljaju ograničavajući čimbenik za intenzivniji uzgoj šećerne repe te je teško osigurati površine za njen uzgoj. Sadašnji uzgoj šećerne repe odvija se za potrebe industrije šećera te prema postojećim tržišnim uvjetima. Pretpostavlja se daljnji uzgoj šećerne repe za te svrhe kako bi se zadovoljile potrebe domaćeg i stranog tržišta. Stoga je realnije pretpostaviti da će se za proizvodnju bioetanola koristiti kukuruz, a za proizvodnju biodizela uljana repica 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.

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



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.).

4 WISDOM - Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping

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

Tablica 6. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz drvene biomase u Zagrebačkoj 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 energetska potencijal godišnjeg etata prostornog drva (uključujući četinjače)			
				Planirana sječa		Ostvarena sječa	
		Planirana sječa	Ostvarena sječa	GWh	TJ	GWh	TJ
23.186.300	621.314	185.445	122.772	402	1.448	261	941

Kao što je vidljivo iz tablice 6. energetska potencijal prostornog drva (industrijsko i ogrjevno drvo), koji je moguće iskorištavati za energetske potrebe iznosi 1.448 TJ godišnje. U 2007. godini ostvarena sječa prostornog drva iznosila je 122.772 m<sup>3</sup> (941 TJ) što čini oko 66% planiranog godišnjeg etata. 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 industrija ploča, celuloze i papira.

Potrebno je napomenuti da energetska 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. 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 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 energetskeg potencijali dobiveni iz otpada na području Zagrebačke županije

Vrsta otpada	Raspoloživost otpada (t/god)*	Teoretski energetskeg potencijal (MWh/god)	Teoretski energetskeg potencijal (TJ/god)
Klaonički otpad	23.108	115.540	415,9**
Ostaci iz drvne industrije	7.291	34.268	123,4
Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada	32.536	21.962	79,1**

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

Kao što je vidljivo iz tablice 7. značajniji teoretski energetskeg potencijal ostvaruje klaonički otpad te ostaci iz drvne industrije. Također, energetskeg potencijal iz biorazgradive komponente komunalnog otpada nije zanemariv. 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*<sup>7</sup>, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada, na odlagališta komunalnog otpada od 2016.

godine bit 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 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.

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

## 4. GEOTERMALNA ENERGIJA



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

pada rubnom dijelu panonskog područja koje karakterizira visoka vrijednost gustoće toplinskog toka i visoki geotermalni gradijent.

### 4.1. OPĆE ZNAČAJKE

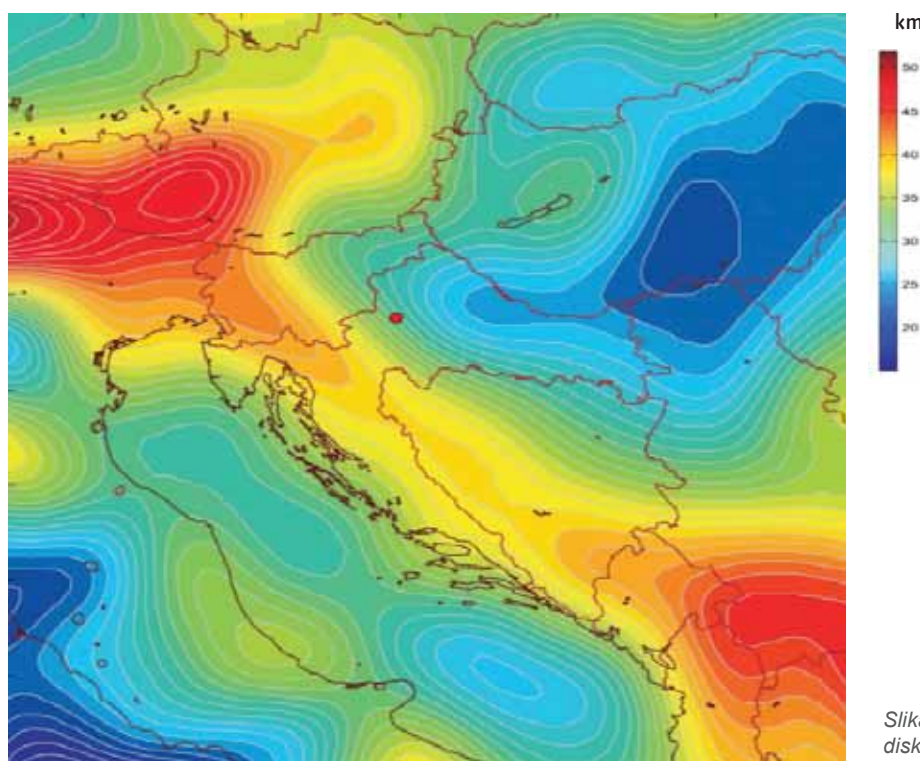
Zagrebačka županija najvećim se dijelom nalazi u području nekadašnjeg Panonskog bazena (slika 9.)<sup>8</sup>, a samo njezin jugozapadni dio, odnosno Žumberačka gora pripada unutrašnjim Dinaridima. Najstarije stijene Žumberka su kvarcni pješčenjaci mlađeg paleozoika, a najveći dio terena prekriven je trijaskim karbonatima (osobito dolomitima). Sedimenti jure su pretežno vapnenački, a stijene kredne starosti su vulkanskog i taložnog postanka. Tercijarni sedimenti su predstavljeni različitim klastičnim naslagama i lesom. Složena struktura Žumberka rezultat je jake tektonske aktivnosti s čestim promjenama u okolišu taloženja. U paleogenu se područje istočnog Žumberka izdiže, a od eocena na dalje, nakon intenzivnih tektonskih pokreta, zajedno s vulkanogeno-sedimentnim kompleksom i kristalinom Medvednice tvori jedinstveno kopno. Žumberačko-medvednička navlaka izgrađena je od sedimenata trijasa, jure i krede, koji su navučeni na autohtone stijene istočnog Žumberka i jugozapadnog dijela Medvednice. U građi jugoistočnog dijela Medvednice sudjeluju stijene starosti od paleozoika do kvartara, a istaknuta je strukturna forma horsta.

