






# 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	11
3.2.1. BIOMASA IZ POLJOPRIVREDE	11
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>21</b>
5.1. OPĆE ZNAČAJKE	21
5.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL HIDROENERGIJE	22
<b>ZAKLJUČAK</b>	<b>23</b>

# PREDGOVOR

**„Potencijal obnovljivih izvora energije u Međimurskoj 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 Međimurskoj 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

Međimurska županija nalazi se u kontinentalnom najsjevernijem dijelu Republike Hrvatske i s ukupno 114.414 stanovnika<sup>1</sup> čini 2,66% stanovništva Republike Hrvatske. Grad Čakovec, upravno i administrativno središte Županije, ima 27.227 stanovnika. Ukupna površina Županije iznosi 730 km<sup>2</sup> ili 1,3% kopnenoga teritorija Republike Hrvatske.

Veliko prometno značenje Županiji daje međunarodna trasa autoceste, koja predstavlja sastavni dio sjeverozapadnog ulaza/izlaza Republike Hrvatske prema Europi. Položaj Međimurja na sjeverozapadu Hrvatske, prometno najpovezanim dijelu s Europom, omeđen je prirodnim granicama: rijekom Murom na sjeveru i istoku te rijekom Dravom na jugu.

Međimurje je smješteno na granici dviju velikih reljefnih cjelina: istočnih Alpi i Panonske nizine. Na temelju toga su definirane dvije morfološke cjeline:

- **Gornje Međimurje** ima izrazita svojstva niskog pobrđa čije apsolutne visine ne prelaze 350 metara (najviša kota Mohokos 344,5, Robadje 339, Sveti Juraj na Bregu 320 m i dr.), a nastavak je reljefno izrazitijih Slovenskih gorica.
- **Donje Međimurje** karakterizira nizinski reljef blago nagnut prema istoku, u smjeru otjecanja glavnih tokova (Nedelišće = 171 m, Kotoriba = 136 m). Taj je prostor zajednička tvorevina Drave i Mure, odnosno lijep i rijedak primjer zajedničkih terasa i aluvija dviju rijeka. Stoga je veći dio zemljišta pod šumom, livadama i pašnjacima ili su to oranice manje agrarne vrijednosti.

Međimurska županija obuhvaća tri grada i 22 općine, a na njezinom području prevladavaju naselja koja imaju pretežno seoska obilježja.

Opće klimatske značajke određene su pripadnošću ovog prostora široj klimatskoj regiji - Panonskoj nizini, što se očituje vrućim ljetima i hladnim zimama, brzim porastom temperatura u proljeće i povoljnim temperaturnim prilika u jesen. Srednja godišnja temperatura zraka iznosi oko 10°C. Topli dio godine u kojem je srednja temperatura viša od godišnjeg prosjeka traje od sredine travnja do sredine listopada i poklapa se s vegetacijskim razdobljem.

Najtopliji mjesec je srpanj sa srednjom mjesečnom temperaturom od 19°C, a najhladniji siječanj sa srednjom mjesečnom temperaturom od -1°C pa je jedini mjesec u godini čija je srednja temperatura niža od 0°C.

Područje Međimurja s oko 2.000 sati sijanja sunca godišnje spada u srednje osunčana područja Hrvatske. Najdulje mjesečno trajanje sijanja sunca je u srpnju (oko 9 sati dnevno), a najkraće u prosincu (oko 2 sata dnevno).

<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 vjetrova u Međimurskoj 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 na kopnu nemaju neki poseban naziv, nego se uglavnom nazivaju prema smjeru iz kojeg dolaze.

Za kopneni dio Hrvatske pa tako i za Međimursku županiju karakterističan je sjeveroistočni vjetar koji puše najčešće u zimskom dijelu godine te donosi vedro i hladno vrijeme. Intenzitet vjetrova je jači zimi nego ljeti. Međutim u Međimurskoj županiji, s energetskeg stanovišta, na godišnjoj razini 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 Međimurskoj županiji, prema dostupnim podacima, nije znatan. Najbolji potencijal energije vjetra u Međimurskoj županiji (slika 1.) može se očekivati u njezinom sjevernom dijelu. Prema dostupnoj karti vjetra na 80 m iznad razine tla, najvjetrovitija su područja na nešto višoj nadmorskoj visini Železne gore i uz rijeku Muru i Dravu. Karta vjetra je dobivena korištenjem modela ALADIN/HR<sup>2</sup>.

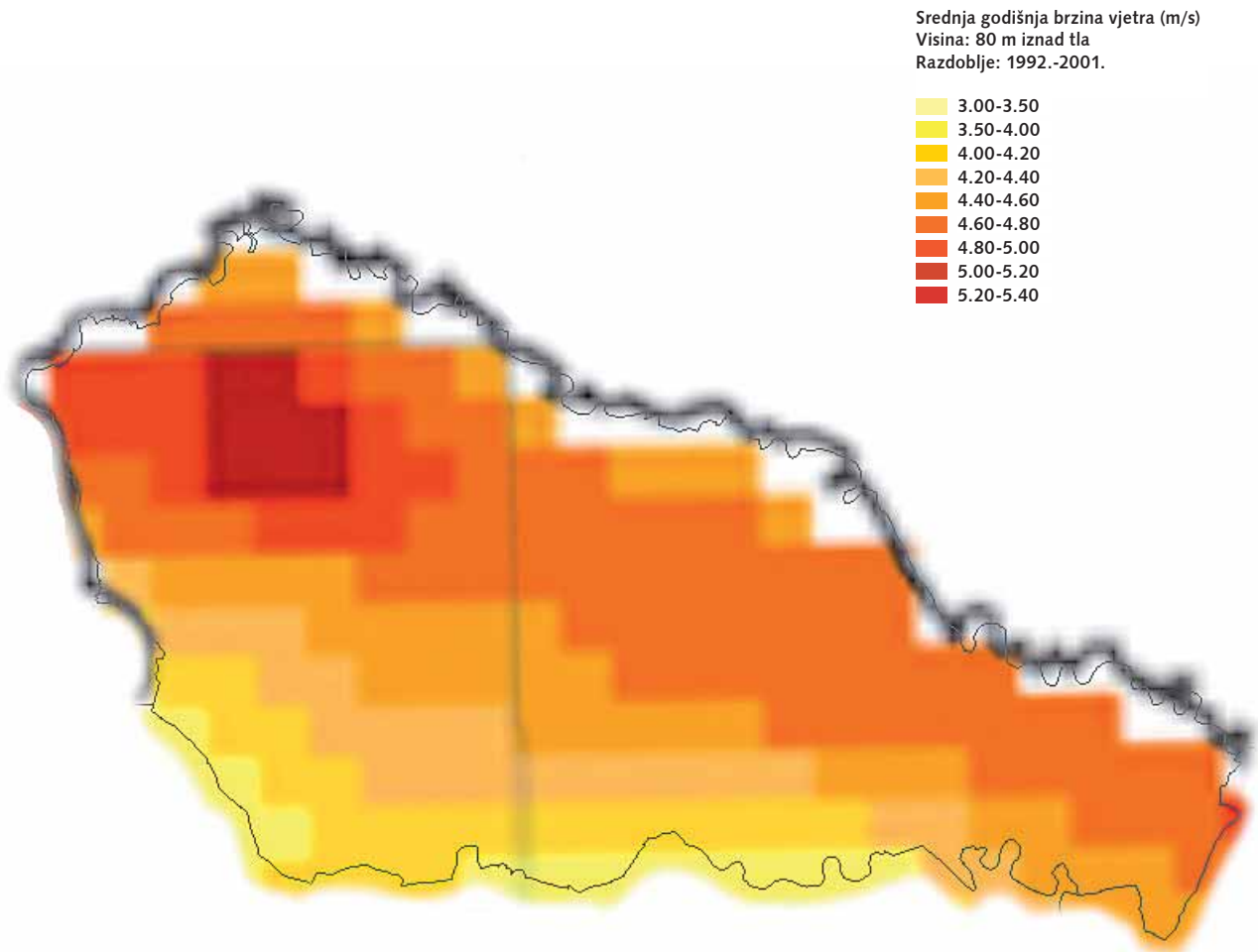
Za iskorištavanje energije vjetra najpovoljnija je snaga koju nose stalni i umjereni vjetrovi. Prema raspoloživim podacima, u Međimurskoj županiji se s energetskeg stanovišta može očekivati vrlo mali potencijal energije vjetra, sa srednjim godišnjim brzinama vjetra koje ne prelaze 5,5 m/s na 80 m iznad tla na najvišoj nadmorskoj visini.

