






SADRŽAJ

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

PREDGOVOR

„Potencijal obnovljivih izvora energije u Brodsko-posavskoj 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 Brodsko-posavskoj 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

Brodsko-posavska županija nalazi se u južnom dijelu slavonske nizine i s ukupno 158.559 stanovnika čini 3,7% stanovništva Republike Hrvatske. Grad Slavonski Brod, upravno i administrativno središte Županije, ima 59.507¹ stanovnika. Ukupna površina Županije iznosi 2.043 km² ili 3,61% kopnenoga teritorija Republike Hrvatske.

Brodsko-posavska županija smještena je na prostoru između planine Psunj, Požeškog i Diljskog gorja sa sjevera i rijeke Save s juga. Administrativno i teritorijalno Županija se sastoji od 2 grada i 26 općina, a njezino područje može se podijeliti na tri cjeline: brdsko, ravničarsko i nizinsko.

Brdsko područje čini blago uzdignuto gorje, najvećim dijelom pokriveno šumom s najvišom nadmorskom visinom od 984 m (Psunj). Ravničarsko područje zauzima najveći dio Županije, a čini ga rubni pojas plodne slavonske ravnice. Nizinsko područje uz Savu isprepletano je potocima, kanalском mrežom i močvarama.

Brodsko-posavska županija nalazi se u području umjerene kontinentalne klime s vrlo rijetko izraženim ekstremnim meteorološkim promjenama.

Za klimu Županije karakteristične su srednje mjesečne temperature više od 10°C tijekom više od četiri mjeseca, srednje temperature najtoplijeg mjeseca ispod 22°C te prosječna godišnja količina oborina od 700-800 mm.

Podaci o insolaciji i naoblaci postoje samo za meteorološku postaju Slavonski Brod, a ukupno trajanje insolacije iznosi 1.835,1/sat.

U Slavonskom Brodu prosječan godišnji broj dana s maglom iznosi 100 dana. Mraz se na području Županije godišnje pojavljuje 48,7 dana, a praćenje ove meteorološke pojave važno je za razvoj poljoprivrede.

U godišnjoj ruži vjetrova na području Slavanskog Broda prevladavaju strujanja iz dva suprotna smjera i to zapad-jugozapad i istok-sjeveroistok te njihovih susjednih smjerova strujanja koji su prisutni od jeseni do proljeća.

Ljeti prevladava strujanje iz smjera zapad-jugozapad, smanjuje se učestalost iz smjera istok-sjeveroistok, a povećava iz smjera sjevera.

U prijelaznim godišnjim dobima, u proljeće i jesen, dominira podjednak udio vjetra iz smjera istok-sjeveroistok i zapad-jugozapad. Najveću učestalost tijekom godine imaju vjetrovi jačine 1-3 bofora.

¹ Popis stanovništva 2011, Državni zavod za statistiku, www.dzs.hr

1. ENERGIJA VJETRA



1.1. OPĆE ZNAČAJKE

Na značajke vjetrova u Brodsko-posavskoj 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 Brodsko-posavsku županiju karakterističan je sjeveroistočni vjetar koji puše najčešće u zimskom dijelu godine i donosi vedro i hladno vrijeme. Intenzitet vjetrova je jači zimi nego ljeti. Međutim, u Brodsko-posavskoj županiji, s energetskog 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 Brodsko-posavskoj županiji, prema dostupnim podacima, nije znatan. Najbolji potencijal energije vjetra u Brodsko-posavskoj županiji (slika 1.) može se očekivati u njezinom sjeverozapadnom dijelu.

Prema dostupnoj karti vjetra na 80 m iznad razine tla, najvjetrovitija su područja na nešto višoj nadmorskoj visini na obroncima Psunja uz sjeverozapadni rub Županije. Karta vjetra je dobivena korištenjem modela ALADIN/HR².

Za iskorištavanje energije vjetra najpovoljnija je snaga koju nose stalni i umjereni vjetrovi. Prema raspoloživim podacima, u Brodsko-posavskoj županiji se s energetskog 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 u Županiji, odnosno na vrhovima Psunja.

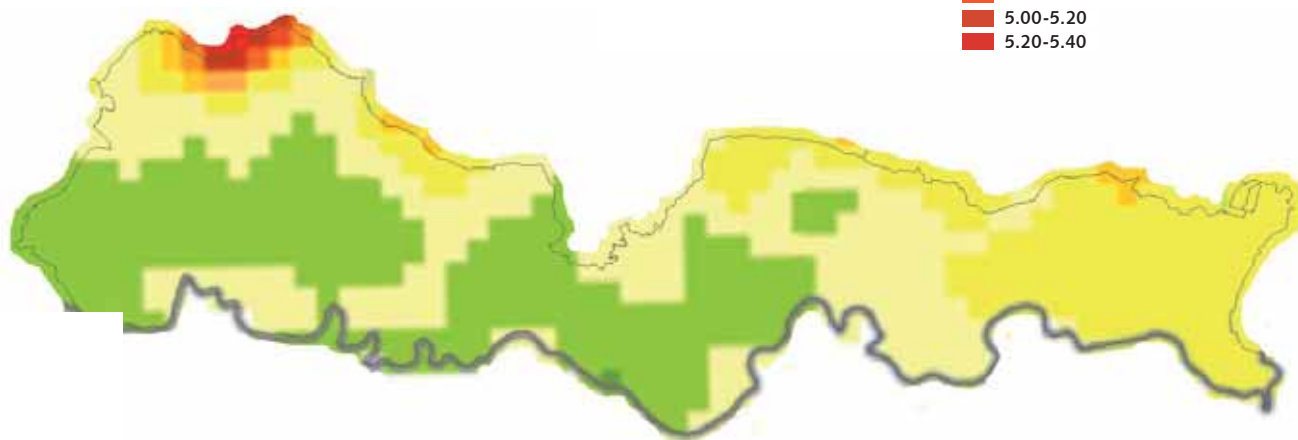
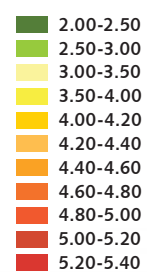
Tehnički potencijal vjetra određen je kapacitetom lokacija koje su pogodne za iskorištavanje njegove energije. Takve lokacije moraju zadovoljavati niz zahtjeva od kojih je najvažniji: vjetropotencijal, mogućnost evakuacije snage, prihvatljivost s obzirom na utjecaje na okoliš, zaštita prirode, pristup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

Preliminarno raspoloživi tehnički potencijal u Brodsko-posavskoj županiji procijenjen je na 10-ak MW, uz zadovoljenje nužnih tehničkih uvjeta.

Prikazana karta vjetra dobivena je modelski. U Brodsko-posavskoj županiji na izloženim brdskim vrhovima Psunja 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.

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

Srednja godišnja brzina vjetra (m/s)
Visina: 80 m iznad tla
Razdoblje: 1992.-2001.