Jugoistočni obronci Žumberka i Medvednice pokriveni su miocenskim sedimentima i klastičnim naslagama pliokvartara. Predio jugoistočno od Medvednice pripada području Bjelovarske depresije, izgrađene od miocenskih i kvartarnih klastičnih naslaga, koje je rubnim rasjedom odvojeno od Savske potoline u kojoj dominiraju rasjedi dinarskog pravca pružanja. Savsku potolinu karakteriziraju aluvijalne i barske naslage te les, a južnim je potolinskim rasjedom odvojena od Vukomeričkih gorica izgrađenima od jezerskih, tzv. Paludinskih naslaga pliocenske starosti. 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 području središnje Hrvatske iznosi između 30 i 35 km (slika 8.)<sup>10</sup>. U skladu s time su i vrijednosti gustoće toplinskog toka nešto niže od onih u panonskom dijelu Hrvatske.

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

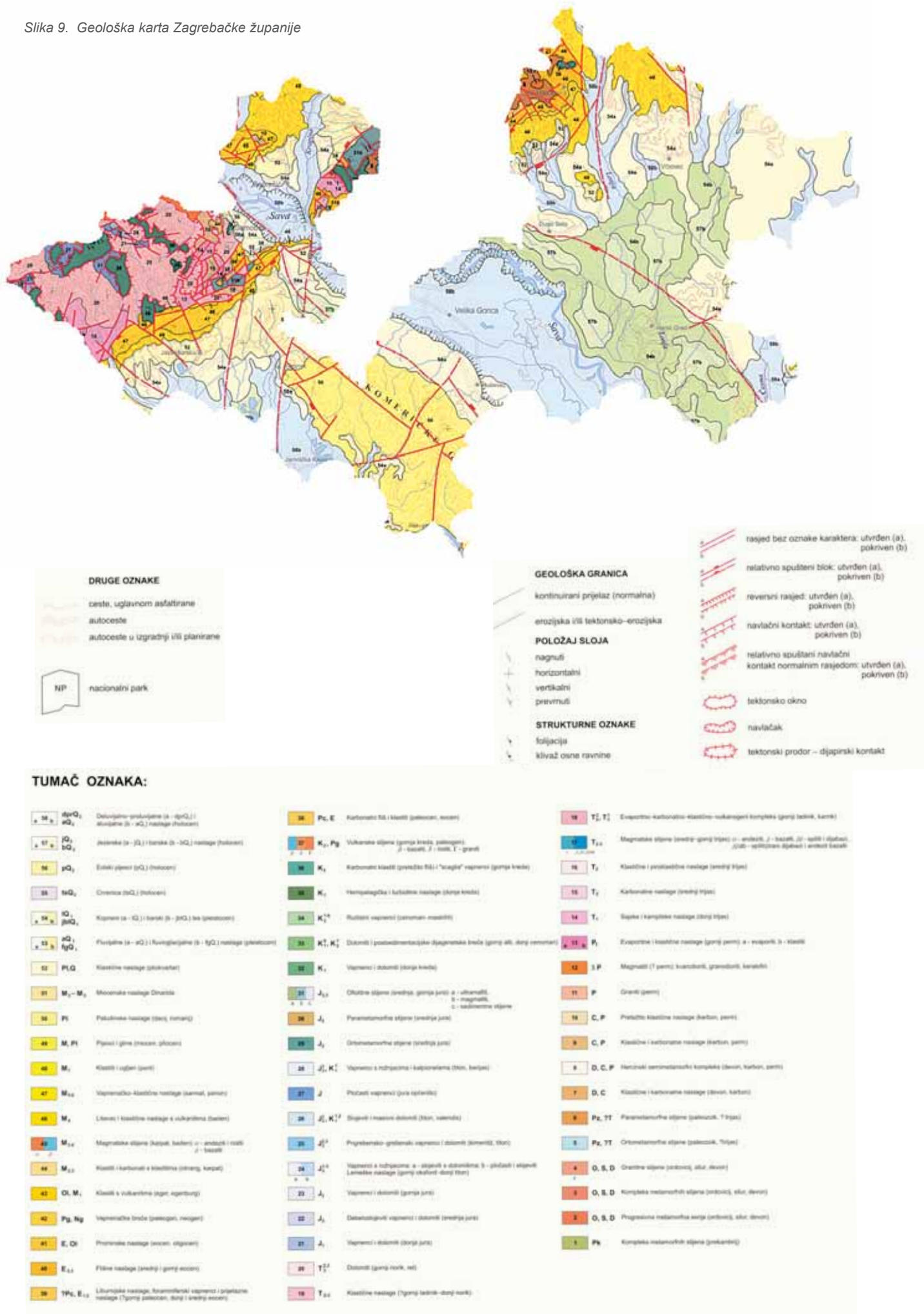
9 Kolbah, S., Škrlec, M., Kulenović, I., Šćuric, S., Golub, M.: Geothermal Water as Energetic and Mineral Source, Annual 2008 of The Croatian Academy of Engineering vol. 1, 1; 139-161, 2009.