Tehnički potencijal vjetra određen je kapacitetom lokacija koje su pogodne za iskorištavanje njegove energije. Takve lokacije moraju zadovoljavati niz zahtjeva od kojih je najvažniji: vjetropotencijal, mogućnost evakuacije snage, prihvatljivost s obzirom na utjecaje na okoliš, zaštita prirode, pristup i drugi.

Preliminarno raspoloživi tehnički potencijal u Međimurskoj županiji procijenjen je na 20-ak MW, uz zadovoljenje nužnih tehničkih uvjeta. Osim ograničenih mogućnosti iskorištavanja energije vjetra zbog relativno slabog potencijala energije vjetra, ograničavajući čimbenik u Međimurskoj županiji je i gustoća naseljenosti koja je najveća u Hrvatskoj.

Prikazana karta vjetra dobivena je modelski. U Međimurskoj županiji na izloženim brdskim vrhovima Ivanščice i čistinama vjerojatno postoje lokacije na kojima bi, sa stajališta raspoloživog resursa, bilo opravdano koristiti energiju vjetra. No, 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 modeliranjem s finijom rezolucijom podataka na višim razinama iznad tla.

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



Slika 1. Karta vjetra za područje Međimurske 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 (vrtnje 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 dopiyeva 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-

mjenskim 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 tri-desetogodišnjeg razdoblja od 1961. do 1990. godine.

## 2.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL ENERGIJE SUNCA

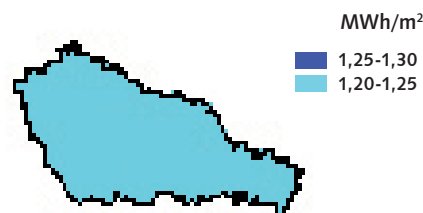
Godišnja ozračenost vodoravne plohe osnovni je parametar kojim se može procijeniti prirodni potencijal energije Sunca na nekoj lokaciji ili širem području. Ozračenost vodoravne plohe na nekom širem području (poput područja županije) je prostorno distribuirana ovisno o zemljopisnoj dužini (povećava se u smjeru sjever-jug), topografiji terena (smanjuje se u smjeru od mora prema kopnu) te klimatološkim značajkama samog prostora. Međimurska županija nalazi se u kontinentalnom dijelu Hrvatske koji ima relativno stalnu razdiobu potencijala Sunčevog zračenja. Ova županija je smješтана na samom sjeveru Hrvatske te obuhvaća relativno jednoliko geografsko područje. Srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe na njezinom najvećem području kreće se između 1,20 i 1,25 MWh/m<sup>2</sup>. Na slici 2. prikazana je prostorna raspodjela srednje godišnje ozračenosti na području Međimurske županije.

Detaljni podaci o Sunčevom zračenju na području Međimurske županije nisu dostupni niti za jednu konkretnu lokaciju unutar Županije. Najbliža mjerna postaja je Varaždin, a zbog male udaljenosti i stalne razdiobe Sunčevog zračenja na ovome području moguće je ekstrapolirati podatke za lokacije unutar 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 godišnji optimalni kut nagiba za lokaciju Čakovec, kao tipičnog predstavnika područja Županije.

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

Lokacija	Čakovec		
	Ukupno	Raspršeno	Izravno
Siječanj	1,10	0,71	0,39
Veljača	1,86	1,08	0,78
Ožujak	3,06	1,65	1,41
Travanj	4,30	2,17	2,13
Svibanj	5,18	2,65	2,53
Lipanj	5,68	2,81	2,87
Srpanj	5,71	2,69	3,02
Kolovoz	4,94	2,36	2,58
Rujan	3,88	1,74	2,14
Listopad	2,38	1,26	1,12
Studeni	1,24	0,80	0,44
Prosinac	0,85	0,59	0,26
Uk.god. (MWh/m <sup>2</sup> )	1,22	0,63	0,60



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

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

Lokacija	Čakovec			
Optimalni kut	27°			
Mjesec	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Odbijeno
Siječanj	1,57	0,67	0,89	0,01
Veljača	2,46	1,02	1,42	0,02
Ožujak	3,59	1,56	2,00	0,03
Travanj	4,55	2,05	2,45	0,05
Svibanj	5,10	2,50	2,54	0,06
Lipanj	5,43	2,66	2,71	0,06
Srpanj	5,53	2,54	2,93	0,06
Kolovoz	5,08	2,23	2,80	0,05
Rujan	4,47	1,65	2,78	0,04
Listopad	3,05	1,19	1,83	0,03
Studenj	1,70	0,76	0,93	0,01
Prosinac	1,21	0,56	0,64	0,01
Uk.god. (MWh/m <sup>2</sup> )	1,33	0,59	0,73	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 Međimurske županije, može zadovoljiti do 75% 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