Slika 1. Karta vjetra za područje Brodsko-posavske županije

2. ENERGIJA SUNCA



2.1. OPĆE ZNAČAJKE

Sunčeva energija predstavlja jednu od osnovnih komponenti za razvoj života na Zemlji. Većina dostupnih energetske 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 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 (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 (Wh/m^2) ili džul po kvadratnom metru (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 dopiye 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 odbiye 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

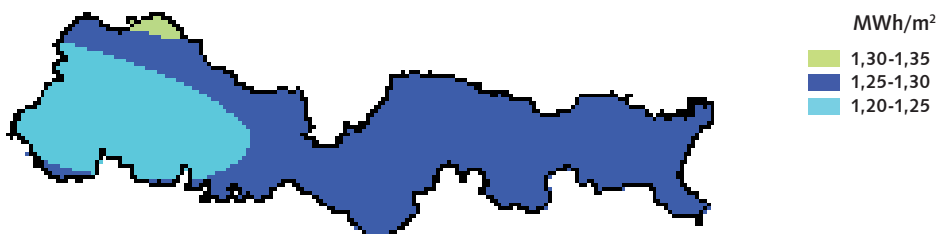
Godišnja ozračenost vodoravne plohe osnovni je parametar kojim se može procijeniti prirodni potencijal energije Sunca na nekoj lokaciji ili širem području. Ozračenost vodoravne plohe na nekom širem području (poput područja županije) je prostorno distribuirana ovisno o zemljopisnoj dužini (povećava se u smjeru sjever-jug), topografiji terena (smanjuje se u smjeru od mora prema kopnu) te klimatološkim značajkama samog prostora. Brodsko-posavska županija nalazi se u kontinentalnom dijelu Hrvatske koji ima relativno stalnu razdiobu potencijala Sunčevog zračenja. Županija obuhvaća relativno usko područje uz rijeku Savu, protežući se u smjeru istok-zapad, a sa sjeverne strane je omeđena brdskim područjem. Takav položaj reflektira se i na prostornu razdiobu Sunčevog zračenja te ona u većem dijelu Županije iznosi oko 1,25 MWh/m². Na slici 2. prikazana je prostorna raspodjela srednje godišnje ozračenosti na području Brodsko-posavske županije.

Detaljni podaci o Sunčevom zračenju na području Brodsko-posavske županije dostupni su za mjernu postaju Slavonski Brod. Uzimajući u obzir relativno stalnu prostornu razdiobu godišnje ozračenosti, podaci s ove

postaje mogu se smatrati reprezentativnima za cijelo područje. 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 Slavonski Brod, kao tipičnog predstavnika područja Županije.

Tablica 1. Srednje dnevne ozračenosti vodoravne plohe po mjesecima (kWh/m²)

Lokacija	Slavonski Brod		
	Ukupno	Raspršeno	Izravno
Siječanj	1,05	0,73	0,33
Veljača	1,71	1,10	0,61
Ožujak	3,26	1,68	1,58
Travanj	4,56	2,17	2,38
Svibanj	5,78	2,58	3,20
Lipanj	6,29	2,71	3,58
Srpanj	6,64	2,47	4,17
Kolovoz	5,34	2,31	3,03
Rujan	4,22	1,73	2,49
Listopad	2,50	1,30	1,19
Studeni	1,30	0,84	0,45
Prosinac	0,80	0,59	0,20
Uk.god. (MWh/m ²)	1,33	0,62	0,71



Slika 2. Karta srednje godišnje ozračenosti vodoravne plohe na području Brodsko-posavske županije

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

Lokacija	Slavonski Brod			
Optimalni kut	24°			
Mjesec	Ukupno	Raspršeno	Izravno	Odbijeno
Siječanj	1,39	0,70	0,69	0,01
Veljača	2,11	1,05	1,05	0,02
Ožujak	3,80	1,60	2,17	0,03
Travanj	4,83	2,08	2,71	0,04
Svibanj	5,73	2,46	3,22	0,05
Lipanj	6,05	2,59	3,41	0,06
Srpanj	6,48	2,36	4,06	0,06
Kolovoz	5,52	2,20	3,27	0,05
Rujan	4,85	1,65	3,16	0,04
Listopad	3,13	1,24	1,86	0,02
Studenj	1,71	0,81	0,89	0,01
Prosinac	1,03	0,57	0,46	0,01
Uk.god. (MWh/m^2)	1,42	0,59	0,82	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^2 i spremnika tople vode volumena 300 l. Takav sustav, na području Brodsko-posavske 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. Fotonaponski modul je gotov uređaj kojim je moguće

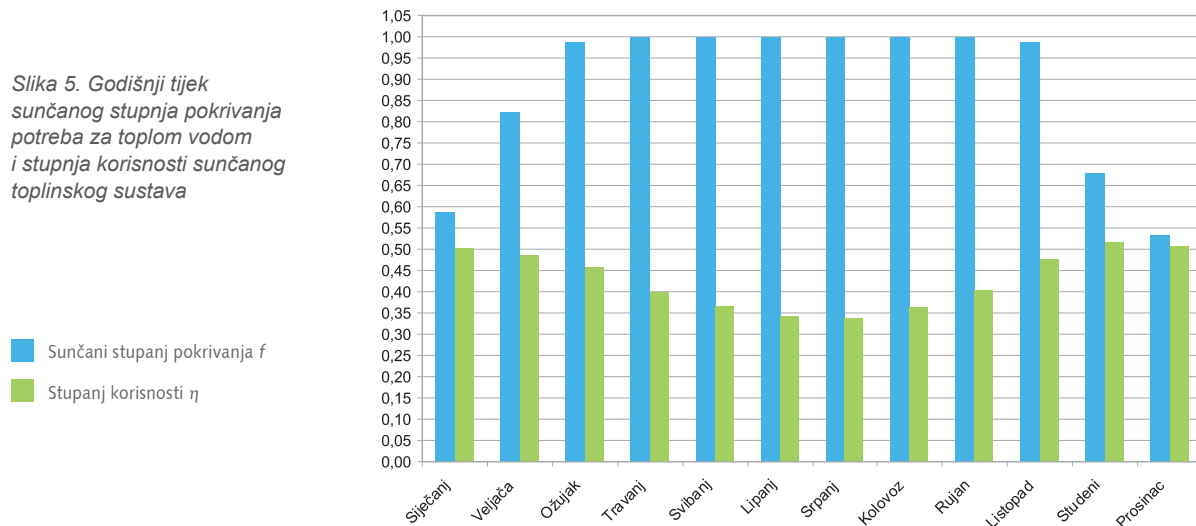
Slika 3. Primjer korištenja Sunčeve energije: fotonaponski moduli



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



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 karakte-

istikama modula, temperaturi okoline, karakteristikama izmjenjivača, gubicima u kabelima itd. Fotonaponski sustav snage 10 kW postavljen pod optimalnim kutom, bez zasjenjenja na području Slavenskog Broda može proizvesti oko 10.900 kWh električne energije godišnje (tablica 3.).