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.



Slika 8. Karta dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u jugoistočnoj Europi

Slika 9. Geološka karta Zagrebačke županije





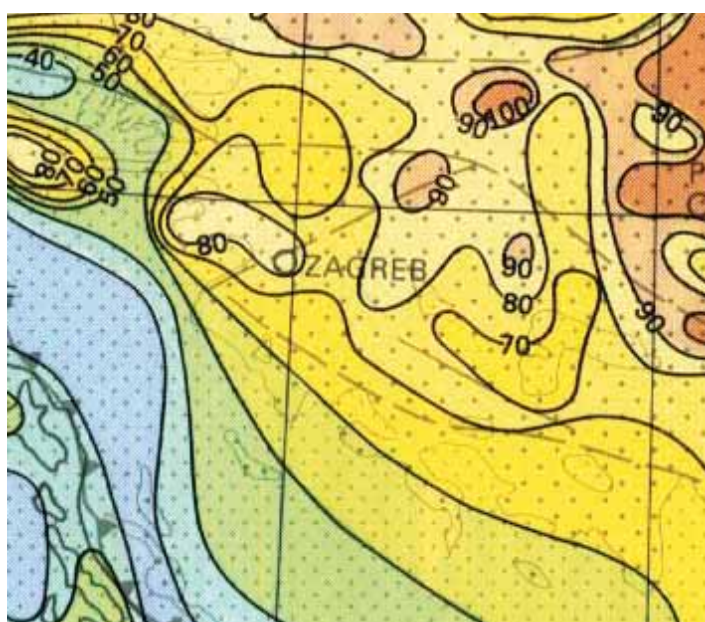
## 4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL

Na prostoru Zagrebačke županije gustoća toplinskog toka na površini ima vrijednosti od 30-80 mW/m<sup>2</sup> (slika 10.)<sup>11</sup>, odnosno njima se odražava kontakt između panonskog dijela Hrvatske s višim gustoćama toplin-