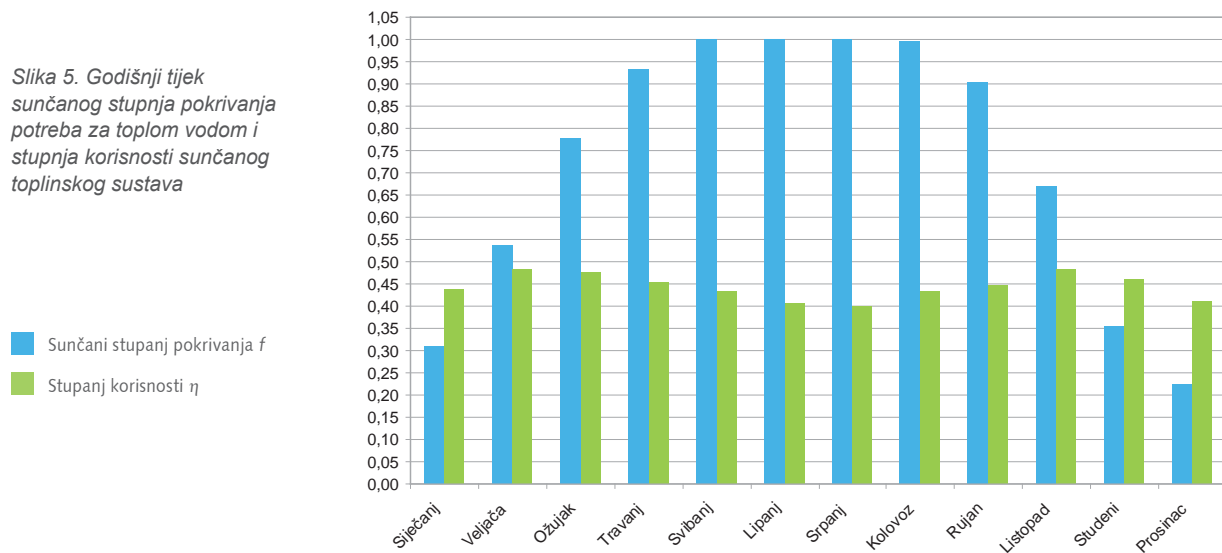


Slika 4. Primjer korištenja Sunčeve energije: sunčani toplinski kolektori





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



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 dozačenoj 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 Čakovca 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 Čakovca

Mjesec	Generirana električna energija u FN modulima (kWh)	Električna energija isporučena u mrežu (kWh)
Siječanj	417	394
Veljača	621	593
Ožujak	976	937
Travanj	1.123	1.077
Svibanj	1.253	1.200
Lipanj	1.248	1.194
Srpanj	1.305	1.248
Kolovoz	1.219	1.168
Rujan	1.079	1.035
Listopad	798	764
Studeni	439	416
Prosinac	311	291
<b>Ukupno</b>	<b>10.788</b>	<b>10.318</b>

Proizvodnost fotonaponskog sustava je količina električne energije koju može proizvesti sustav jedinične snage. Za Čakovec bi ona iznosila oko 1.030 kWh/kW godišnje. Slična proizvodnost se može očekivati i na cjelokupnom području Međimurske županije.

## 3. ENERGIJA BIOMASE



### 3.1. OPĆE ZNAČAJKE

#### 3.1.1. OPĆE ZNAČAJKE ENERGIJE BIOMASE

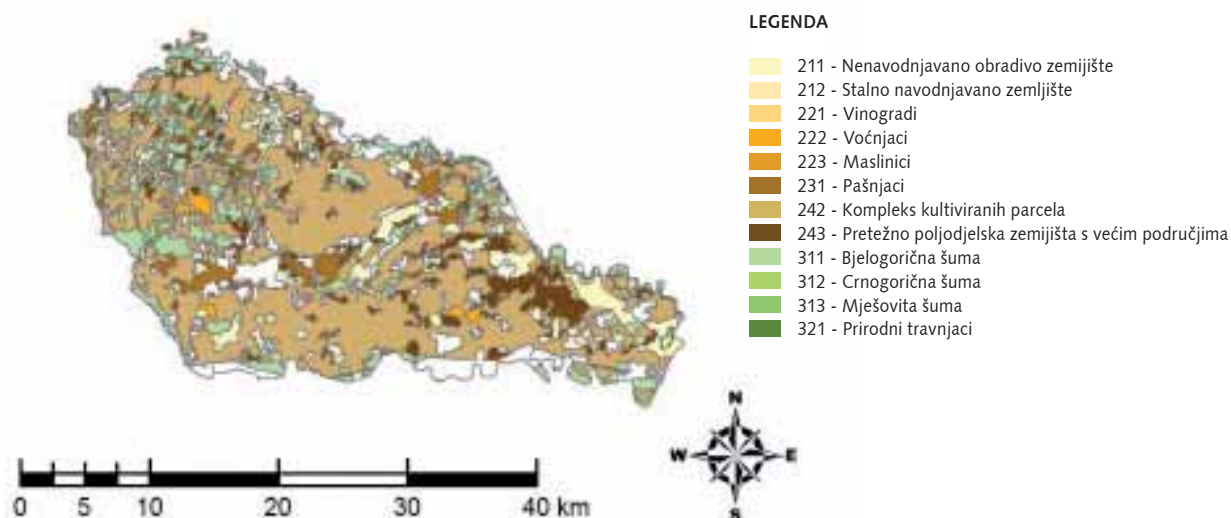
Direktiva 2009/28/EZ o promociji obnovljivih izvora energije definira biomasu kao biološko razgradiv dio proizvoda, otpada i ostataka biološkoga podrijetla iz poljoprivrede, šumarstva i s njima povezanih proizvodnih djelatnosti uključujući ribarstvo i akvakulturu te biološko razgradiv dio industrijskog 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 Međimurske županije* iz 2001. godine, ukupno poljoprivredno zemljište zauzima 54.125 ha, od čega je 51.983 ha obradivo. Podaci iz digitalne baze podataka CORINE Land Cover Hrvatska se razlikuju i prema njima poljoprivredne površine Županije zauzimaju 51.236 ha. Na slici 6. je prikazana karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Međimurske županije. Zbog usitnjenog i rascjepkanog poljoprivrednog posjeda te zbog preskupe i neracionalne primjene mehanizacije (slaba iskorištenost strojeva), nije realno očekivati značajnije povećanje prinosa i daljnji razvoj poljodjelstva. Za velik dio kućanstava poljoprivreda je tek dopunska djelatnost.

Opet, s druge strane Županija raspolaže sa značajnim površinama poljoprivrednog zemljišta visokog boniteta i ekološke očuvanosti te dovoljnim količinama podzemnih voda koji pogoduju poljoprivredi. Na području Međimurske županije ima 9.734 ha šumskih površina (10.456 ha prema CORINE), što iznosi 12,4% ukupne površine Županije. Od toga je 37% u državnom vlasništvu, a oko 63% u privatnom vlasništvu. Privatne šume u kojima se loše vrši obnova nerijetko se pretvaraju u bagremike te iz njih nestaju autohtone vrste. S obzirom na mali udio šumskih površina u ukupnoj površini Međimurske županije te rascjepkanost parcela pod šumama u državnom i privatnom vlasništvu, gospodarska namjena šuma nije od velikog značaja.



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

## 3.2. PROCJENA ENERGETSKOG POTENCIJALA

### 3.2.1. BIOMASA IZ POLJOPRIVREDE

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

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

Pojedine vrste biomase međusobno se razlikuju s obzirom na energetske vrijednosti, sadržaj vlage i pepela, oblik i sastav, što je potrebno uzeti u obzir prilikom izbora adekvatne tehnologije za njihovu pretvorbu u korisnu energiju. Ovisno o primijenjenoj tehnologiji, iz poljoprivredne biomase je moguće proizvoditi toplinsku, električnu i mehaničku energiju (motorna goriva), kao i derivate iz kojih se dobiva korisna energija. Najčešći primjeri derivata poljoprivredne biomase su briketi, peleti, bioplin te biogoriva.