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

Mjesec	Generirana električna energija u FN modulima (kWh)	Električna energija isporučena u mrežu (kWh)
Siječanj	380	357
Veljača	536	510
Ožujak	1.041	1.000
Travanj	1.190	1.143
Svibanj	1.394	1.337
Lipanj	1.379	1.321
Srpanj	1.506	1.443
Kolovoz	1.315	1.261
Rujan	1.172	1.125
Listopad	835	800
Studeni	439	417
Prosinac	273	254
Ukupno	11.459	10.968

Proizvodnost fotonaponskog sustava je količina električne energije koju može proizvesti sustav jedinice snage. Za Slavonski Brod bi ona iznosila oko 1.090 kWh/kW godišnje. Slična proizvodnost se može očekivati i na cjelokupnom području Brodsko-posavske 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 najstroženiji 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-prehrambeno-prerađivačke industrije.

3.1.2. KARAKTERISTIKE ŽUPANIJE VAŽNE ZA PROIZVODNJU ENERGIJE IZ BIOMASE

Prema Prostornom planu Brodsko-posavske županije iz 2001. godine, ukupne poljoprivredne površine zauzimaju 120.429 ha, što je oko 58% ukupnog područja Županije. Od toga obradive površine zauzimaju 105.538 ha. Podaci iz digitalne baze podataka CORINE Land Cover Hrvatska se razlikuju i prema njima poljoprivredne površine Županije zauzimaju 115.306 ha. Na slici 6. prikazana je karta zemljišnog pokrova i namijene korištenja zemljišta Brodsko-posavske županije.

Ravničarski i valoviti tereni (do 250 m nadmorske visine) uglavnom se koriste za intenzivnu ratarsku proizvodnju. Privremeno i trajno nepogodna tla zauzimaju značajne površine i koriste se za ratarske kulture. Dio tih tala se nalazi pod šumom, dok dio ima povremeni višak vode u tlu, slabiju dreniranost te plitku ekološku dubinu. Na području Županije je uočen trend

smanjenja poljoprivrednih površina, uzrokovan urbanizacijom i degradacijom tla erozijskim procesima.

Šumom je prekriveno 30% prostora Brodsko-posavske županije što je znatno ispod prosjeka Hrvatske. Šume i šumsko zemljište zauzimaju površinu od 60.769 ha prema podacima iz Prostornog plana Brodsko-posavske županije, a 60.790 ha prema CORINE bazi podataka.

U nizinskom dijelu su zastupljene šume hrasta lužnjaka sa žutilovkom te šume hrasta lužnjaka i običnog graba. Uz Savu nalazimo šume poljskog jasena, dok su za brdoviti dio karakteristične šume hrasta kitnjaka i običnog graba, submontanske šume hrasta kitnjaka te submontanske šume bukve. Dio šuma u zoni bivših ratnih djelovanja nedostupan je te je i gospodarenje s njima otežano ili posve onemogućeno.

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.

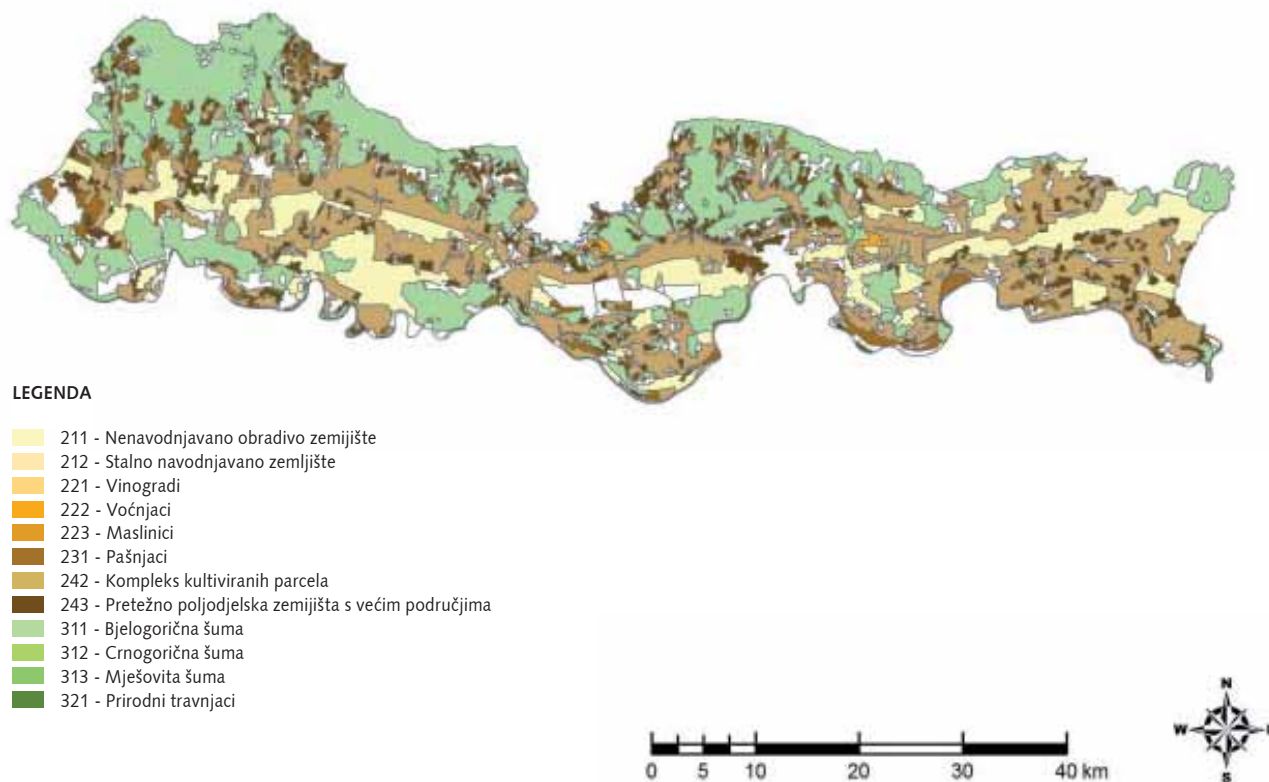
U okviru ove Studije analizirano je iskorištavanje stajskog gnoja (goveda, svinje, perad) radi proizvodnje bioplina te uzgoj energetskih kultura za proizvodnju biodizela (uljana repica, soja) i bioetanola (kukuruz, šećerna repa) na raspoloživim poljoprivrednim površinama. U slučaju analize potencijala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

Slika 6. Karta zemljišnog pokrova i namjene korištenja zemljišta Brodsko-posavske županije