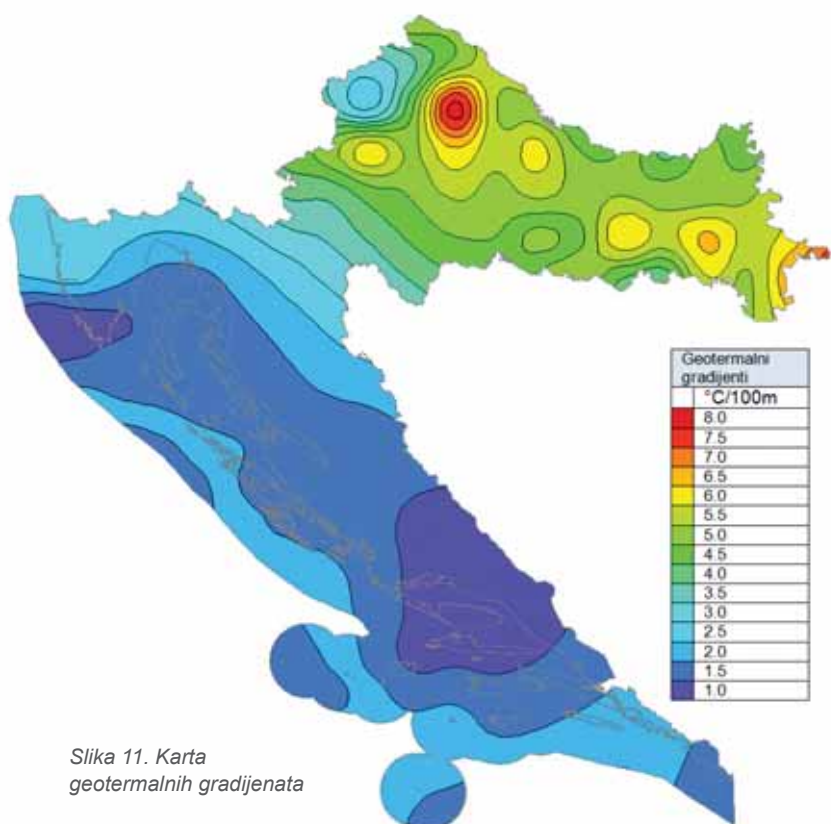
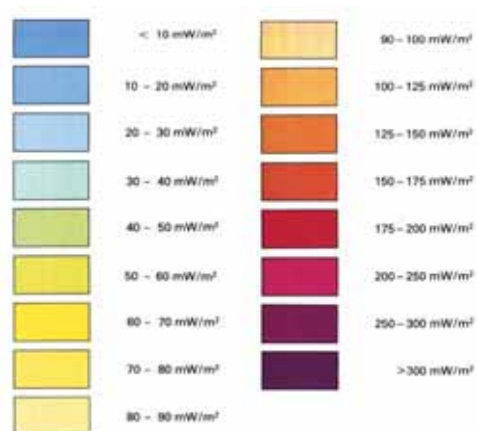
skog toka i dinarskog područja s niskim vrijednostima gustoće toplinskog toka. Na prostoru Zagrebačke županije vrijednosti geotermalnih gradijenata kreću se od 35-50°C/km (slika 11.)<sup>12</sup>.

11 Geothermal Atlas of Europe, E. Hürtig, 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>)



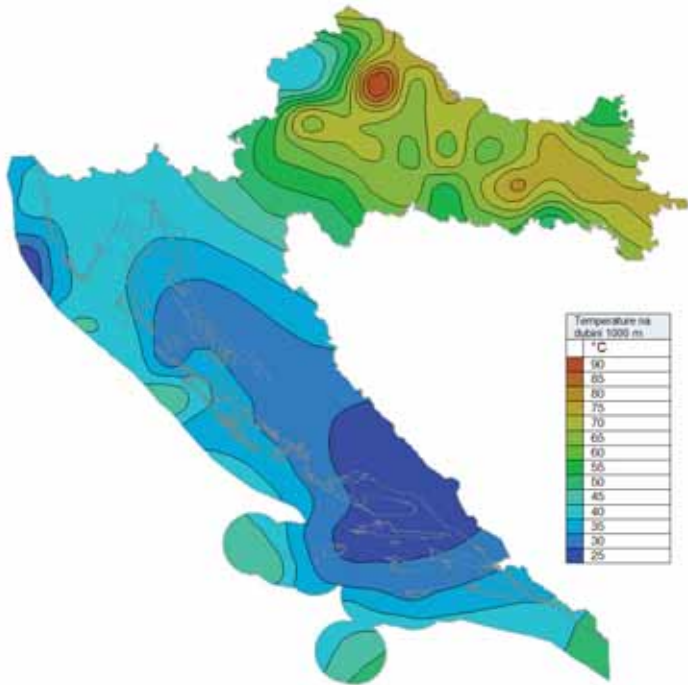
Slika 11. Karta geotermalnih gradijenata

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 70°C (slika 12.)<sup>13</sup>.