U okviru ove Studije analizirano je iskorištavanje stajskog gnoja (goveda, svinje, perad) radi proizvodnje bioplina te uzgoj energetskih kultura za proizvodnju biodizela (uljana repica, soja) i bioetanol (kukuruz, šećerna repa) na raspoloživim poljoprivrednim površinama.

### 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 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.

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

- ➔ Osiguravanje površina za proizvodnju hrane (0,16 ha po čovjeku), uzimajući u obzir da županija mora hraniti udio stanovništva razmjernom udjelu njihovih poljoprivrednih površina u ukupnim poljoprivrednim površinama u Hrvatskoj.
- ➔ Površine travnjaka i pašnjaka izuzete su iz poljoprivrednih površina koje su raspoložive za proizvodnju kukuruzne silaže, odnosno 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 slučajeva razlikuju od podataka izvedenih iz CORINE Land Use Hrvatska baze podataka. Zbog dosljednosti su za izračune potencijala korišteni podaci iz CORINE baze.

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<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.

Tablica 4. Energetski potencijal proizvodnje bioplina u Međimurskoj 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	58.571	32.214	116
Svinjski stajski gnoj	76.585	12.759	46
Gnoj peradi	36.657	36.290	131
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	747	58.240	210
Svinjski stajski gnoj + silaža	976	46.789	168
Gnoj peradi + silaža	467	52.579	189

\* 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 293 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 567 TJ/god. U ovom slučaju bilo bi potrebno angažirati 2.190 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% teoretskog potencijala moglo iskoristiti za proizvodnju obnovljive energije. Nadalje, iz tablice je vidljivo da mogućnost za postizanje značajnih energetske potencijala iz bioplina leži u peradarstvu koje je na području Županije u daljnjem razvoju. Ukoliko bi se aktivirale dovoljne poljoprivredne površine 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.

3 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 uljarica 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 Međimurske županije na godišnjoj razini

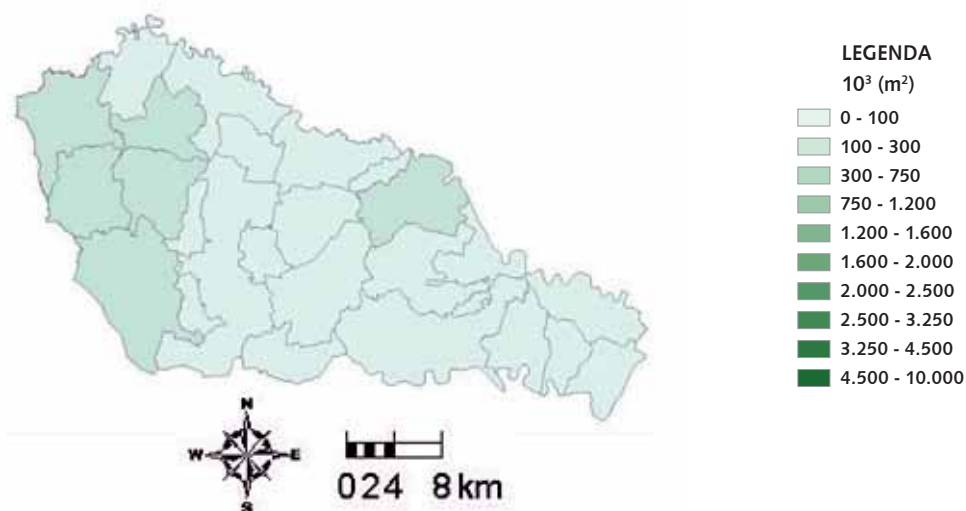
Sirovina	Masa sirovine (t/god)*	Količina biogoriva (t/god)	Energetska vrijednost (GJ/t)	Teoretski energetske potencijal (TJ/god)
<b>Bioetanol</b>				
Kukuruz (s.v)**	236.220	71.071	27	1.919
Šećerna repa	1.635.443	126.778	27	3.423
<b>Biodizel</b>				
Uljana repica	103.823	42.376	37	1.568
Soja	47.625	9.020	37	334

\* 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 31.750 ha raspoloživog poljoprivrednog zemljišta angažira za proizvodnju jedne od navedenih kultura, mogla bi se proizvesti količina biodizela odnosno bioetanola energetske vrijednosti od 334 do 3.423 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 plodoređa 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 ostvaruje najveće energetske potencijale, no agroekološki uvjeti predstavljaju ograničavajući čimbenik za njezin intenzivniji uzgoj na području Županije. Sadašnji tržišni uvjeti pretpostavljaju daljnji uzgoj šećerne repe za proizvodnju šećera. Stoga je realnije za pretpostaviti da će se za proizvodnju bioetanola koristiti kukuruz, a za proizvodnju biodizela uljana repica koja ostvaruje mnogo veće energetske potencijale od soje. Iako su prinosi energetskih kultura na području Međimurske županije iznad prosjeka Hrvatske (osim soje), struktura zemljišta odnosno usitnjenost parcela ne pogoduje njihovoj intenzivnijoj proizvodnji.



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

### 3.2.2. BIOMASA IZ ŠUMARSTVA

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

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

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

Tablica 6. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz drvene biomase u Međimurskoj 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	
				GWh	TJ	GWh	TJ
1.808.734	67.512	Planirana sječa	Ostvarena sječa	17	61	5	19
		8.950	3.406				

Kao što je vidljivo iz tablice 6. energetske potencijal prostornog drva (industrijsko i ogrjevno drvo), koji je moguće iskorištavati za energetske potrebe iznosi 61 TJ godišnje. U 2007. godini ostvarena sječa prostornog drva iznosila je 3.406 m<sup>3</sup> (19 TJ) što čini oko 38% 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 industrija ploča, celuloze i papira.

Budući da Međimurska županija ne obiluje drvnim resursima, njihovi potencijali proizvodnje energije su iznimno mali. 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).

### 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 Međimurske županije

Vrsta otpada	Raspoloživost otpada (t/god)*	Teoretski energetskeg potencijal (MWh/god)	Teoretski energetskeg potencijal (TJ/god)
Klaonički otpad	8.075	40.375	145,4**
Ostaci iz drvne industrije	9,3	44	0,2
Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada	7.705	5.201	18,7**

\*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. Iskorištavanje otpada iz klaonica i biorazgradive komponente komunalnog otpada ne samo da može pridonijeti proizvodnji energije već predstavlja 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, od 2016. godine će na odlagališta komunalnog otpada biti 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, se ne smiju odlagati 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. Međimurska županija

pripada panonskom području koje karakterizira visoki geotermalni gradijent i visoke vrijednosti gustoće toplinskog toka.

### 4.1. OPĆE ZNAČAJKE

Međimurska županija pripada području nekadašnjeg Panonskog bazena koji karakteriziraju klastiti i vapnenci miocenske starosti te kvartarne eolske i aluvijalne naslage. Trijasko i eocensko naslage koje tvore podlogu ovih stijena izdaju samo mjestimično. Geološka građa Međimurskih gorica pod naglašenim je utjecajem tektonike, a od Dravske depresije odvojena je Čakovečkim rasjedom koji se pruža pravcem I-Z (slika 9.)<sup>8</sup>.