BIOPLIN

Bioplin je proizvod anaerobne razgradnje organske tvari, a sastoji se od mješavine plinova, uglavnom ugljikovog dioksida (25-45%) i metana (50-75%), a u manjim dijelovima sadrži i vodu, paru, kisik, dušik, amonijak, vodik te sumporovodik. Energetska vrijednost bioplina ovisi o udjelu metana čija gornja ogrjevna vrijednost iznosi 39,8 MJ/m³. Prosječna energetska vrijednost bioplina iznosi 21 MJ/m³. 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 (CH₄) po jedinici organske suhe tvari u svježoj sirovini [m³/t oST]

k=10 - energetska vrijednost metana [kWh/Nm³]

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 Brodsko-posavskoj županiji na godišnjoj razini

Sirovina	Raspoloživost stajskog gnoja (t/god)*	Teoretski energetska potencijal (MWh/god)	Teoretski energetska potencijal (TJ/god)
Proizvodnja bioplina u monodigestiji			
Goveđi stajski gnoj	107.976	59.387	214
Svinjski stajski gnoj	98.111	16.345	59
Gnoj peradi	16.500	16.335	59
Sirovina	Površina potrebna za uzgoj kukuruzne silaže (ha)	Teoretski energetska potencijal (MWh/god)	Teoretski energetska potencijal (TJ/god)
Proizvodnja bioplina u kodigestiji s kukuruznom silažom (maseni udio silaže 30%)			
Goveđi stajski gnoj + silaža	1.376	107.365	387
Svinjski stajski gnoj + silaža	1.251	59.940	216
Gnoj peradi + silaža	210	23.667	85

*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 331 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 688 TJ/god. U ovom slučaju bilo

bi potrebno angažirati 2.837 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*³ može se procijeniti da bi se oko 20% teoretskog potencijala moglo iskoristiti za proizvodnju obnovljive energije.

3 NN 130/09

Budući da Brodsko-posavska županija raspolaže dovoljnim površinama za uzgoj 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 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.).

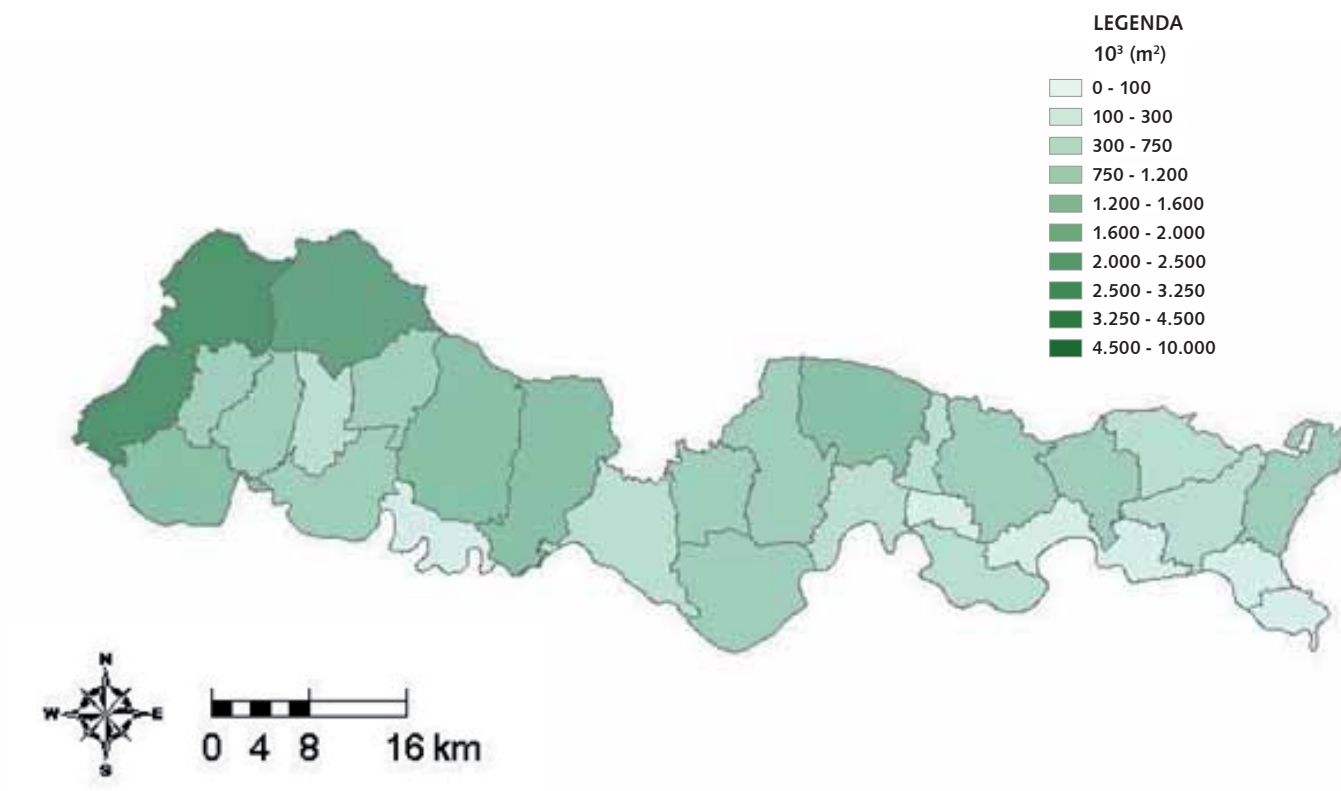
Tablica 5. Potencijali proizvodnje biogoriva na području Brodsko-posavske županije na godišnjoj razini

Sirovina	Masa sirovine (t/god)*	Količina biogoriva (t/god)	Energetska vrijednost (GJ/t)	Teoretski energetske potencijal (TJ/god)
Bioetanol				
Kukuruz (s.v)**	455.457	137.032	27	3.700
Šećerna repa	3.380.864	262.083	27	7.076
Biodizel				
Uljana repica	188.974	77.133	37	2.854
Soja	174.210	32.995	37	1.221

* 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 73.818 ha raspoloživog poljoprivrednog zemljišta angažira za proizvodnju jedne od navedenih kultura, mogla bi se proizvesti količina biodizela odnosno bioetanola energetske vrijednosti od 1.220.798 do 7.076.253 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 ima najveće energetske potencijale, no agroekološki uvjeti predstavljaju ograničavajući čimbenik za njezin intenzivniji uzgoj na području Županije. Naime, šećerna repa optimalno uspijeva na pjeskovitom tlu, na kojem se već odvija njezina proizvodnja za potrebe industrije šećera. Sadašnji tržišni uvjeti pretpostavljaju daljnji uzgoj šećerne repe u te svrhe. Stoga je realnije za pretpostaviti da će se za proizvodnju bioetanola koristiti kukuruz, a za proizvodnju biodizela uljana repica koja ostvaruje veće energetske potencijale od soje te čijoj proizvodnji pogoduje postojanje većih ravničarskih površina kakve nalazimo u Brodsko-posavskoj županiji.



Slika 7. Prikaz raspodjele ukupnih drvnih zaliha na području Brodsko-posavske 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 teh-

nologija 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 Croatia⁴ (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.).