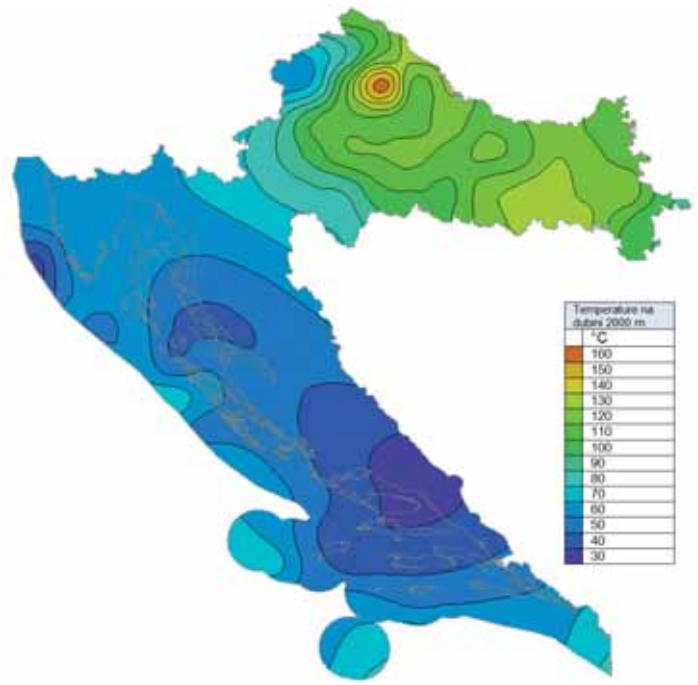
Na dubinama od 2.000 m temperature voda mogu dosegnuti i do 110°C (slika 13.)<sup>14</sup> uz određena odstupanja na lokacijama gdje se toplina uz kondukciju prenosi i konvekcijom putem cirkulacije fluida.

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



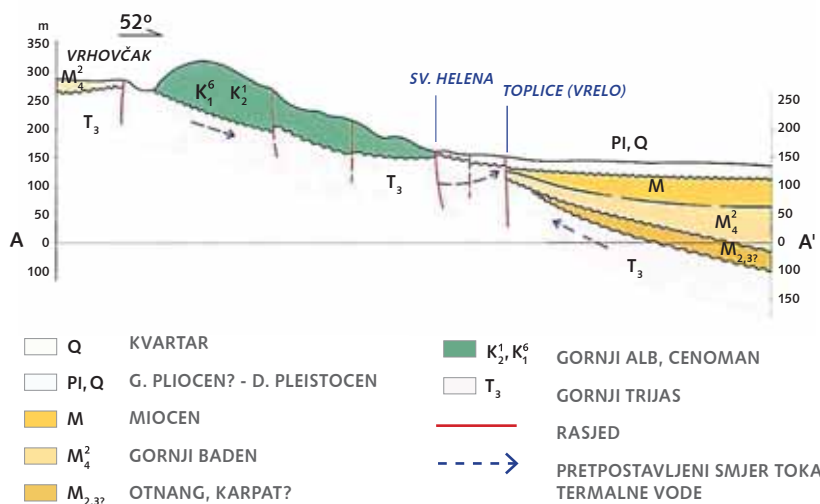
Slika 13. Temperature na dubini od 2.000 m

Termalna vrela **Sv. Helena (Šmidhen)**, s temperaturom od 18-20°C, nalaze se 1,6 km sjeverozapadno od Samobora, a pretpostavlja se da su korištena još u doba starih Rimljana. Prvi bazen na lokaciji izgrađen je još 1906. godine, no danas je izvorište zapušteno. U razdoblju 1951/52. izvedene su tri istražne bušotine u blizini prirodnih izvora radi povećanja količine vode, ali sa slabim rezultatima. Od 1959. do 1970. povremeno su provođena dodatna istraživanja kojima je dobivena voda maksimalne temperature od 29,2°C s maksimalnim tehničkim crpljenjem od 19,7 l/s. Godine 1978. izrađena je bušotina Sa-1 do dubine od 800 m te je dosegla zdobljene propusne naslage trijasa. Na dubini od 222 m temperatura vode iznosila je 24,3°C, a pri dnu na 800 m dubine 25,8°C.

Preljevna količina vode iznosila je 10 l/s, a pretpostavljeno je moguće crpljenje i do 30 l/s. Bušotina Sa-2, izvedena 1985. godine i prilikom probnog crpljenja davala je oko 20 l/s termalne vode temperature 22°C (slika 14)<sup>15</sup>.

Termalna voda je pronađena i u **Sv. Nedjelji** u bušotini Nedjelja-1, konačne dubine 1.132 m. Temperatura dobivene vode iznosi 65°C sa izdašnošću od 5,8 l/s. Vodonosni horizont se nalazi u vapnencima, brečama miocenske starosti te u mezozojskim dolomitima i dolomitnim brečama. Toplinska energija vode koristi se za grijanje staklenika, a instalirana toplinska snaga iznosi 0,669 MW<sub>t</sub>.

15 Grupa autora: Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske (Geološka monografija), Šimunić, Antun (ur.), Zagreb, Hrvatski geološki institut, 2008.