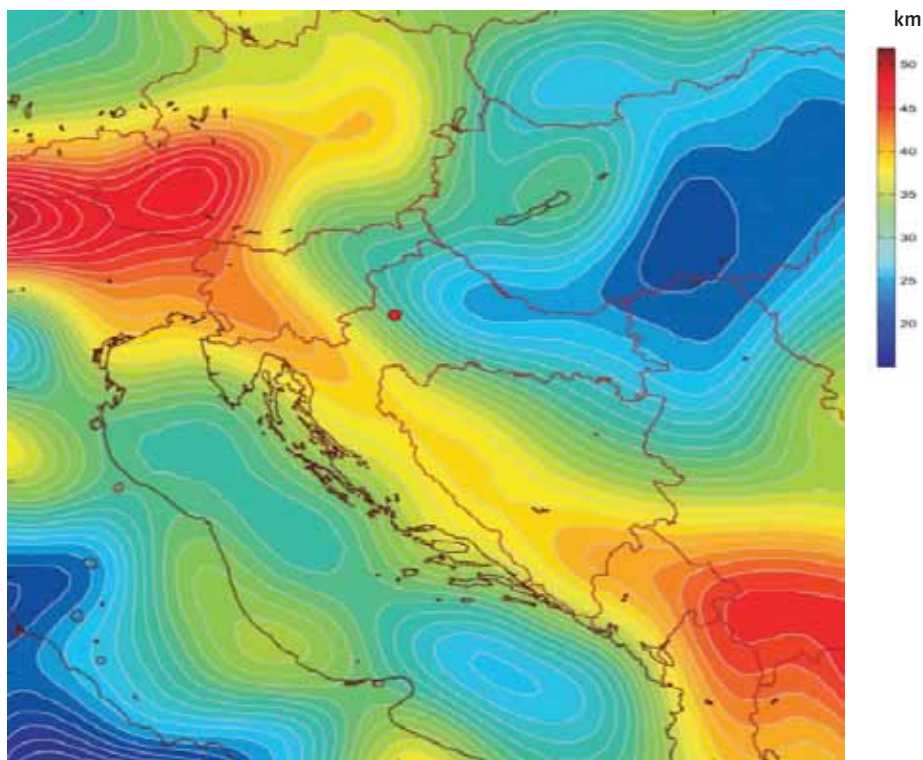
U Republici Hrvatskoj je geotermalni gradijent pod najvećim utjecajem dubine Mohorovičićevog diskontinuiteta (koji predstavlja granicu između Zemljine kore i plašta), odnosno debljine kontinentalne kore<sup>9</sup>. Dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u području hrvatskog dijela Panonskog bazena iznosi između 25 i 30 km (slika 8.)<sup>10</sup>. U skladu s time je i veća gustoća toplinskog toka te geotermalni gradijent u odnosu na područje Dinarida, gdje su zbog veće debljine kontinentalne kore i niže vrijednosti gustoće toplinskog toka.

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.

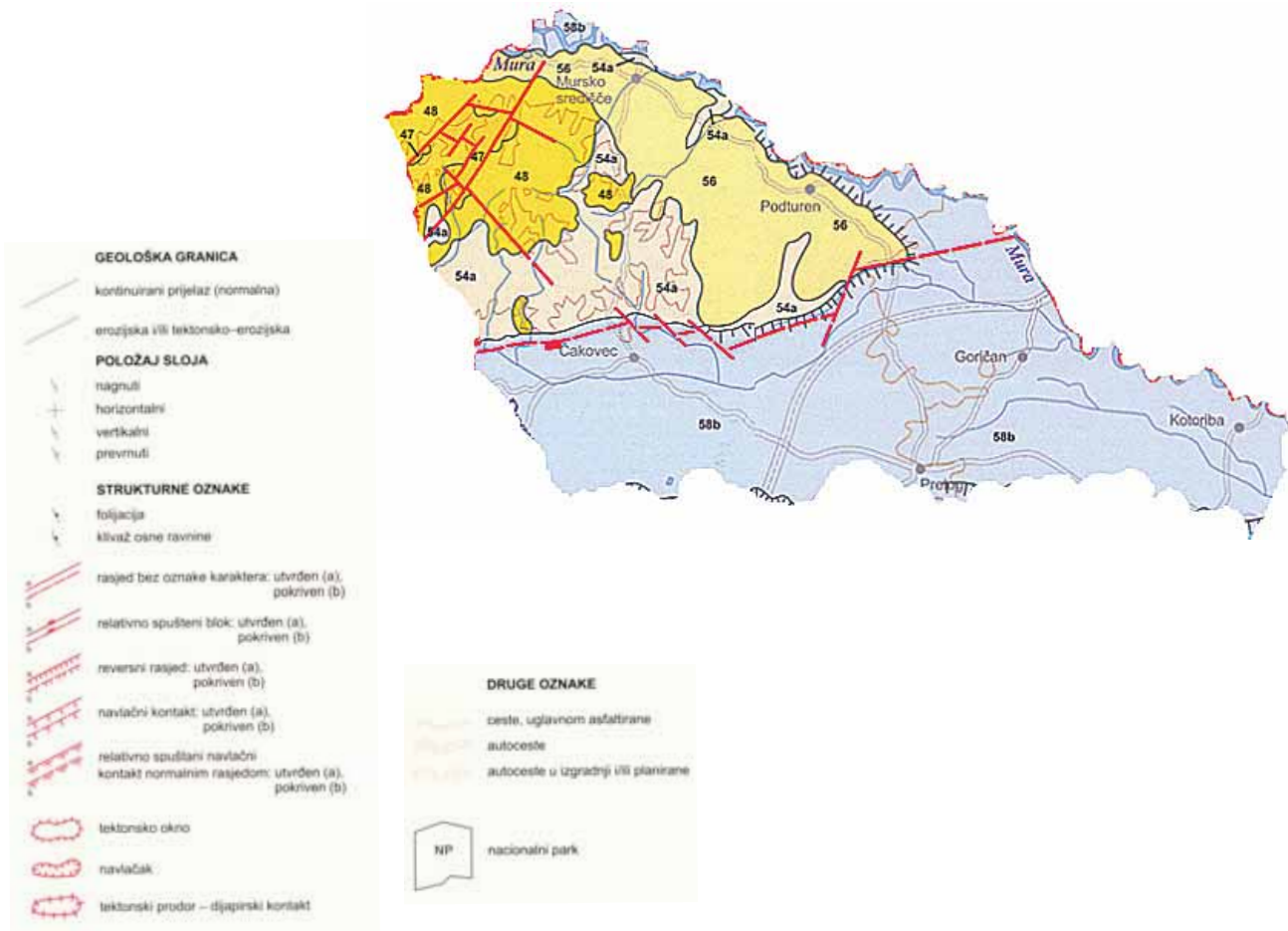
10 Grad M., Tiira T., ESC Working Group, The Moho depth map of the European Plate. Geophys. J. Int., 2009., 176, 279–292, doi: 10.1111/j.1365-246X.2008.03919.x.