⁴ WISDOM - Woodfuels Integrated Supply/Demand Overview Mapping

Tablica 6. Teoretski potencijal proizvodnje energije iz drvene biomase u Brodsko-posavskoj županiji

Ukupna drvena zaliha (m ³)	Ukupni godišnji prirast (m ³)	Godišnji etat prostornog drva (uključujući četinjače) (m ³)		Teoretski energetske potencijal godišnjeg etata prostornog drva (uključujući četinjače)			
				Planirana sječa		Ostvarena sječa	
		Planirana sječa	Ostvarena sječa	GWh	TJ	GWh	TJ
15.058.688	435.875	131.689	86.611	328	1.139	301	759

Kao što je vidljivo iz tablice 6. energetske potencijal prostornog drva (industrijsko i ogrjevno drvo), koji je moguće iskorištavati za energetske potrebe iznosi 1.139 TJ godišnje. U 2007. godini ostvarena sječa prostornog drva iznosila je 86.611 m³ (759 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 iskori-

štavanja 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 i proizvodnju vina i žestokih pića, preradu voća, proizvodnju šećera, kilaonice, preradu žita, proizvodnju ulja te ostalu primarnu preradu i prehrambenu industriju. Drvna industrija zauzima značajno mjesto u Brodsko-posavskoj županiji. 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 mokrine 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. godini⁵, uz pretpostavku da otpad pogodan za proizvodnju bioplina (kuhinjski otpad i biootpad) čini 42% nesortiranog komunalnog otpada⁶.

5 AZO, 2011: Izvješće o komunalnom otpadu za 2010. godinu

6 AZO, 2010: Okoliš na dlanu - 2009.

Tablica 7. Teoretski energetska potencijali dobiveni iz otpada na području Brodsko-posavske županije

Vrsta otpada	Raspoloživost otpada (t/god)*	Teoretski energetska potencijal (MWh/god)	Teoretski energetska potencijal (TJ/god)
Klaonički otpad	5.708	28.539	102,7**
Ostaci iz drvne industrije	14	66,3	0,2
Biorazgradiva komponenta komunalnog otpada	20.275	13.686	49,3**

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

Kao što je vidljivo iz tablice 7. značajniji teoretski energetska potencijal ostvaruje klaonički otpad, a potom biorazgradiva komponenta komunalnog otpada. Iskorištavanje otpada iz kilaonica 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, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada*⁷, 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.

7 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. Brodsko-posavska župa-

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

4.1. OPĆE ZNAČAJKE

Brodsko-posavska županija obuhvaća južne obronke Psunja, Požeške i Dilj gore i dio Savske nizine. Najstarije stijene predstavljaju prekambrijski metamorfiti Psunja. Na sjeveru su južni obronci slavonskih planina, izgrađeni od miocenskih i pliocenskih sedimentnih stijena (slika 9.)⁸. Ove tektonske jedinice ispresijecane su brojnim vertikalnim i subvertikalnim rasjedima koji radi pritiska s juga mjestimično prelaze u reversne. Tektonska jedinica Savska potolina pruža se cijelim južnim dijelom Županije, a izgrađena je od klastičnih slatkovodnih naslaga i lesa. Njezin postanak uzrokovan je spuštanjem duž uzdužnih rubnih rasjeda približnog smjera zapad, sjeverozapad-istok, jugoistok. Pored uzdužnih značajni su i poprečni rasjedi koji su uzrokovali razmicanje i određenu rotaciju blokova.

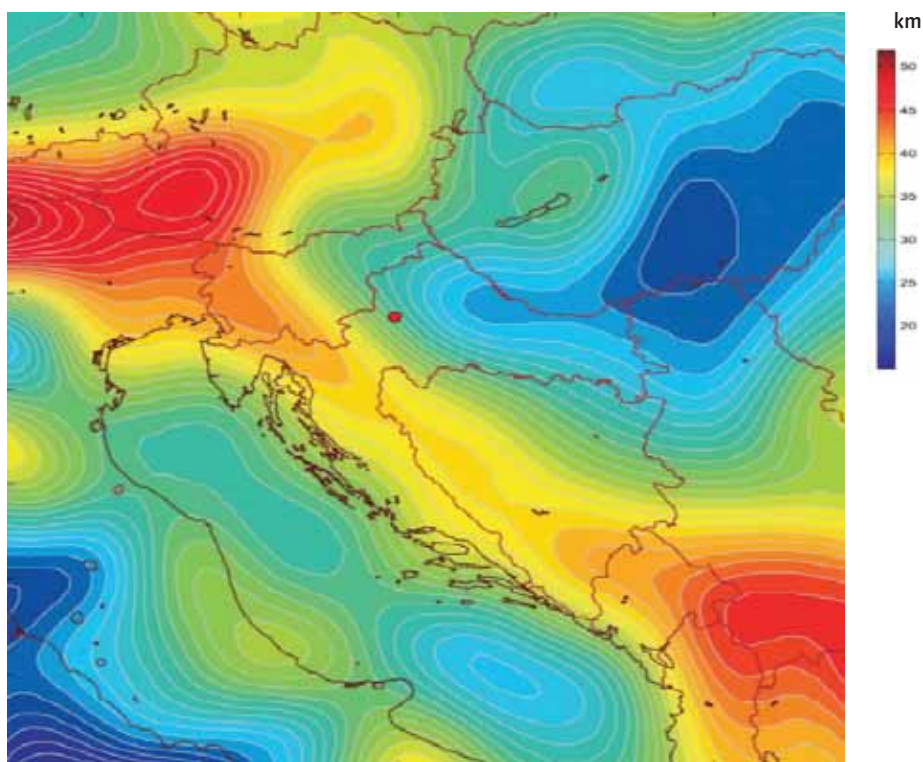
8 Geološka karta Republike Hrvatske M 1:300 000, Zagreb, Hrvatski geološki institut, 2009.

Ovi rasjedi su nastali tijekom mezozoika, a najaktivniji su bili za vrijeme paleogena i miocena. U Republici Hrvatskoj je geotermalni gradijent pod najvećim utjecajem dubine Mohorovičićevog diskontinuiteta (koji predstavlja granicu između Zemljine kore i plašta), odnosno debljine kontinentalne kore⁹. Dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta u području hrvatskog dijela Panonskog bazena iznosi između 25 i 30 km (slika 8.)¹⁰. 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.