Slika 14. Geološki profil okolice Sv. Helene (Šmidhen)

Subtermalni izvor u **Sv. Ivanu Zelini**, u dolini potoka Topličica, ima temperaturu od 24,1°C. Voda je izvirala u prirodnom bazenu muljevita dna, površine 20×15 m i dubine 2 m. Na prostoru oko prirodnog bazena su 1970-tih izgrađena tri bazena. Vodonosni sloj čine klastične miocenske naslage. Bušotina Zelina-1, dubine 1.319 m izrađena je 1966. godine. Temperatura vode na ušću bušotine iznosila je 44°C, a izdašnost 5,8 l/s (slika 15)<sup>16</sup>.

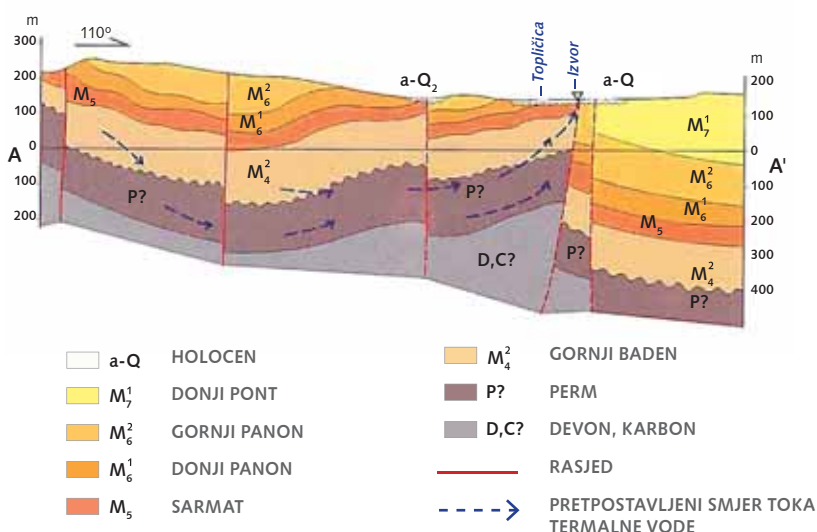
16 Grupa autora: Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske (Geološka monografija), Šimunić, Antun (ur.), Zagreb, Hrvatski geološki institut, 2008.

Termalno vrelo u naselju **Toplice**, u blizini Sv. Jane, izvire unutar betonom ozidanog bazena. Temperatura vode na izvoru iznosila je 24,6°C. U periodu od 1972. do 1978. godine provedeno je bušenje 10 istražnih bušotina, a nešto viša temperatura vode i to od 18,5,19 i 22,2°C, dobivena je u tri bušotine s malim izdašnostima od 1-4 l/s. Novi bazeni korišteni u turističko-rekreacijske svrhe izgrađeni su 1996. godine, no već se nekoliko godina ne koriste (slika 16.)<sup>17</sup>.

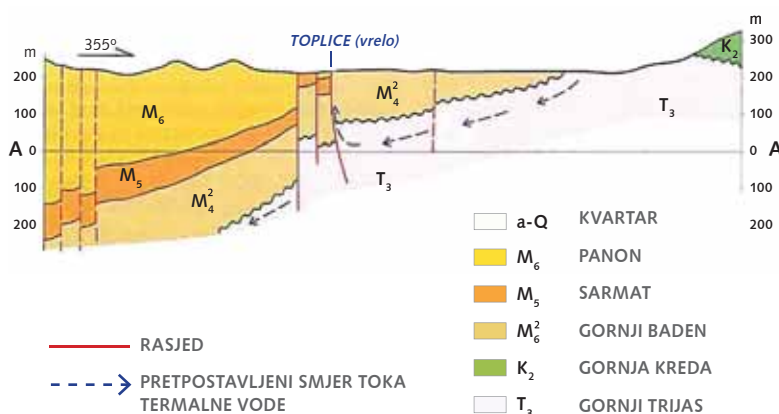
Izvor subtermalne vode u **Jamničkoj Kiselici** koristi se od početka 19. st. za piće i u balneološke svrhe, a od sredine 20. stoljeća samo za piće. U bližoj okolini izvora izbušene su brojne bušotine iz kojih se dobiva i puni stolna voda „Jamnička kiselica“. Temperatura vode je oko 15°C, a glavne vodonosnike predstavljaju zdrobljene vulkanske stijene (slika 17.)<sup>18</sup>.

U **Ivanić Gradu** je pronađena termomineralna voda pa je na lokaciji 1989. godine otvorena specijalna bolnica Naftalan za medicinski rehabilitaciju. Voda se dobiva iz dubine od 1.300 m, a njezina temperatura na ušću bušotine je 60°C. Karakterističnog je mirisa te se svrstava u naftne vode.