Slika 8. Karta dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u jugoistočnoj Europi





Slika 9. Geološka karta Međimurske županije



TUMAČ OZNAKA:

48 $d_{1-2} Q_2$	Deluvialno-erodivane (a - $d_{1-2} Q_2$ ) / deluvialne (b - $d_{1-2} Q_2$ ) naslage (holocen)	38 $P_c, E$	Karbonatski šlj i klastiti (paleocen, eocen)	18 $T_1, T_2$	Evaporiti karbonatno-klastični vulkanogeni kompleks (gornji trias, karb.)
47 $d_{1-2} Q_1$	deluvialne (a - $d_{1-2} Q_1$ ) / klastične (b - $d_{1-2} Q_1$ ) naslage (holocen)	37 $K_1, P_g$	Vulkanске stijene (gornja kreča, paleocen)	17 $T_{1a}$	Magnetske stijene (srednji gornji trias) (1 - andezit, 2 - bazalt, 3 - andezit i bazalt, 4 - bazalt, 5 - andezit i bazalt)
46 $d_{1-2} Q_0$	deluvialni pjesci (a $d_{1-2} Q_0$ ) / deluvialni	36 $K_2$	Karbonatski klastiti (gornji šlj i "staklo", vapneni (gornja kreča)	16 $T_3$	Klastične i postklastične naslage (srednji trias)
38 $d_{1-2} Q_2$	Oreolite (a $d_{1-2} Q_2$ ) / deluvialni	35 $K_3$	Vernpatski šlj i klastične naslage (gornja kreča)	15 $T_4$	Karbonatske naslage (srednji trias)
37 $d_{1-2} Q_1$	Koprene (a - $d_{1-2} Q_1$ ) / klastične (b - $d_{1-2} Q_1$ ) / bez pjeskova	34 $K_4^*$	Rudni vapneni (zeleni masivi)	14 $T_5$	Šapke / kompleksne naslage (srednji trias)
36 $d_{1-2} Q_0$	Fluvijalne (a - $d_{1-2} Q_0$ ) / fluvijalne (b - $d_{1-2} Q_0$ ) naslage (pleistocen)	33 $K_5^*$	Dolomiti / postmediteranske dijagenetske kreče (gornji šlj, donji mesenar)	13 $T_6$	Evaporiti / klastične naslage (gornji perm) a - vapneni, b - klastiti
35 $P_{1-2}$	Klastične naslage (prekambrij)	32 $K_6$	Vapneni / dolomiti (gornja kreča)	12 $P_1$	Magnetski (1 perm) kvarciti, granodijoriti, karbiniti
34 $M_1-M_2$	Miocenske naslage Dinaride	31 $J_{1-2}$	Olujne stijene (srednja, gornja jur) a - uljarniti, b - magnetski, c - sedimentne stijene	11 $P_2$	Graniti (perm)
33 $P_1$	Paludinske naslage (šlj, romani)	30 $J_3$	Paratetonske stijene (srednja jur)	10 $C, P$	Prekambrijske klastične naslage (karbon, perm)
32 $M, P_1$	Pijesak i gline (mesen, pliocen)	29 $J_4$	Dinamotetonske stijene (srednja jur)	9 $C, P$	Klastične i karbonatske naslage (karbon, perm)
31 $M_1$	Klastiti i ugljen (jur)	28 $J_5, K_1^*$	Vapneni s natrijima i kalijevima (šlj, karb.)	8 $D, C, P$	Nadžinski oronotetonski kompleks (devon, karbon, perm)
30 $M_{1a}$	Vapnenasto-klastične naslage (karb., perm)	27 $J$	Plućasti vapneni (jura i ostariji)	7 $D, C$	Klastične i karbonatske naslage (devon, karbon)
29 $M_2$	Litveni i klastične naslage s vulkanitima (karb.)	26 $J_1, K_2^*$	Sljanci i masivni dolomiti (šlj, veldi)	6 $P_3, T_7$	Paratetonske stijene (paleozoik, T trias)
28 $M_{2a}$	Magnetske stijene (karb., karb.) (1 - andezit i bazalt, 2 - bazalt)	25 $J_2^*$	Prekletensko-gritenski vapneni / dolomiti (šlj, šlj, šlj)	5 $P_4, T_7$	Oronotetonske stijene (paleozoik, T trias)
27 $M_{2b}$	Klastiti / karbonatski i klastični (srednji, karb.)	24 $J_3^*$	Vapneni s tobozima i - stakliti s dolomitima, b - plućasti i sljanci / klastične naslage (gornji i srednji donji šlj)	4 $O, S, D$	Oreolite (gornji, sli, devon)
26 $O, M_1$	Klastiti s vulkanitima (gornji, egerburg)	23 $J_4$	Vapneni / dolomiti (gornja jur)	3 $O, S, D$	Kompleksne metamorfnih stijena (prekambrij, sli, devon)
25 $P_3, P_4$	Vapnenaste kreče (prekambrij, neogen)	22 $J_5$	Dinamotetonski vapneni / dolomiti (srednja jur)	2 $O, S, D$	Prograsna metamorfnih serija (prekambrij, sli, devon)
24 $E, Q_1$	Proterozoijske naslage (neocen, oligocen)	21 $J_6$	Vapneni / dolomiti (gornja jur)	1 $P_5$	Kompleksne metamorfnih stijena (prekambrij)
23 $E_{1a}$	Filite naslage (srednji i gornji eocen)	20 $T_1^*$	Dolomiti (gornji karb., net)		
22 $P_5, E_{1a}$	Litvenijske naslage, kvarciti vapneni / prelazne naslage (T gornji paleocen, šlj i srednji eocen)	19 $T_{2a}$	Klastične naslage (T gornji karb. - donji karb.)		