9 Kolbah, S., Škrlec, M., Kulenović, I., Šćuric, S., Golub, M.: Geothermal Water as Eneretic 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 Brodsko-posavske županije



GEOLOŠKA GRANICA

- kontinuirani prijelaz (normalna)
- erozijska ili tektonsko-erozijska

POLOŽAJ SLOJA

- nagnuti
- horizontalni
- vertikalni
- prevnuti

STRUKTURNE OZNAKE

- folijacija
- klivaž osne ravnine
- rasjed bez oznake karaktera: utvrđen (a), pokriven (b)
- relativno spuštani blok: utvrđen (a), pokriven (b)
- reversni rasjed: utvrđen (a), pokriven (b)
- navlačni kontakt: utvrđen (a), pokriven (b)
- relativno spuštani navlačni kontakt normalnim rasjedom: utvrđen (a), pokriven (b)
- tektonsko okno
- navlažak
- tektonski prodor – dijapirski kontakt

DRUGE OZNAKE

- ceste, uglavnom asfaltrane
- autoceste
- autoceste u ugradnji ili planirane
- NJP: nacionalni park

TUMAČ OZNAKA:

38 s	4pQ ₂ 4Q ₂	Deluvijno-proluvijalno (a - 4pQ ₂) / aluvijalno (b - 4Q ₂) naslage (holocen)	38	Pc, E	Karbonatni škriljci (paleocen, eocen)	18	T ₂ , T ₃	Evojski-karbonatno-klivski-naklonjeni kompleks (gornji tešnik, kumki)
37 s	4Q ₂ 4Q ₁	Aravalska (a - 4Q ₂) / barotska (b - 4Q ₁) naslage (holocen)	37	K ₁ , Pg	Vulkanске stijene (gornja kreča, paleogen); J - bazalt, J - bazalt, T - granit	17	T _{2a}	Magnetna stijena (srednji gornji tešnik); a - andezit, J - bazalt, J - bazalt i dijabaz, J/ab - vulkanski škriljci i andezit bazalt
36	4Q ₂	Šuški (gornji 4Q ₂) (holocen)	36	K ₂	Karbonatni škriljci (gornji tešnik) "vragli" vapnenici (gornja kreča)	16	T ₂	Klavinske i postklavinske naslage (srednji tešnik)
35	4Q ₂	Oreovica (4Q ₂) (holocen)	35	K ₃	Krempljastica i turbiditne naslage (gornja kreča)	15	T ₂	Karbonatne naslage (srednji tešnik)
34 s	4Q ₂ 4Q ₁	Kopani (a - 4Q ₂) / barotska (b - 4Q ₁) (a - pleistocen)	34	K ₄	Rudni vapnenici (paleocen-neolitik)	14	T ₂	Sapke i klapinske naslage (donji tešnik)
33 s	4Q ₂ 4Q ₁	Fluvijalna (a - 4Q ₂) / kumpljastica (b - 4Q ₁) naslage (pleistocen)	33	K ₅ , K ₆	Dukovni i postdukovnjačke dijapirneke breče (gornji ali, donji cementirani)	13 s	P ₁	Evaporiti i klastične naslage (gornji perm) a - vapnenici, b - klastici
32	4Q ₂	Klavinske naslage (preklavinske)	32	K ₇	Vapnenici i dolomiti (gornja kreča)	12	3P	Magnetit (T perm); kvančari, granodioriti, keratoliti
31	M ₁ - M ₂	Miocenske naslage Dinarske	31	J _{1a}	Obložne stijene (srednja, gornja jurica); a - ulamuliti, b - magneziti, c - sedimentne stijene	11	P	Graniti (perm)
30	P ₁	Paleozojske naslage (bazalt, perm)	30	J ₁	Paraneotrofovske stijene (srednja jurica)	10	C, P	Preklavinske klastične naslage (bazalt, perm)
29	M, P ₁	Pijavci i gline (neocen, pliocen)	29	J ₂	Oronotrofovske stijene (srednja jurica)	9	C, P	Klavinske i karbonatne naslage (bazalt, perm)
28	M ₁	Klastici i ugljen (perm)	28	J ₂ , K ₁	Vapnenici i mješavina i karbonatna (škriljci, bazalt)	8	D, C, P	Hemski sedimentarni kompleksi (bazalt, karbon, perm)
27	M _{1a}	Vapneničko-klavinske naslage (jarmul, perm)	27	J	Pročasti vapnenici (gornji tešnik)	7	D, C	Klavinske i karbonatne naslage (škriljci, karbon)
26	M ₁	Lisnaci i klastične naslage s vulkanima (bazalt)	26	J ₁ , K ₁	Sljivci i masivni dolomiti (škriljci, vapnenici)	6	P ₂ , TT	Paraneotrofovske stijene (paleozoik, T trias)
25	M _{1a}	Magnetna stijena (bazalt, bazalt); a - andezit i bazalt, J - bazalt	25	J ₁	Progredno-granitoidni vapnenici i dolomiti (jarmul, bazalt)	5	P ₂ , TT	Oronotrofovske stijene (paleozoik, T trias)
24	M _{1a}	Klastici i karbonati s klastičima (srednji, bazalt)	24	J ₁	Vapnenici i mješavina; a - sljivci s dolomitima, b - gljivci i sljivci; lamelne naslage (gornji tešnik-donji tešnik)	4	O, S, D	Oreovica (paleozoik, alu, devon)
23	OL, M ₁	Klastici s vulkanima (gornji, eogenburg)	23	J ₁	Vapnenici i dolomiti (gornja jurica)	3	O, S, D	Kompleks metamorfnih stijena (paleozoik, alu, devon)
22	P ₂ , N ₂	Vapneničke breče (paleogen, neogen)	22	J ₂	Dobrotovnjački vapnenici i dolomiti (srednja jurica)	2	O, S, D	Progredna metamorfnost (paleozoik, alu, devon)
21	E, O ₁	Proterozojske naslage (neocen, oligocen)	21	J ₂	Vapnenici i dolomiti (gornja jurica)	1	P ₂	Kompleks metamorfnih stijena (preklavinske)
20	E _{1a}	Filinske naslage (srednji i gornji eocen)	20	T ₂	Dolomiti (gornji tešnik, bazalt)			
19	TP ₁ , E _{1a}	Ljubuškičke naslage, fragmentirani vapnenici i prijelazne naslage (gornji paleocen, donji i srednji eocen)	19	T _{2a}	Klavinske naslage (gornji tešnik-donji tešnik)			