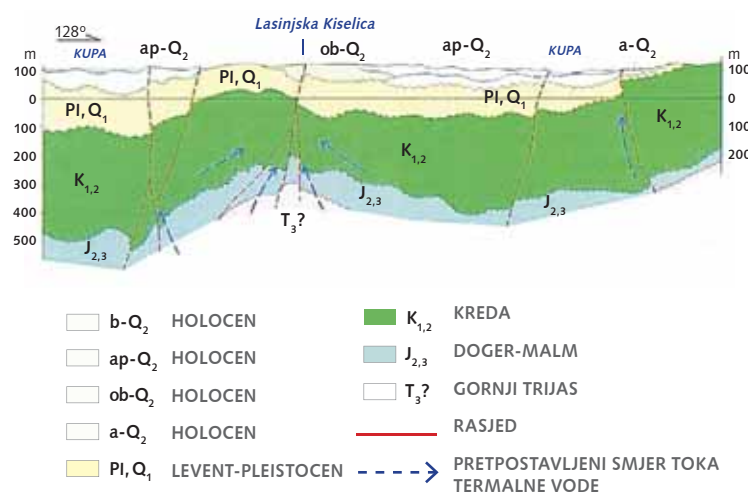
Uz duboke izvore geotermalne energije u Zagrebačkoj županiji postoji mogućnost korištenja geotermalne energije putem dizalica topline koje su pogodne za niskotemperaturne sustave grijanja i/ili hlađenja te zagrijavanja potrošne tople vode. Moguća je njihova primjena za manje i veće objekte. Dizalice 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.



Slika 15. Geološki profil okolice Sv. Ivana Zeline



Slika 16. Geološki profil okolice Toplice kod Sv. Jane



Slika 17. Geološki profil okolice Jamnice

17 Grupa autora: Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske (Geološka monografija), Šimunić, Antun (ur.), Zagreb, Hrvatski geološki institut, 2008.

18 Grupa autora: Geotermalne i mineralne vode Republike Hrvatske (Geološka monografija), Šimunić, Antun (ur.), Zagreb, Hrvatski geološki institut, 2008.

## 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>19</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 izdašnije grupe izvršene su detaljnije analize i definirani potezi korištenja što je rezultiralo procjenom neto energetskeg potencijala, dok su za skupinu energetskeg 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>20</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>21, 22</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 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>23</sup>.

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

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

21 Katastar malih hidroelektrana Hrvatskoj-I. Faza, Elektroprojekt inženjering, Zagreb, 1989.

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

23 ESHA Promotion Bulletin, <http://www.esh.a.be>, 2011.

## 5.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL HIDROENERGIJE

Uvažavajući prethodno navedeno, na području Zagrebačke županije detektiran je određeni energetska potencijal unutar skupine energetskih izdašnjih 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 energetska potencijal. Ovdje je potrebno naglasiti da se dio vodotoka Kupčina nalazi i u susjednoj Karlovačkoj županiji, a s obzirom na nedostupnost odgovarajućih podloga teme-

ljem kojih bi se moglo razgraničiti potencijal između Zagrebačke i Karlovačke županije za spomenuti vodotok, nije bilo moguće odrediti koliki je dio tog potencijala prostorno lociran na području Zagrebačke županije. Iz tog razloga je podatke o instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji za vodotok Kupčina, kao i o ukupnoj instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji potrebno uzeti s rezervom.

Tablica 8. Neto energetska potencijal za šest vodotoka s definiranim potezima korištenja na području Zagrebačke županije

Redni broj	Ime vodotoka	Ukupni broj poteza korištenja na vodotoku	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)	Primjedba
1.	Bistra	1	50	0,2	
2.	Bregana	27	1.742	8,07	
3.	Gradna	1	38	0,11	
4.	Kupčina	16	1.041	4,13	*Dijelom u Karlovačkoj županiji
5.	Lipovačka Gradna	2	64	0,33	
6.	Bistra	1	50	0,2	
	<b>UKUPNO</b>	<b>60</b>	<b>3.698</b>	<b>15,98</b>	*Dijelom u Karlovačkoj 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 energetskog programa izgradnje malih hidroelektrana (Program MAHE). Na području Zagrebačke županije izdvojena su tri takva vodotoka, a rezultati obrada (tehnički iskoristivi potencijal) predstavljeni su u tablici 9.