## 4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL

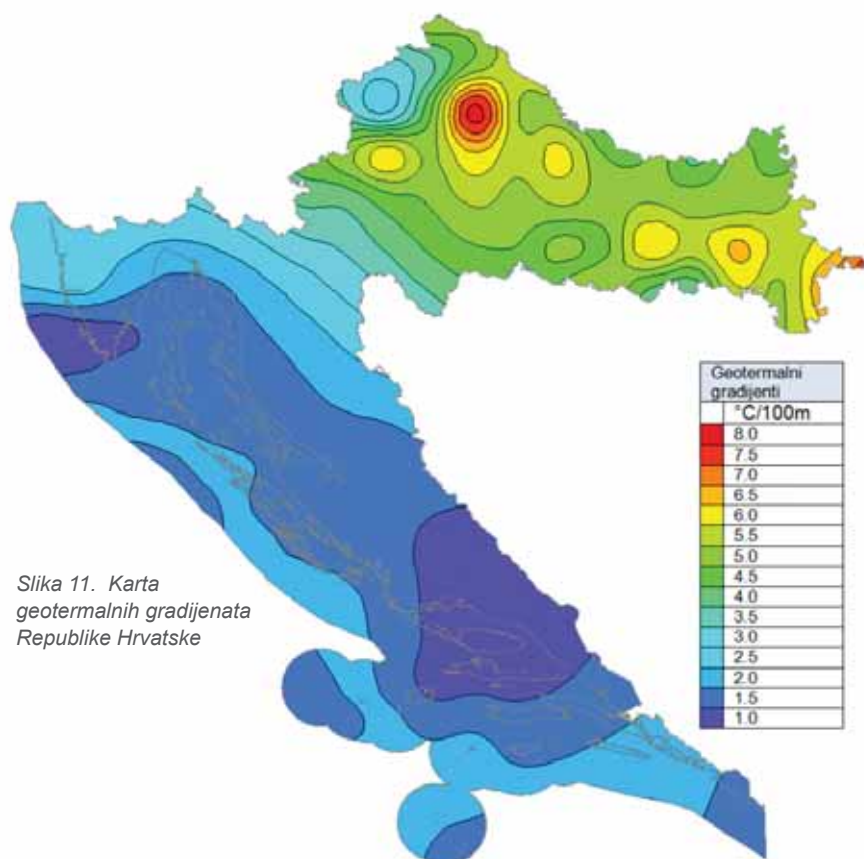
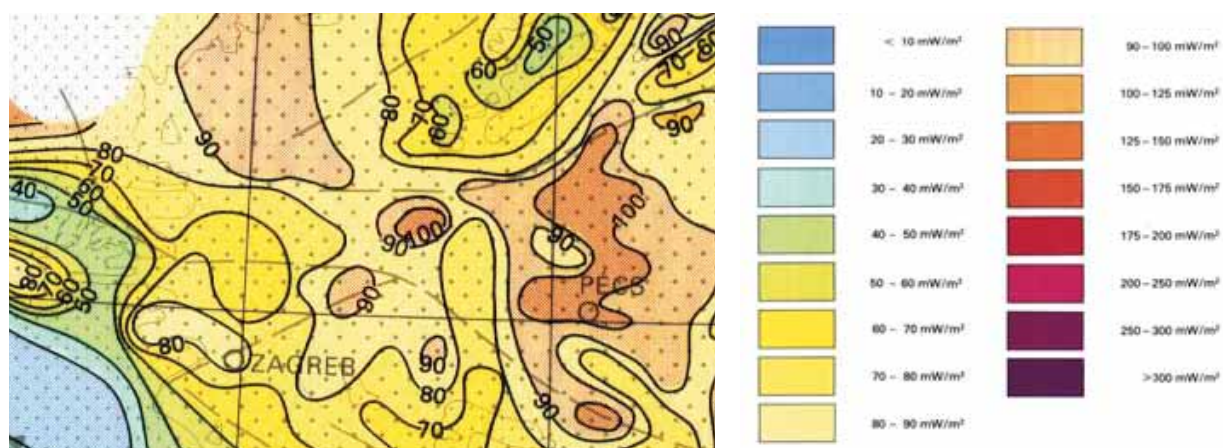
Na prostoru Republike Hrvatske izražena je regionalna pozitivna anomalija Panonskog bazena gdje gustoća toplinskog toka na površini dostiže vrijednosti od 100 mW/m<sup>2</sup>, kao što je to i u Međimurskoj županiji (slika 10.)<sup>11</sup>.

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

Na prostoru sjeverozapadne Hrvatske vrijednosti geotermalnih gradijenata kreću se od 40-50°C/km, a na lokalnim anomalijama i preko 60°C/km (slika 11.)<sup>12</sup>.

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>)