4.2. PRIRODNI I TEHNIČKI POTENCIJAL

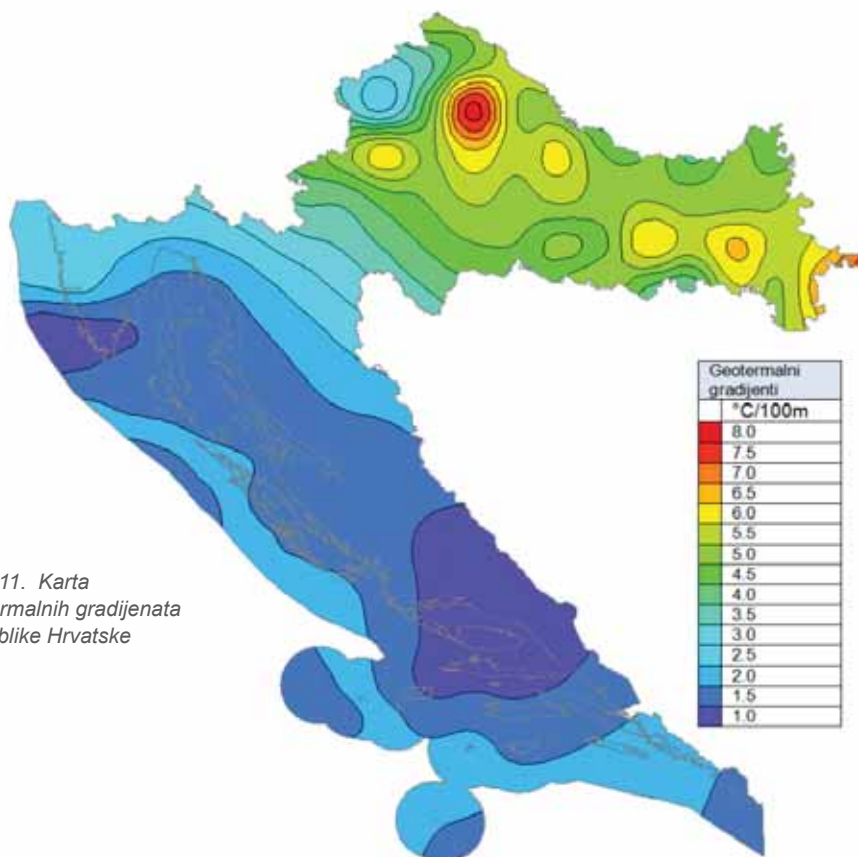
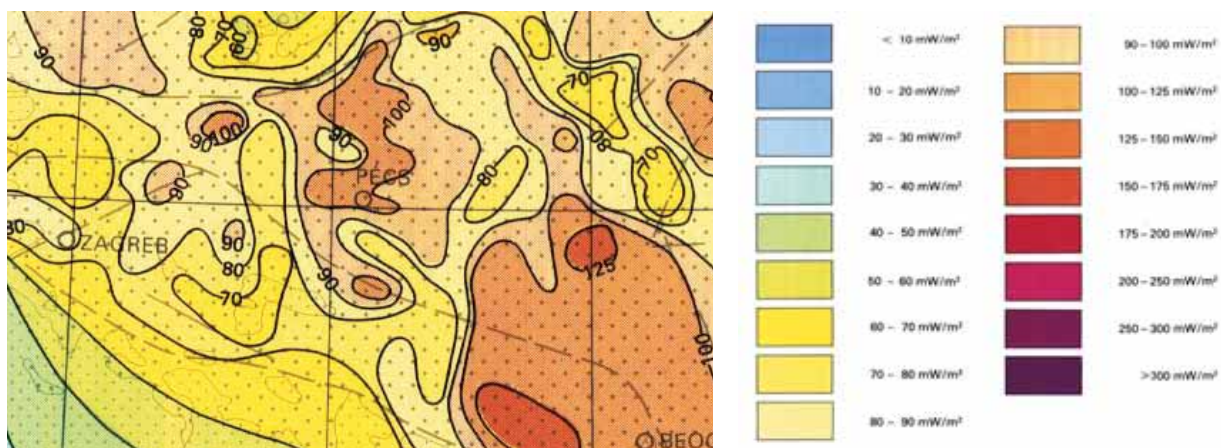
Na prostoru Republike Hrvatske izražena je regionalna pozitivna anomalija Panonskog bazena gdje gustoća toplinskog toka na površini dostiže vrijednosti od 100 mW/m², kao što je to i u Brodsko-posavskoj županiji (slika 10.)¹¹.

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 Brodsko-posavske županije vrijednosti geotermalnih gradijenata kreću se od 40-50°C/km (slika 11.)¹².

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/m²)



Slika 11. Karta geotermalnih gradijenata Republike Hrvatske

Prema rezultatima računalne interpolacije temperatura, izračunatih prema pretpostavljenoj konstantnoj uspravnoj kondukciji topline i promjenljivoj toplinskoj provodljivosti po dubini, na dubini od 1.000 m mogle bi se dosegnuti temperature do 70°C (slika 12.)¹³.

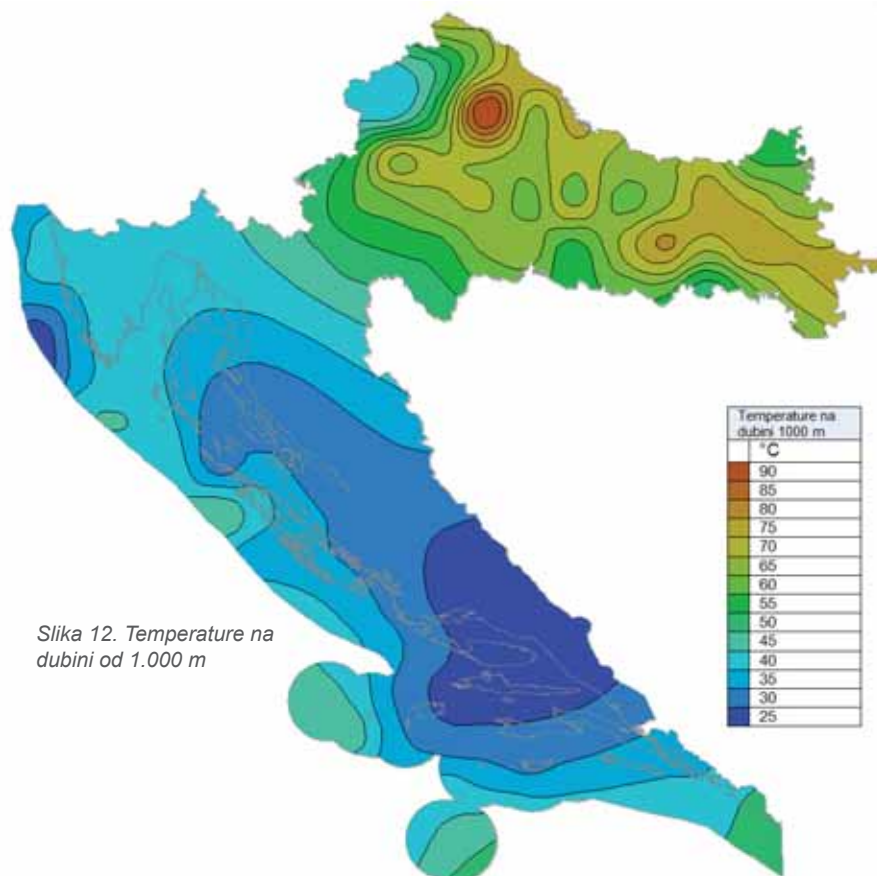
Na dubinama od 2.000 m temperature voda mogu dosegnuti i do 120°C (slika 13.)¹⁴, uz određena odstupanja na lokacijama gdje se toplina uz kondukciju prenosi i konvekcijom putem cirkulacije fluida.