Tablica 9. Tehnički iskoristivi potencijal za tri vodotoka s definiranim potezima korištenja na području Zagrebačke županije

Redni broj	Ime vodotoka	Potez korištenja	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (MWh)
1.	Bregana	1	43	267,29
2.	Bregana	2	49	304,81
3.	Bregana	3	33	209,18
4.	Bregana	4	49	313,19
5.	Bregana	5	45	302,60
6.	Bregana	6	55	374,44
7.	Bregana	7	129	823,05
8.	Kupčina	1	98	608,40
9.	Kupčina	2	23	136,80
10.	Kupčina	3	26	157,30
11.	Kupčina	4	65	399,40
12.	Kupčina	5	37	232,60
13.	Kupčina	6	60	369,40
14.	Slapnica	1	50	296,80
15.	Slapnica	2	45	269,40
16.	Slapnica	3	40	239,40
17.	Slapnica	4	66	400,00
18.	Slapnica	5	86	526,30
	<b>UKUPNO</b>		<b>999</b>	<b>6.230,36</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 šest promatranih vodotoka, za tri 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 energetska 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.

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 Zagrebačke županije detektiran je energetski potencijal koji je prikazan u tablici 10. Ovdje je potrebno naglasiti da se nekoliko vodotoka dijelom nalazi i u susjednim županijama, a s obzirom na nedostupnost odgovarajućih podloga temeljem kojih bi se mogao razgraničiti potencijal između Zagrebačke i tih drugih županija za određeni vodotok, nije bilo moguće odrediti koliki je dio tog potencijala prostorno lociran na području Zagrebačke 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 Zagrebačke županije

Redni broj	Ime vodotoka	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)	Primjedba
1.	Glogovnica	387	3,39	*Dijelom u Bjelovarsko-bilogorskoj i Koprivničko-križevačkoj županiji
2.	Velika Rijeka	316	2,77	*Dijelom u Bjelovarsko-bilogorskoj i Koprivničko-križevačkoj županiji
3.	Kamešnica	495	4,34	*Dijelom u Sisačko-moslavačkoj županiji
4.	Velika	132	1,16	
5.	Zelina	216	1,89	
6.	Črnc	229	2,01	*Dijelom u Koprivničko-križevačkoj županiji
7.	Rudarska Gradna	224	1,96	
8.	Kravarščica	90	0,79	
9.	Krapina	428	3,75	*Dijelom u Krapinsko-zagorskoj županiji
10.	Lužnica	41	0,36	
11.	Trnava	241	2,11	
12.	Lonja	241	2,11	*Dijelom u Varaždinskoj i Sisačko-moslavačkoj županiji
13.	Rijeka	201	1,76	
14.	Glavničica	189	1,66	
15.	Kašina	275	2,41	
16.	Nespeš	135	1,18	
	<b>UKUPNO</b>	<b>3.840</b>	<b>33,65</b>	*Dijelom u drugim županijama

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>24</sup>) mogu pronaći podaci o potencijalnim projektima u Republici Hrvatskoj u rasponu snage između 5 i 10 MW, međutim, takvi projekti nisu prepoznati na području Zagrebačke županije.

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>24</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 vjetrova, Sunca, biomase, geotermalnih izvora te vodotoka. Pri tome treba naglasiti da prikazani rezultati analize za pojedini energetska izvor predstavljaju teoretski i tehnički energetska 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 energetska izvoru, odabranoj tehnologiji za proizvodnju energije te propisanim prostorno-planskim uvjetima.

U skladu s postojećim prirodnim potencijalom na području Zagrebačke županije se ističe energetska potencijal biomase. U cilju ostvarenja projekata bioenergana/toplana preporuča se provesti detaljnu analizu tržišta raspoložive biomase iz šumarstva, poljoprivrede i industrije i razmotriti postojeće planove sudionika na tržištu, kako bi se utvrdio ostvarivi energetska potencijal i identificirali potencijalni projekti. Posebnu pažnju trebalo bi 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. S obzirom na karakteristike poljoprivrednih gospodarstava, stočarske i ratarske proizvodnje, trebalo bi organizacijskim mjerama i preporukama potaknuti poljoprivrednike na udruživanje radi izgradnje centraliziranih bioplinskih postrojenja, koja bi ujedno osigurala i adekvatno zbrinjavanje biorazgradivog otpada iz poljoprivrede. 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 je Zagrebačka županija smještena u rubnom području južnog dijela Panonskog bazena u njoj je ustanovljen značajan potencijal geotermalne energije. Temperature geotermalnih voda iz prirodnih izvora odnosno bušotina ukazuju na mogućnost njihova korištenja u proizvodnji 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 u plastenicima, balneologija, grijanje ribnjaka i proizvodnja vode za piće.

Dosad provedena istraživanja ukazuju na određeni potencijal za izgradnju malih hidroelektrana u Zagrebačkoj županiji, ali on nije velik. 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)