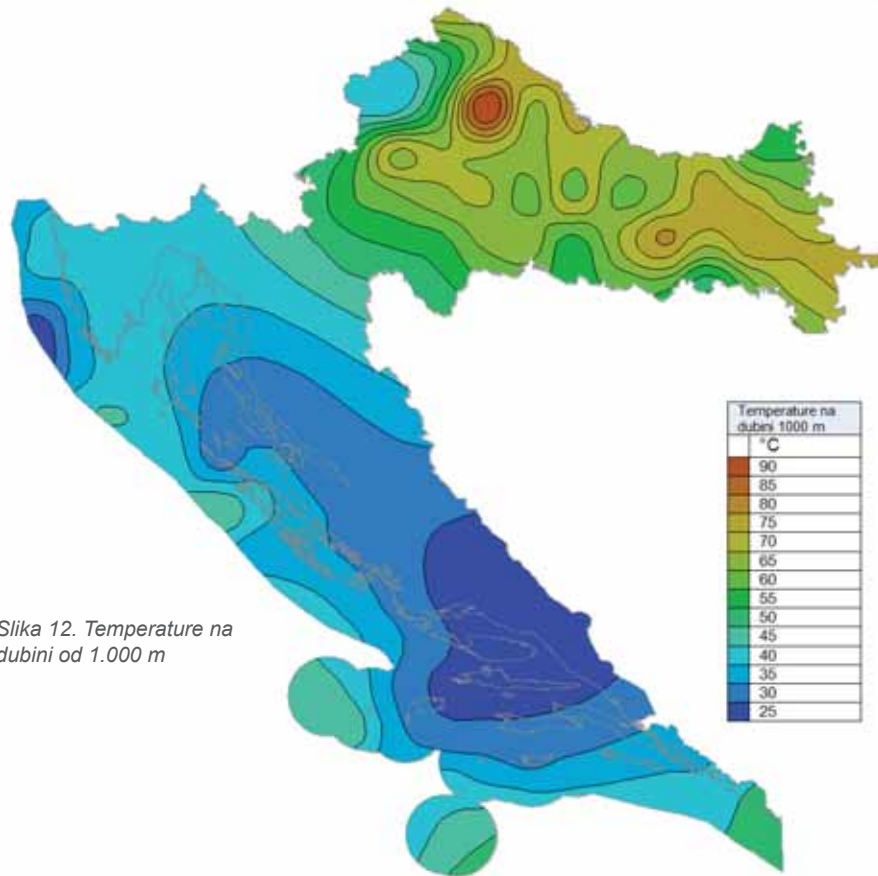


Slika 11. Karta geotermalnih gradijenata Republike Hrvatske

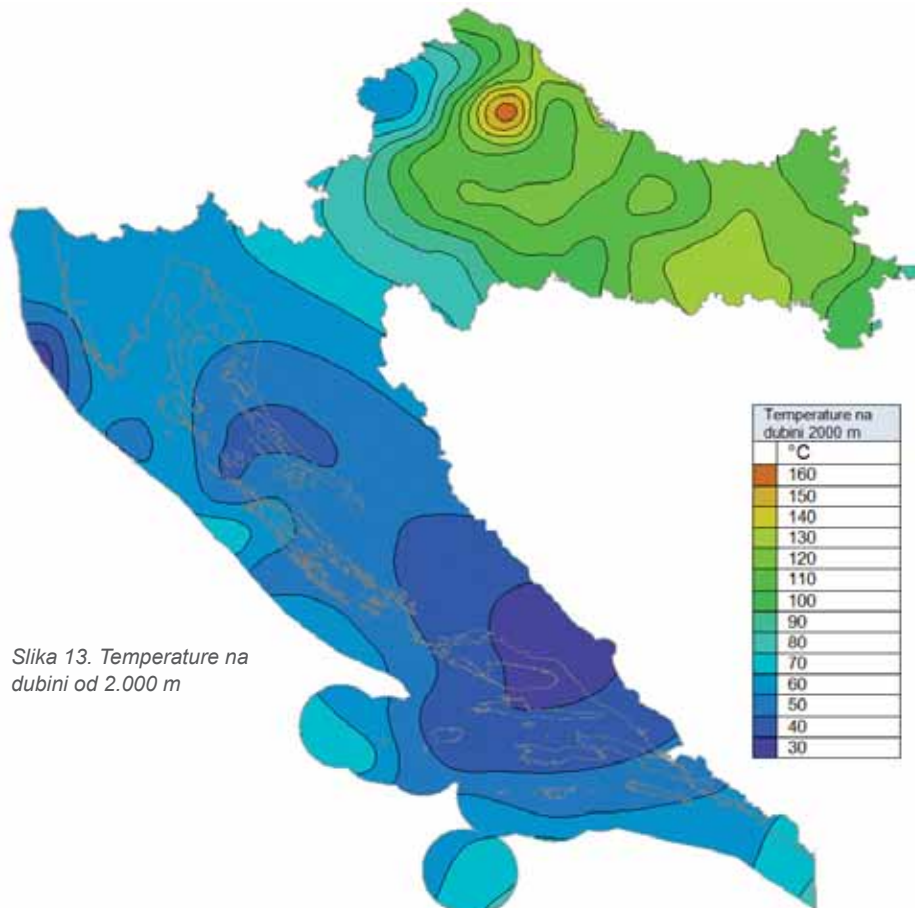
Prema rezultatima računalne interpolacije temperatura, izračunatih prema pretpostavljenoj konstantnoj uspravnoj kondukciji topline i promjenjivoj toplinskoj provodljivosti po dubini, na dubini od 1.000 m mogle bi se dosegnuti temperature do 70°C (slika 12.)<sup>13</sup>, a na dubinama od 2.000 m i do 120°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

Na području Međimurske županije nalaze se dva geotermalna područja – oko Međimurskih gorica gdje se nalaze bušotine Vučkovec-2 (općina Sv. Martin) i Merhatovec (općina Selnica) te u Dravskom bazenu gdje se nalazi bušotina Draškovec-1 (općina Prelog).

Termalni izvor **Vučkovec** otkriven je bušotinom izrađenom 1913/14. godine. Temperatura vode bila je 33,4°C, a kapacitet izvora u početku 26,6 l/s, ali je kasnije postupno opadao. Stratigrafski profil bušotine nije poznat, a podaci o dubini vodonosnog horizonta (ili više horizonata) su različiti (450-550 m, 700- 800 m). U daljoj prošlosti bio je izgrađen manji bazen, a voda se pod nazivom "Međimurska kiselica" i prodavala. No kasnije je, zbog smanjenja dotoka, sve napušteno. Godine 1953. zabilježeno je da voda istječe periodički s prekidima od 1-1,5 sat, a uz vodu je izlazio i zapaljiv plin s mirisom na H<sub>2</sub>S. Kapacitet izvora se smanjio na 1,7 l/s. Revitalizacija nekadašnjeg termomineralnog kupališta koje je do danas preraslo u moderni sportsko-rekreativni centar pod imenom Toplice Sv. Martin započela je 1995. godine. Toplice danas koriste vodu temperature 32-34°C iz bušotine Vučkovec-2, izvedene 1972. godine.

Bušotina **Merhatovec-1** u općini Selnica, izvedena je do dubine od 4.193 m, a raspolaže geotermalnom vodom temperature od oko 150°C.

Bušotina **Draškovec-1** (općina Prelog kod mjesta Cirkovljan) je izvedena do dubine 4.200 m. Vodonosnik geotermalne vode utvrđen je na intervalu između 1.827-1.878 m, a izgrađuju ga miocenski (pontski) pješčenjaci. Kapacitet kod samoizljeva iz bušotine na površinu iznosi oko 8 l/s, a kod crpljenja oko 25 l/s. Temperatura na dnu bušotine iznosi 113°C, dok je temperatura vode na ušću bušotine 70-77°C. Geotermalna voda se za sada još ne koristi.

Bušotina **Hodošan-2** (općina Donji Kraljevac), izvedena je 1978/79. do dubine od 4.542 m. Temperatura u dnu bušotine iznosi oko 180°C. Bušotina je zacičevljena radi ispitivanja na termomineralnu vodu.

Uz spomenute izvore i bušotine, hipertermalne vode su pronađene u još nekoliko bušotina tijekom istraživanja nafte i plina, no potrebno ih je ispitati na geotermalne vode radi procjene potencijala.

Uz duboke izvore geotermalne energije u Međimurskoj 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 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 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>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 energetskeg potencijal definiran samo na razini cijelog vodotoka.

Kasnije etape istraživanja radi određivanja tehnički iskoristivog potencijala, čiji su rezultati sadržani u studijama *Katastar malih hidroelektrana u Hrvatskoj, I. i II. A faza*<sup>17, 18</sup>, obuhvatile su manji broj vodotoka odabranih iz spomenute energetske izdašnije skupine i predstavljaju djelomičan, odnosno do danas nedovršeni posao. Radi se o opsežnijem istraživanju samo jednog dijela potencijala malih vodotoka sa specifičnom snagom većom od 50 kW/km. Krajem 90-ih godina prošlog stoljeća nastavljene su aktivnosti na sustavnom pristupu 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>19</sup>.

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

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

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

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

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

## 5.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL HIDROENERGIJE

Uvažavajući prethodno navedeno, na području Međimurske županije nije prepoznat hidroenergetski potencijal niti na temelju istraživanja i obrada u sklopu izrade *Katastra malih vodnih snaga*, niti *Katastra malih hidroelektrana*. Ovo se odnosi na raspon instalirane snage od 50 kW/km do 5 MW, što je rezultat sustavnog pristupa planiranju razvoja malih hidroelektrana na nacionalnoj razini.

Potrebno je napomenuti da se u razvojnim planovima (koji se temelje na prethodnim istraživanjima HEP-a i rezultat su drugačijeg pojedinačnog projektantskog pristupa<sup>20</sup>) mogu pronaći podaci o potencijalnim projektima u Republici Hrvatskoj u rasponu snage između 5 i 10 MW, međutim, na području Međimurske županije takvi projekti nisu detektirani.

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

## ZAKLJUČAK

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

Prostorno-planski uvjeti za smještaj energetskih postrojenja na području Županije ovise o geografskim i ekološkim karakteristikama te postojećoj namjeni 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 na području Međimurske županije moguće je ostvariti određeni energetski 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 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 drvni resursi. S obzirom na karakteristike poljoprivrednih gospodarstava - stočarske i ratarske proizvodnje - organizacijskim mjerama i preporukama trebalo bi 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.

Zahvaljujući svome smještaju u području Panonskog bazena u Međimurskoj županiji je ustanovljen značajan potencijal geotermalne energije. Temperature geotermalnih voda iz prirodnih izvora, odnosno dubokih istražnih 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), plastenička proizvodnja, balneologija, grijanje ribnjaka i proizvodnja vode za piće, a možda i za proizvodnju električne energije.

Dosad provedena istraživanja za specifične snage iznad 50 kW/km ukazuju da u Međimurskoj županiji nije ustanovljen potencijal za izgradnju malih hidroelektrana. Za manje specifične snage istraživanja dosad nisu provođena.

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)