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

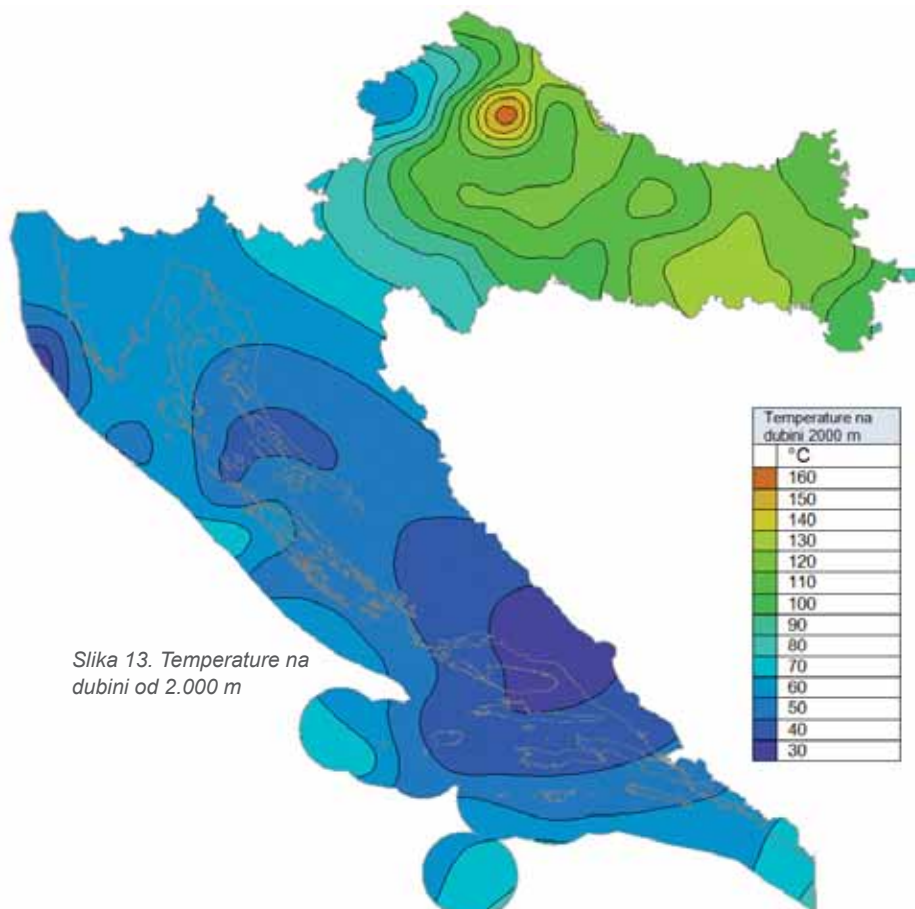
14 Modificirano prema Jelić, K., Kevrić, I. i Krasić, O., Temperatura i toplinski tok u tlu Hrvatske, 1. hrvatski geološki kongres: zbornik radova, Vlahović, Igor, Velić, Ivo, Šparica, Marko (ur.), Zagreb, Institut za geološka istraživanja, 1995, 245-249.; Grupa autora: GEOEN: Program korištenja geotermalne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

Usprkos visokom geotermalnom potencijalu Brodsko-posavske županije nije registriran ni jedan prirodni termalni izvor, niti je u bušotinama izvedenima radi istraživanja na ugljikovodike pronađena termalna voda.

Uz potencijalne duboke izvore geotermalne energije u Brodsko-posavskoj 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.



Slika 12. Temperature na dubini od 1.000 m



Slika 13. Temperature na dubini od 2.000 m

5. HIDROENERGIJA



5.1. OPĆE ZNAČAJKE

U Republici Hrvatskoj se malim hidroelektranama smatraju objekti instalirane snage do 10 MW. Sustavni pristup istraživanju potencijala za male hidroelektrane u našoj zemlji počeo se primjenjivati 80-ih godina prošlog stoljeća, a u to vrijeme malim hidroelektranama smatrali su se objekti instalirane snage do 5 MW (ta definicija vrijedila je sve do prije nekoliko godina). Prva etapa tog istraživanja rezultirala je izradom *Katastra malih vodnih snaga*¹⁵ 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 hidroelektranu¹⁶. 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.

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.

Kasnije etape istraživanja radi određivanja tehnički iskoristivog potencijala, čiji su rezultati sadržani u studijama *Katastar malih hidroelektrana u Hrvatskoj, I. i II. A faza*^{17, 18}, 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 MW¹⁹.

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 Brodsko-posavske 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 Orljavica nalazi i u susjednoj Požeško-slavonskoj županiji, a s obzirom na nedo-

stupnost odgovarajućih podloga temeljem kojih bi se moglo razgraničiti potencijal između Brodsko-posavske i Požeško-slavonske županije za spomenuti vodotok, nije bilo moguće odrediti koliki dio tog potencijala je prostorno lociran na području Brodsko-posavske županije. Iz tog razloga je podatke o instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji za vodotok Orljavica, kao i o ukupnoj instaliranoj snazi i mogućoj godišnjoj proizvodnji potrebno uzeti s rezervom.

Tablica 8. Neto energetska potencijal za vodotoke s definiranim potezima korištenja na području Brodsko-posavske županije

Redni broj	Ime vodotoka	Ukupni broj poteza korištenja na vodotoku	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)	Primjedba
1.	Orljavica	5	292	1	*Dijelom u Požeško-slavonskoj županiji
2.	Sloboština	14	867	3,2	
3.	Šumetlica	1	72	0,29	
4.	Trnava	2	115	0,33	
	UKUPNO	22	1.346	4,82	*Dijelom u Požeško-slavonskoj županiji

što se tiče druge spomenute skupine vodotoka (vodotoci sa skromnijim mogućnostima energetskog korištenja) na području Brodsko-posavske županije prepoznat je energetska potencijal prikazan u tablici 9.

Tablica 9. Bruto energetska potencijal za vodotoke bez definiranih poteza korištenja na području Brodsko-posavske županije

Redni broj	Ime vodotoka	Instalirana snaga (kW)	Moguća godišnja proizvodnja (GWh)
1.	Glogovica	112	0,98
2.	Draževac	147	1,29
	UKUPNO	259	2,27

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 pristupa²⁰) mogu pronaći podaci o potencijalnim projektima u Republici Hrvatskoj u rasponu snage između 5 i 10 MW, međutim, takvi projekti nisu prepoznati na području Brodsko-posavske 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.

²⁰ 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 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 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 Brodsko-posavske županije ističe se 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. 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.

U Brodsko-posavskoj županiji trenutno nema registriranih termalnih izvora. No, s obzirom na njezin smještaj u području Panonskog bazena, moguće je očekivati izvjesna nalazišta geotermalne energije u odgovarajućim vodonosnicima u podzemlju pa je potrebno provesti opsežna ciljana geološka istraživanja radi njihova pronalaska.

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

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

VIŠE INFORMACIJA NA 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

Tel: +385 1 6326 148

Web: 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

Facebook: www.facebook.com/euinfocentar

Web: www.delhrv.ec.europa.eu